

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

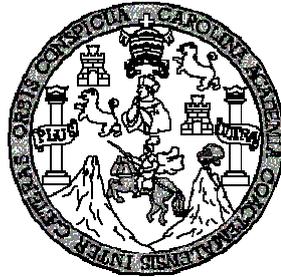
**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS T-2, M-6 Y GRANJA DE
VETERINARIA DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Carlos Alberto Bravo Vega

Asesorado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez

Guatemala, noviembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS T-2, M-6 Y GRANJA DE
VETERINARIA DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD
DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

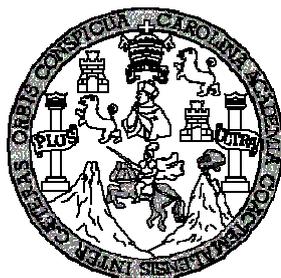
CARLOS ALBERTO BRAVO VEGA

ASESORADO POR EL ING. NATANAEL JONATHAN REQUENA
GÓMEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton de León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS T-2 M-6 Y GRANJA DE VETERINARIA DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica, con fecha 12 de agosto de 2005.

CARLOS ALBERTO BRAVO VEGA

Guatemala, 30 de mayo de 2008.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

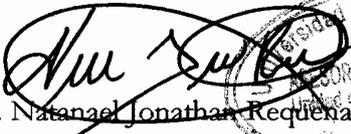
Por este medio atentamente le informo que como Asesor del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario CARLOS ALBERTO BRAVO VEGA de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS T-2, M6 Y GRANJA DE VETERINARIA DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**.

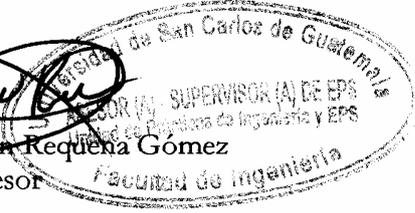
Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte a nuestra universidad

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,


Ing. Nathanael Jonathan Requena Gómez
Asesor


Universidad de San Carlos de Guatemala
SUPERVISOR (A) DE EPS
Facultad de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 18 de noviembre de 2008.
REF.EPS.DOC.1045.11.08.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

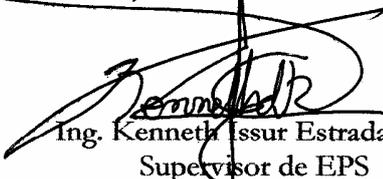
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **CARLOS ALBERTO BRAVO VEGA** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, con carné No. **199615517**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS T-2, M6 Y GRANJA DE VETERINARIA DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**.

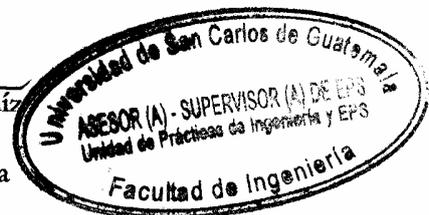
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Electrónica



c.c. Archivo
KIER/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 19 de noviembre de 2008.
REF.EPS.DOC.1045.11.08.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Escobedo.

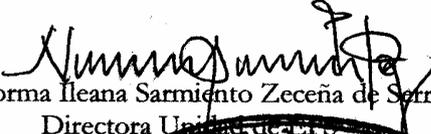
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS T-2, M6 Y GRANJA DE VETERINARIA DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **CARLOS ALBERTO BRAVO VEGA** quien fue debidamente asesorado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz.

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 de Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

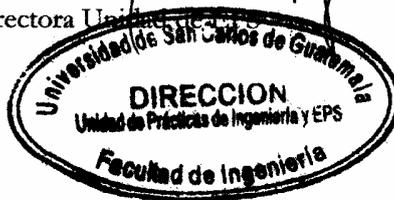
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

NISZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala 19 de Noviembre de 2008

Ing. Mario R. Escobedo M.
Director de Escuela EIME
Fac. de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

En referencia a su oficio EIME he procedido a revisar el trabajo de Graduación titulado: **“DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE LOS EDIFICIOS T-2, M-6 Y GRANJA DE VETERINARIA DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**, del estudiante Carlos Alberto Bravo Vega, el cual llena todos los requisitos solicitados.

Sin otro particular, Atentamente,

Ing. Erwin E. Segura C.
Catedrático EIME
Facultad de Ingeniería, USAC

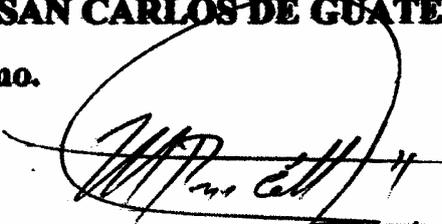


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

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; Carlos Alberto Bravo Vega, titulado: DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS T-2, M6 Y GRANJA DE VETERINARIA DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR



GUATEMALA, 24 DE NOVIEMBRE 2008.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 472.2008

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: **DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS T-2, M-6 Y GRANJA DE VETERINARIA DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Alberto Bravo Vega**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, noviembre de 2008



/gdech

DEDICATORIA A:

- DIOS** Por ser luz que ilumina mi vida, el ser supremo que me guía y que hoy me permite alcanzar esta meta
- MIS PADRES** Aroldo Manuel Bravo Navarro
Blanca Enoé Vega López de Bravo
Por darme la vida, su amor, el constante apoyo moral y económico, por sus múltiples esfuerzos y sacrificios para lograr mi superación y alcanzar esta meta. Este logro es de ustedes.
- MIS ABUELOS** Rufino Esteban Bravo (D.E.P.)
Evelia Navarro de Bravo (D.E.P.)
Arnulfo Vega (D.E.P.)
Victoria López Viuda de Vega
- MIS HERMANOS** Edwin Aroldo y Henry Danilo
Por el constante apoyo, consejos, cariño que me han brindado y han sido un ejemplo a seguir.
- MI ESPOSA E HIJOS** Cinthia Carolina, Franklin y Carlos Gabriel
Por su apoyo, amor, comprensión y han sido un motivo mas para llegar a este momento
- MIS SOBRINOS** Edwin Alejandro, Ángel Andrés y Emily Victoria
Por su cariño noble sincero y puro

MIS CUAÑADAS

Aixa y Shirley
Por su cariño y aprecio

MIS TÍOS

Con cariño y aprecio

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS Por haber sido su voluntad, el que yo hoy alcanzara esta meta

MIS PADRES Por todo el apoyo incondicional brindado a lo largo de mi vida

Pr. GABRIEL PERDOMO Por brindarme consejos, apoyo, su amistad, cariño y ser mi guía espiritual

MI ASESOR Gratitud sincera por la labor desempeñada, compartir sus conocimientos y el apoyo brindado.

MIS COMPAÑEROS Por los momentos de convivencia estudiantil y apoyo mutuo

MIS AMIGOS Porque en todo momento pude contar con ustedes y me motivaron a seguir adelante.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATMALA, A LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y A LA ESCUELA DE MECÁNICA ELÉCTRICA

Por haberme permitido realizar mi formación académica dentro de sus aulas.

TODAS LAS PERSONAS Que de alguna u otra forma me ayudaron y apoyaron para lograr a alcanzar esta meta, mil gracias.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIX
GLOSARIO.....	XXI
RESUMEN.....	XXVII
OBJETIVOS	XXIX
INTRODUCCIÓN.....	XXXI
1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
ACTUALES.....	1
1.1 Definición de instalación eléctrica	1
1.1.1 Caracterización de cargas	1
1.1.2 Estado actual y dimensión de conductores	7
1.1.2.1 Resistencia de aislamiento.	8
1.1.2.2 Capacidad, calibres y secciones de conductores	
eléctricos.....	12
1.1.3 Tuberías.....	16
1.1.4 Protección.....	18
1.1.4.1 Fusibles	19
1.1.4.2 Interruptor termomagnético	20

1.1.4.3 Prueba de disparo.....	22
1.1.4.3.1 Prueba de corto circuito térmico.....	22
1.1.4.3.2 Prueba de disparo magnético.	23
1.1.5 Tableros	24
1.1.5.1 Condición actual	25
1.2 Red de tierras	41
1.2.1 Puesta a tierra	41
1.2.2 Condición Actual.....	44
1.3 Pararrayos	44
1.3.1 Condición Actual.....	46
1.4 Iluminación.....	46
1.4.1 Revisión visual.....	46
1.4.2 Características de las luminarias.....	49
2. DIAGRAMAS UNIFILARES	51
2.1 Diagrama unifilar de la sub-red eléctrica.....	52
2.1.1 Diagrama unifilar edificio T-2.....	52
2.1.2 Diagrama unifilar edificio M-6	57
2.1.3 Diagrama unifilar Granja de Veterinaria	62
3. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS	
EDIFICIOS T2. M6 Y GRANJA DE VETERINARIA.....	71
3.1 Cálculo de conductores.....	71
3.1.1 Cálculo de conductores por Método de ampacidad	71
3.1.2 Cálculo de conductores por regulación de voltaje.....	75
3.2 Cálculo de tuberías	91

3.3 Cálculo de iluminación.....	95
3.3.1 Cálculo de lúmenes	95
3.3.2 Determinación del coeficiente de utilización (CU).....	96
3.3.3 Factor de pérdidas totales (FPT)	98
3.3.4 Cálculo del número de luminarias.....	100
3.4 SPT de los edificios.....	110
3.4.1 Proceso del conector soldable exotérmico	110
3.4.2 Ventajas de los conectores soldables exotérmicos	112
3.4.3 Intensificador GAP	112
3.4.3.1 Ventajas	113
3.4.3.2 Resistencia eléctrica del GAP	114
3.4.4 Red de tierra de los edificios.....	115
3.4.5 Configuración de la red de tierra física	117
3.4.6 Detalles de la configuración de la red de tierra	118
3.4.7 Unifilar del SPT	119
3.4.8 Listado de materiales y herramienta del SPT de los edificios.....	119
3.5 Cálculo de pararrayos de los edificios.....	120
3.5.1 Niveles de protección.....	123
3.5.2 Pararrayos Pulsar de Helita	124
3.5.3 Pararrayos Ingesco PDC	125

4.COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS129

4.1 Comparación del edificio T2.....	129
4.1.1 Comparación de conductores edificio T2.....	129
4.1.2 Comparación de luminarias edificio T2.....	134
4.2 Comparación del edificio M6	136

4.2.1 Comparación de conductores edificio M6.....	136
4.2.2 Comparación de luminarias edificio M6.....	140
4.3 Comparación de la Granja de Veterinaria	142
4.3.1 Comparación de conductores de la Granja de Veterinaria	142
4.3.2 Comparación de luminarias de la Granja de Veterinaria	146
5. MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA Y ARMÓNICOS	149
5.1 Calidad de energía.....	149
5.1.1 Disturbios en el sistema	150
5.1.2 Disturbios por sobretensiones transitorias.....	150
5.1.3 Disturbios por bajo voltaje momentáneo	151
5.1.4 Interrupciones de servicio.....	151
5.1.5 Normas aplicables a la calidad de energía.....	152
5.2 Armónicos	153
5.2.1 Importancia de los armónicos, en los sistemas actuales.....	155
5.2.2 Efectos de los armónicos	158
5.2.3 Fuentes de Armónicos.....	159
5.2.4 IEEE 519	160
5.2.5 Factor K.....	163
5.3 Instrumento utilizado para la medición de la calidad de energía y armónicos.....	166
5.3.1 Analizadores de redes AR.5.....	166
5.3.2 Programas de medida	167
5.3.2.1 Programa de medida estándar.....	167
5.3.3 Programa de medida de armónicos.....	168
5.3.4 Software para el análisis de redes eléctricas	169
5.3.5 Funciones básicas del software AR.5-VISIÓN	170

5.3.6 Características técnicas del AR.5	170
5.4 Mediciones de los edificios T2 y M6 del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	171
5.4.1 Desarrollo del proyecto mediciones del edificio T2.....	171
5.4.2 Resultados.....	172
5.4.2.1 Análisis de regulación y desbalance de voltaje del edificio T2..	172
5.4.2.2 Análisis de desbalance de corriente del edificio T2.....	174
5.4.2.3 Análisis de la potencia activa del edificio T2	175
5.4.2.4 Análisis de la potencia reactiva del edificio T2	177
5.4.2.5 Análisis de la potencia trifásica del edificio T2	178
5.4.2.6 Análisis del factor de potencia del edificio T2.....	180
5.4.2.7 Consumo de energía del edificio T2.....	182
5.4.2.8 Análisis de armónicos del edificio T2	183
5.4.2.9 Conclusiones.....	185
5.4.2.10 Recomendaciones.....	186
5.4.3 Desarrollo del proyecto de mediciones del edificio M6	186
5.4.4 Resultados.....	187
5.4.4.1 Análisis de regulación y desbalance de voltaje del edificio M6.	187
5.4.4.2 Análisis de desbalance de corriente del edificio M6	188
5.4.4.3 Análisis de la potencia activa del edificio M6	189
5.4.4.4 Análisis de la potencia reactiva del edificio M6	191
5.4.4.5 Análisis de la potencia trifásica del edificio M6	192
5.4.4.6 Análisis del factor de potencia del edificio M6.....	193
5.4.4.7 Consumo de energía del edificio M6.....	195
5.4.4.8 Análisis de armónicos del edificio M6.....	196
5.4.4.9 Conclusiones.....	197
5.4.4.10 Recomendaciones.....	198

6. IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DE LOS EDIFICIOS Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	199
6.1 Distorsión armónica de voltaje y corriente por fase del edificio T2	200
6.2 Distorsión armónica de voltaje y corriente por fase del edificio M6.....	203
6.3 Corrección del factor de potencia de los edificios	206
7. EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LOS EDIFICIOS T2 ,M6 Y GRANJA DE VETERINARIA AL MERCADO MAYORISTA	211
7.1 Descripción del Administrador del Mercado Mayorista (AMM).....	211
7.2 Requisitos para poder ser agente o gran usuario del Mercado Mayorista (AMM).	213
7.3 Evaluación de la incorporación de los edificios al Mercado Mayorista (AMM).....	215
CONCLUSIONES.....	217
RECOMENDACIONES	219
BIBLIOGRAFÍA.....	221
APÉNDICE	223
ANEXO.....	223

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Pruebas de disparo de corto circuito térmico y disparo magnético	24
2. Diagrama unifilar edificio T2.....	52
3. Diagrama unifilar tablero 1 de distribución, primer nivel edificio T2	53
4. Diagrama unifilar tablero 2, salón virtual primer nivel edificio T2	54
5. Diagrama unifilar tablero 3, segundo nivel edificio T2.....	55
6. Diagrama unifilar tablero 4, segundo nivel edificio T2.....	56
7. Diagrama unifilar edificio M6.....	57
8. Diagrama unifilar tablero principal 1, edificio M6.....	58
9. Diagrama unifilar tablero 2, primer nivel edificio M6	58
10. Diagrama unifilar tablero 3, primer nivel edificio M6	59
11. Diagrama unifilar tablero 4, primer nivel edificio M6	59
12. Diagrama unifilar tablero 5, segundo nivel edificio M6.....	60

13. Diagrama unifilar tablero 6, segundo nivel edificio M6	60
14. Diagrama unifilar tablero 7, segundo nivel edificio M6	61
15. Diagrama unifilar tablero 8, segundo nivel edificio M6	61
16. Diagrama unifilar tablero 9, segundo nivel edificio M6	62
17. Diagrama unifilar acometida área de lácteos de la Granja de Veterinaria...	63
18. Diagrama unifilar tablero principal 1, área de lácteos Granja de Veterinaria.....	64
19. Diagrama unifilar tablero principal 2, área de lácteos Granja de Veterinaria.....	64
20. Diagrama unifilar tablero 1, área de lácteos Granja de Veterinaria	65
21. Diagrama unifilar acometida, área de Concentrados Granja de Veterinaria	66
22. Diagrama unifilar tablero 1, área de Concentrados Granja de Veterinaria ..	67
23. Diagrama unifilar tablero 2, área de Concentrados Granja de Veterinaria ..	67
24. Diagrama unifilar tablero 3, área de Cochiqueras Granja de Veterinaria	68
25. Diagrama unifilar tablero 4, área de Conejeras Granja de Veterinaria	68
26. Diagrama unifilar tablero 5, área de Aves Granja de Veterinaria.....	69
27. Diagrama Fasorial	76
28. Dimensiones de cavidad de un local	97
29. Gráficas para la determinación del grado de suciedad.....	99

30. Proceso del conector soldable exotérmico	111
31. Rango de resistencia de diferentes productos	114
32. Diseño de red de tierras para los edificios	116
33. Configuración de la red de tierra	117
34. Detalle 1 y detalle 2 del SPT tierra	118
35. Introducción de la red de tierras al tablero principal de cada edificio.....	119
36. Tensión de fases L1 y L3 del edificio T2.....	173
37. Tensión de fase L2 del edificio T2	174
38. Intensidad de L1, L2 y L3 del edificio T2.....	175
39. Potencia activa de las fases L1, L2 y L3 del edificio T2.....	176
40. Potencia inductiva de las fases L1, L2 y L3 del edificio T2.....	177
41. Potencia capacitiva de las fases L1, L2 y L3 del edificio T2	178
42. Potencia activa y potencia reactiva trifásica del edificio T2.....	179
43. Factor de potencia del edificio T2	181
44. Energía activa y reactiva del edificio T2.....	183
45. Forma de onda del edificio T2.....	184
46. Tensión de fases L1, L2 y L3 del edificio M6	188
47. Intensidad de L1, L2 y L3 del edificio M6	189
48. Potencia activa de las fases L1, L2 y L3 del edificio M6	190

49. Potencia inductiva de las fases L1, L2 y L3 del edificio M6	191
50. Potencia activa y potencia reactiva trifásica del edificio M6	192
51. Factor de potencia del edificio M6	194
52. Energía activa y reactiva del edificio M6.....	195
53. Forma de onda del edificio M6	196
54. Tasa de distorsión armónica del edificio T2.....	201
55. Tasa de distorsión armónica de la red.....	202
56. Tasa de distorsión armónica del edificio M6.....	204
57. Tasa de distorsión armónica de la red.....	205

TABLAS

I.	Caracterización de carga del primer nivel T2.	2
II.	Caracterización de carga del segundo nivel T2.....	3
III.	Caracterización de carga del primer nivel M6.....	4
IV.	Caracterización de carga del segundo nivel M6	5
V.	Caracterización de carga de la Granja de Veterinaria	6
VI.	Valores de resistencia de aislamiento	11
VII.	Calibres y secciones equivalentes de los conductores	13
VIII.	Tipos de aislantes de conductores eléctricos	14
IX.	Capacidad de corriente de conductores de cobre	15
X.	Descripción del diámetro de tubería utilizado en el edificio T2.....	16
XI.	Descripción del diámetro de tubería utilizado en el edificio M6	16
XII.	Descripción del diámetro de tubería utilizado en la Granja de la Facultad de Veterinaria.....	17
XIII.	Tablero 1 de distribución, primer nivel edificio T2.....	29
XIV.	Tablero 2 de distribución Salón Virtual, primer nivel edificio T2	35
XV.	Tablero 3 de distribución, segundo nivel edificio T2	36

XXVI.	Tablero 4 de distribución, segundo nivel edificio T2.....	32
XXVII.	Tablero 1 de distribución, primer nivel edificio M6	33
XXVIII.	Tablero 2 de distribución, primer nivel edificio M6	33
XIX.	Tablero 3 de distribución, primer nivel edificio M6	34
XX.	Tablero 4 de distribución, primer nivel edificio M6	34
XXI.	Tablero 5 de distribución, segundo nivel edificio M6	35
XXII.	Tablero 6 de distribución, segundo nivel edificio M6	35
XXIII.	Tablero 7 de distribución, segundo nivel edificio M6	36
XXIV.	Tablero 8 de distribución, segundo nivel edificio M6	36
XXV.	Tablero 9 de distribución, segundo nivel edificio M6	36
XXVI.	Tablero principal 1 del área de lácteos de la Granja de Veterinaria	37
XXVII.	Tablero principal 2 del área de lácteos de la Granja de Veterinaria	37
XXVIII.	Tablero 1 área de lácteos Granja de la Facultad de Veterinaria	38
XXIX.	Tablero principal área de Concentrados Granja de la Facultad de Veterinaria.....	38
XXX.	Tablero 1 área de Concentrados Granja de la Facultad de Veterinaria	38
XXXI.	Tablero 2 área de Concentrados Granja de la Facultad de Veterinaria	39
XXXII.	Tablero 3 área de Cochiqueras Granja de la Facultad de Veterinaria.	40

XXXIII.	Tablero 4 área de Conejeras Granja de la Facultad de Veterinaria	40
XXXIV.	Tablero 5 área de Aves Granja de la Facultad de Veterinaria	40
XXXV.	Factores de reducción de acuerdo al número de conductores	72
XXXVI.	Factores de corrección por temperatura ambiente	73
XXXVII.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 1, primer nivel edificio T2	82
XXXVIII.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 2, primer nivel edificio T2	83
XXXIX.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 3, segundo nivel edificio T2.....	84
XL.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 4, segundo nivel edificio T2.....	85
XLI.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 2, primer nivel edificio M6.....	86
XLII.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 4, primer nivel edificio M6.....	86
XLIII.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 6, segundo nivel edificio M6	87
XLIV.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 7, segundo nivel edificio M6	87
XLV.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 8, segundo nivel edificio M6	88

XLVI.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 9, segundo nivel edificio M6.....	88
XLVII.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero principal 2, área de lácteos Granja de Veterinaria.....	88
XLVIII.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 1, área de lácteos Granja de Veterinaria	89
XLIX.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 1, área de concentrados Granja de Veterinaria	89
L.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 2, área de concentrados Granja de Veterinaria	90
LI.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 3, área de cochiqueras Granja de Veterinaria	90
LII.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 4, área de conejeras Granja de Veterinaria	90
LIII.	Cálculo de conductores por método de ampacidad y caída de tensión del tablero 5, área de aves Granja de Veterinaria.....	91
LIV.	Factor de relleno para selección de tubería según número de conductores	92
LV.	Número máximo de conductores en tubería	93
LVI.	Cálculo de luminarias, primer nivel del edificio T2.....	105
LVII.	Cálculo de luminarias, segundo nivel del edificio T2	165
LVIII.	Cálculo de luminarias, primer nivel del edificio M6.....	107

LIX.	Cálculo de luminarias, segundo nivel del edificio M6	108
LX.	Cálculo de luminarias, Granja de Veterinaria	109
LXI.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 1, primer nivel edificio T2	130
LXII.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 2, primer nivel edificio T2	131
LXIII.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 3, segundo nivel edificio T2	132
LXIV.	Tablas comparativas de conductores tablero 4, segundo nivel edificio T2	133
LXV.	Tablas comparativas de cálculo de luminarias, primer nivel edificio T2	134
LXVI.	Tablas comparativas de cálculo de luminarias, segundo nivel edificio T2	135
LXVII.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 2, primer nivel edificio M6	137
LXVIII.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 4, primer nivel edificio M6	137
LXIX.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 6, segundo nivel edificio M6	138
LXX.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 7, segundo nivel edificio M6	138

LXXI.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 8, segundo nivel edificio M6.....	139
LXXII.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 9, segundo nivel edificio M6.....	139
LXXIII.	Tablas comparativas de cálculo de luminarias, primer nivel edificio M6	140
LXXIV.	Tablas comparativas de cálculo de luminarias, segundo nivel edificio M6	141
LXXV.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 2, área de lácteos Granja de Veterinaria.....	142
LXXVI.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 1, área de lácteos Granja de Veterinaria.....	143
LXXVII.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 1, área de concentrados Granja de Veterinaria.....	143
LXXVIII.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 2, área de concentrados Granja de Veterinaria.....	144
LXXIX.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 3, área de cochiqueras Granja de Veterinaria.....	144
LXXX.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 4, área de conejeras Granja de Veterinaria.....	145
LXXXI.	Tablas comparativas de cálculo de conductores tablero 5, área de aves Granja de Veterinaria	145

LXXXII. Tablas comparativas de cálculo de luminarias, Granja de Veterinaria	147
LXXXIII. IEEE 519 Límites en la distorsión de corriente	162
LXXXIV. Factor K.....	165
LXXXV. Requisitos básicos para poder ser agente o gran usuario del mercado mayorista	213

LISTA DE SÍMBOLOS

σ	Conductividad eléctrica
Δ	Intervalo de cambio del valor de una variable
Ω	Resistencia eléctrica en ohms
φ	Ángulo de desfase entre los valores efectivos de voltaje y corriente
∞	Valor infinito
ρ	Resistividad eléctrica de un material
$\%$	Valor en porcentaje

GLOSARIO

Acometida	Se le denomina acometida al conjunto de conductores y componentes utilizados para transportar la energía eléctrica, desde las líneas de distribución de la Empresa suministradora a la instalación eléctrica del inmueble servido.
Aislante	Un material aislante es aquel que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite sus desplazamientos y por lo tanto, tampoco el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de tensión entre dos puntos del mismo.
Amperio	Es la unidad de medida de la corriente eléctrica y representa el número de cargas (coulombs) por segundo que pasan por un punto de un material conductor (1 amperio = 1 coulomb/segundo).
Armónico	Es la distorsión de la onda senoidal de corriente o tensión eléctrica de frecuencia nominal, ocasionada por la presencia de señales eléctricas de frecuencias diferentes y múltiples, de dicha frecuencia
AMM	Administrador del Mercado Mayorista, se encarga de realizar un conjunto de operaciones de compra y venta de bloques de potencia y energía que se

efectúan a corto y largo plazo entre los participantes del mercado.

Carga instalada	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conectará a la acometida de la empresa suministradora de energía.
Cavidad	Son los diferentes planos del espacio donde se calcula el nivel lumínico, de techo, pared y piso.
Circuito	Es 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.
Comercialización	Se refiere a la venta, facturación y cobro por el servicio eléctrico prestado a los consumidores finales.
Corriente	Es el desplazamiento de cargas eléctricas medida en amperios.
DAT	La Distorsión Armónica Total es un parámetro técnico utilizado para definir la señal de audio que sale de un sistema.

Distribuidores	Empresas dedicadas a vender energía eléctrica en determinadas regiones.
Electrodo	Varilla metálica, diseñada especialmente para enterrarla en el suelo y conectar en ella un sistema eléctrico aterrizado
Empalme	Se le denomina así a la unión de dos o más cables de manera que la conductividad y el aislamiento en la unión sean de la misma calidad que la de los cables que intervienen.
Energía	La capacidad de un sistema para realizar un trabajo, es medida en kilovatios, la energía lleva implícita la variable tiempo y se mide en kilovatios por hora (Kwh.) y la potencia (demanda) en kilovatios (Kw.).
Fusible	Es un conductor con una calibración para fundirse cuando la corriente que circula por él, pasa de cierto valor predeterminado.
Flipón	Es un interruptor termomagnético que está diseñado para protección de cortocircuitos y sobrecargas de un circuito eléctrico, puede desempeñar funciones de conexión y desconexión para realizar trabajos de mantenimiento.

Grandes usuarios	Empresas que consumen energía eléctrica de una potencia determinada
IEEE:	<i>The Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> , en español Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, es una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas.
Interruptor	Aparato o sistema de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y/o cierre de un circuito eléctrico. Puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar.
Iluminación	Cantidad de luz que alcanza un área unitaria de superficie, se mide en luxes.
Kilowatt/hora	Es la energía consumida en una hora cuando la potencia es de 1000 watt.
Megger	Instrumento de medición de valores de resistencia muy altos.
Monofásico	Sistema eléctrico que utiliza únicamente una sola fase.
NEC	<i>National electric code.</i>
NTSD:	Normas Técnicas de Servicio de Distribución.

NTIE	Normas técnicas para instalaciones eléctricas.
NFPA	<i>National fire protection association.</i>
Ohm	Unidad de medida de la resistencia eléctrica
Plano de trabajo	Distancia entre el piso y el plano imaginario en que se necesita una iluminación determinada.
Plano de montaje	Distancia entre el piso y el plano imaginario en que se deben instalar las luminarias.
Reflectancia	Es la capacidad de las superficies de reflejar la luz.
SPT	Sistema de puesta a tierra.
Trifásico	Sistema eléctrico formado por tres líneas de tensión de igual magnitud, desfasadas 120 grados.
THDI	Distorsión total armónica de corriente.
THDV	Distorsión total armónica de voltaje.
Vatio	Unidad de medida de la potencia eléctrica.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación encontrará información acerca de la evaluación y diagnóstico de las instalaciones eléctricas de los edificios T2, M6 y Granja de Veterinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En el primer capítulo se evalúan las condiciones actuales de las instalaciones eléctricas de cada uno de los edificios.

En el segundo capítulo se representan los diagramas unifilares de la red eléctrica de cada uno de los edificios en los que se realizó el diagnóstico.

En el tercer capítulo se realiza un análisis teórico de las instalaciones eléctricas, de este capítulo obtenemos datos acerca de cálculos de conductores, tuberías, lúmenes, dispositivos de protección etc.

En el cuarto capítulo se hace una comparación entre los resultados obtenidos en la visita de campo, o resultados prácticos y los resultados obtenidos en el análisis teórico en donde se utilizaron algunos métodos, fórmulas y cálculos matemáticos.

En el quinto capítulo se dan a conocer los resultados de las mediciones realizadas con el equipo denominado AR-5, sobre la calidad de energía.

El sexto capítulo trata sobre el impacto técnico recíproco de las instalaciones de los edificios y de la red de distribución.

Y por último, se hace una evaluación acerca de la posibilidad de incorporar a cada uno de los edificios al mercado mayorista (AMM).

OBJETIVOS

- **General**

Hacer una evaluación acerca del estado o condiciones en las que actualmente se encuentran las instalaciones eléctricas de los edificios T2, M6 y Granja de Veterinaria, luego hacer las correspondientes recomendaciones para su mejora y buen funcionamiento.

- **Específicos:**

1. Diagnosticar y evaluar las instalaciones eléctricas actuales de los edificios T2, M6 y Granja de Veterinaria del Campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. Analizar sí es posible que los edificios mencionados, ingresen como gran usuario al mercado mayorista (AMM).
3. Hacer un estudio acerca de la calidad de energía de los edificios, mediante un analizador de redes.
4. Comparar las instalaciones actuales con los datos obtenidos en el estudio teórico de los edificios.

INTRODUCCIÓN

La Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con una serie de edificios que albergan a diferentes facultades, dentro de estos edificios se encuentran el T2, M6 y la Granja de Veterinaria, aunque éste último no sea un edificio propiamente dicho, si posee varios ambientes para prácticas de los estudiantes de esta facultad.

Estos edificios en mención poseen instalaciones eléctricas, que merecen un diagnóstico y evaluación, ya que por el tiempo que llevan en funcionamiento y los cambios que han sufrido en la readecuación de los ambientes, sus instalaciones eléctricas han sentido esos cambios, tanto en el deterioro de sus componentes por el tiempo de uso, así como en la posible sobrecarga de los mismos.

En este informe se dan a conocer los resultados obtenidos, luego de hacer el respectivo diagnóstico y evaluación, en una serie de capítulos en donde se evalúan las condiciones actuales, se representan los diagramas unifilares, además se hace un análisis teórico y se comparan los resultados con las instalaciones actuales, luego se hace un estudio de la calidad de energía de los edificios T2 y M6 con un aparato denominado AR-5, también se estudia el impacto técnico recíproco de las instalaciones y de la red de distribución y se evalúa la posibilidad de incorporar los edificios al AMM. Por último, se dan las recomendaciones correspondientes y conclusiones, para que se puedan implementar en un futuro y así poder obtener seguridad y confiabilidad en las instalaciones eléctricas de los mismos.

1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

1.1 Definición de instalación eléctrica

Instalación eléctrica es el conjunto de equipos y accesorios necesarios para llevar la energía eléctrica, desde un punto de alimentación o toma a diferentes puntos para su utilización en iluminación, maquinas y aparatos receptores entre otros.

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

1.1.1 Caracterización de cargas

Los diferentes tipos de cargas instaladas es necesario considerarlas en el diseño de las instalaciones eléctricas. Los edificios en los que se ha realizado la evaluación y diagnóstico, presentan cargas generadas por circuitos de iluminación, en su gran mayoría lámparas fluorescentes que utilizan componentes inductivos, también existen una diversidad de aparatos como: bombas de agua, aire acondicionado, fotocopiadoras, ventiladores,

computadoras; equipos de carácter resistivo como calentadores de agua, cafeteras, hornos de microondas.

En las siguientes tablas se mencionan algunas de las características de las cargas existentes en los edificios T2, M6 y Granja de Veterinaria.

Tabla I. Caracterización de carga del primer nivel T2

Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)	Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)
Entrada edificio	240		Cubículos	840	700
Área fotocopiadoras	480	2860	Diseño medio	1280	1500
Delegación de auditoria	160		Salón dibujo	1280	
Tesorería	480	700	Lockers	240	
Secretaría	160	700	Oficina 1 en CIDAR	240	350
Secretaría Decano	400	2476	Oficina 2 en CIDAR	320	350
Decanatura	320	2216	CIDAR	2880	4018
Área Administrativa	1600	3480	Salón 108		
Área Fotografía	640	1000	Salón 109		
Control académico	640	350	Unidad de Orientación	440	700
Pasillo hacia T1	320		Salón virtual	2640	4840
Hemiciclo	1740		Pasillos	2280	

Tabla II. Caracterización de carga del segundo nivel T2

Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)	Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)
Cubículos H	320		Salón 206	1920	320
EPS	480	350	Baño de mujeres	120	
Pasillo	480		Baño de hombres	120	
Urbanismo y ambiente	160		Folklore andino	160	
Área tecnológica	1280		Salón 210	960	320
Comisión evaluación docente	1920		Salón 211	960	320
Salón maestría	160	1000	Salón 212	960	320
Dirección postgrado	320		Unidad de dibujo natural	480	
Asignatura interciclo	480		Papelería Grafos	960	1050
lockers	480		AEDA	960	3220
Salón de dibujo	1280		Salón 215	960	1000
Salón 204	960	320	Pasillos/corredores	3200	
Salón 205	1440	320	Luces centro edificio	2400	

Tabla III. Caracterización de carga del primer nivel M6

Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)	Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)
Control Académico	240	700	Mensajería	160	
Secretaría	240	1860	Secretaría Fisiología	240	1780
Secretaría Adjunta	240	1520	Técnico de Laboratorio	120	450
Decanatura	240	1520	Aux. Fisiología	120	450
Sala de Junta	480	1786	Coordinación depto. de fisiología	160	550
Tesorería	480	5000	Área de Fisiología	160	450
Salón de Actos	1275	2426	CIETA	160	450
Baños de mujeres	160		Oficinas Fisiología	720	550
Cuarto conserje	80		Laboratorio 1	360	1800
Baños de Hombres	160		Laboratorio 2	360	1800
Caja	1080	2870	Laboratorio 3	360	1800
Difusión técnica de fincas	160		Laboratorio 4	600	1800
Salón 101	1080	700	Bodega	720	

Tabla IV. Caracterización de carga del segundo nivel M6

Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)	Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)
Biblioteca	2480		Recepción Bromatología	160	
Iluminación gradas	160		Baños mujeres	160	
Escuela Zootecnia	160	2870	Baños hombres	160	
Salón 226	1280		Café Internet	240	6830
Salón 227	1280		Centro de cómputo	480	3600
Salón 208	480		Of producción animal y estadística	320	440
Laboratorio Bromatología	1040	3000	Of Coord. De unidad de mejoramiento Animal	320	440
Oficinas Bromatología	400	3500	Secretaría Unidad producción animal	320	2950
Bodega de reactivos	160	5000	Unidad produc. Animal sostenida	320	440
Calorimetría	80	350	Unidad de Est. Lic Miranda	320	440
Área nutricios	240		Reproducción	320	2180
Oficinas 2	480	6000	Comedor área zootecnia	160	2790
Área de equipos	240	10000			

Tabla V. Caracterización de carga de La Granja de Veterinaria

Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)	Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)
Procesamiento lácteo	800	8000	Conejera	1950	
Establo y área de ordeño	600	4480	Galpones principales Avicultura	200	
Bodega y garaje tractor	0	5280	Bodega Granja de Avicultura	80	
Casa de Guardianía	1200	6800	Baños Área de Avicultura	80	3400
Área de concentrados	450	7190	Cuarto de Guardián Área de avicultura	80	1090
Baños y vestidores área cochiqueras	480		Galpones secundarios avicultura	3000	0
Cochiqueras	240	1932			
Reflectores área crías en cochiquera	1800				
Bodega en área de cochiqueras	240				

Las tablas anteriores muestran las cargas existentes en cada uno de los niveles de los edificios y las instalaciones que ocupa la Granja de Veterinaria, en los edificios, la mayor carga es de iluminación ya que funcionan áreas administrativas y aulas, seguido de equipos de computo, impresoras, fotocopiadoras UPS equipos de A/C. En el área de la granja se pueden encontrar bombas de agua, motores en el área de lácteos para ordeñar, mezcladoras, molinos. Cabe mencionar que la mayoría de las instalaciones de

los motores del área de concentrados y potreros están en malas condiciones y merecen atención inmediata para que puedan contar con cableado y dispositivos de protección y seguridad. En cuanto a las instalaciones de iluminación se encuentran en muy malas condiciones, al grado que en áreas como concentrados, cochiqueras, aves, potreros se encuentran alambres colgando sin ningún tipo de ducto, y bombillas quemadas o no instaladas, por lo que han hecho una serie de conexiones empíricas, sin ningún tipo de diseño para poder llevar la iluminación a estos espacios que lo requieren.

1.1.2 Estado actual y dimensión de conductores

Se hizo una inspección de los conductores eléctricos de los edificios y de la Granja de Veterinaria con el fin de verificar su estado actual ya que son de suma importancia en la conexión de los diferentes circuitos con que cuenta cada uno de los edificios, En el edificio T2 se comprobó que los conductores de algunos de los circuitos llevan bastantes años de funcionamiento pero no se encontró ningún tipo de cristalización ni quemadura que haya sido producido por algún cortocircuito, El tablero principal es el que cuenta con los cables con mas tiempo de uso al igual que las instalaciones iniciales de los salones de clases, se encuentran también circuitos mas recientes que obviamente el conductor y sus dispositivos están en buenas condiciones y su funcionamiento es optimo para desempeñar su función.

En el edificio M6 la condición es similar a la del edificio T2, ya que en el tablero principal se pueden observar cables que llevan bastantes años de uso y

siguen funcionando con normalidad y también existen circuitos mas recientes que cuentan con cableado y dispositivos en buenas condiciones.

En la inspección visual que se realizó en las instalaciones de la Granja de Veterinaria se observó que en el área de lácteos específicamente el área de procesamiento de lácteos, los conductores están en buenas condiciones ya que es una instalación reciente, no así las demás áreas en donde se encuentran cables colgando en mal estado a la intemperie que en cualquier momento podrían producir un corto circuito por el mal estado en el que se encuentran.

1.1.2.1 Resistencia de aislamiento.

Las instalaciones deberán de presentar una resistencia de aislamiento por lo menos, igual a $1000 \times U$ ohmios, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios con un mínimo de 250,000 ohmios. Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 metros.

El nivel de aislamiento de una instalación eléctrica se entiende como la capacidad del aislamiento para oponerse a las corrientes de conducción y de fuga, cuando se aplica un voltaje entre todas las partes vivas conectadas entre sí y las estructuras metálicas y partes normales conectadas a tierra.

El aislamiento se medirá con relación a tierra y entre conductores mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador

que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 voltios, y como mínimo 250 voltios, con una carga externa de 100,000 ohmios. Durante la medición, los conductores incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán aislados de tierra, así como la fuente de alimentación de energía a la cual estén unidos habitualmente. Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro, suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciéndolas una vez terminada esta.

La medida de aislamiento, con relación a tierra, se efectuará uniendo a este el polo positivo del generador y dejando, en principio, todos los aparatos de utilización conectados. Los aparatos de interrupción se pondrán en la posición de cerrado y los cortocircuitos instalados como en servicio normal. Todos los conductores se conectan entre si, incluyendo el conductor neutro, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectara el polo negativo del generador.

Cuando la medida de la resistencia de aislamiento obtenida resultara inferior al valor mínimo que le corresponda, se admite que la instalación es no obstante, correcta si se cumple con las siguientes condiciones: Cada aparato de utilización presenta una resistencia de aislamiento por lo menos, igual al valor señalado por las normas UNE que le concierne en su defecto 0.5 Megohmios.

Desconectados los aparatos de utilización la instalación presenta la resistencia de aislamiento que le corresponda. La medida de aislamiento entre conductores se efectuará después de haber desconectado todos los aparatos

de utilización, quedando los interruptores y cortocircuitos en la misma posición que la señalada anteriormente para la medida de aislamiento con la tierra.

Antes de medir el aislamiento eléctrico de una instalación, se verificará que el interruptor general de entrada a la misma está en la posición de abierto. Una vez aislada la instalación de la fuente de alimentación, unir todos los conductores de la instalación incluyendo el neutro, si lo hubiera y conectar la unión al polo negativo del medidor de aislamiento, seguidamente, utilizando la puesta a tierra o bien, a una tierra auxiliar para hacer la medición.

El megger es el instrumento que se utiliza en la medición de valores de resistencia muy altos (del orden de los megaohms). El megger aplica un voltaje y mide la resistencia entre un conjunto de elementos conductores conectados a una de sus terminales y las partes unidas a tierra a la otra terminal, también se puede medir el nivel de aislamiento entre fases. Las causas que hacen que el valor de resistencia de aislamiento entre conductores sea menor a los recomendados en la tabla VI, son el envejecimiento de los aislantes, efectos del ambiente, sobre tensiones y calentamiento de los conductores por sobrecargas constantes.

Tabla VI. Valores de resistencia de aislamiento

Instalación	Resistencia de aislamiento (ohms)
Para circuitos con conductores No 14 o No. 12 AWG	1,000,000
Para circuitos con conductores No 10 o mayores y con Capacidad de conducción de corriente de	
25 a 50 A	250,000
51 a 100 A	100,000
101 a 200 A	500,00
201 a 400 A	25,000
401 a 800 A	12,000
Mas de 800 A	5,000

Fuente: Neagu Bratu. Instalaciones Eléctricas, conceptos básicos y diseño. Pág. 198

Los pasos que se siguen para realizar la prueba de resistencia de aislamiento se resumen a continuación.

- 1 Verificación de la operación del megger.
- 2 Escoger la escala apropiada.
- 3 Desconectar el interruptor principal y el hilo neutro procedente de la alimentación (puede estar conectado sólidamente a tierra).
- 4 Todos los interruptores termomagnéticos derivados en posición de encendido.
- 5 Verificar que los interruptores se encuentren en posición de encendido.
- 6 Asegurarse que todos los contactos estén libres.
- 7 La medición de la resistencia de aislamiento se hace entre cualquier punto de las partes vivas, inclusive la barra neutra del tablero y la barra de la conexión a tierra del tablero.

Debido a que en las instalaciones de los edificios se encuentran conectados equipos que no pueden ser desconectados y ante la imposibilidad de interrumpir el servicio eléctrico no se pudo realizar la prueba de resistencia de aislamiento, pero sí se presentó el procedimiento por medio del cual se realiza dicha prueba en los edificios.

1.1.2.2 Capacidad, calibres y secciones de conductores eléctricos.

Capacidad de conducción de corriente (ampacidad), representa la máxima corriente que puede conducir un conductor para un calibre dado y que esta afectada principalmente por los siguientes factores.

Temperatura: capacidad de disipación del calor producido por las pérdidas en función del medio en el que se encuentra el conductor

Máxima caída de voltaje permisible de acuerdo con el calibre del conductor y la corriente que conducirá, se debe respetar la máxima caída de voltaje permisible recomendada por el reglamento.

Los conductores se encuentran en diferentes calibres determinados por el tamaño del área transversal, los cuales están estipulados por la *American Wire Gauge (AWG)*, siendo ésta el área transversal en circular mil (cmil) y en milímetros cuadrados , la que determina la capacidad de corriente que puedan

conducir. En instalaciones eléctricas se utilizan desde el calibre #14 (delgado) hasta el 1000 MCM. En la tabla VII se muestran los calibres y las secciones equivalentes de los conductores.

Tabla VII. Calibres y secciones equivalentes de los conductores

ÁREA CONDUCTOR MÉTRICO mm²	TAMAÑOS ESTÁNDAR INGLÉS MCM o AWG	ÁREA CONDUCTOR INGLÉS Circular mil
508	1000	1000000
381	750	750000
305	600	600000
254	500	500000
230	400	400000
178	350	350000
152	300	300000
127	250	250000
107	4/0	211600
85	3/0	167800
67	2/0	133100
54	1/0	105600
34	2	66360
21	4	41740
13.3	6	26240
8.38	8	16510
5.26	10	10380
3.31	12	6530
2.08	14	4110
1.31	16	2580
0.82	18	1620
0.52	20	1020

Fuente: Tabla 5.2 sección de conductores Pág. 103, Eduardo Campero.

Debido a las necesidades de operación y maniobra que se deben realizar con los conductores los encontramos con las siguientes formas constructivas, de acuerdo a su calibre o sección transversal:

Alambres (sólidos)
 Cables (7 hilos)
 Cordones (muchos hilos)
 Barras

El parámetro más importante de un conductor es la capacidad de conducción de corriente, ésta está definida por el tipo de material y limitada directamente por la capacidad del aislamiento o forro.

Los conductores eléctricos están forrados por diferentes materiales aislantes, por lo general contienen materiales orgánicos, estos forros están clasificados de acuerdo con la temperatura de operación permisible, de tal forma que una misma sección de cobre puede tener diferente capacidad de conducción de corriente, dependiendo del tipo de aislamiento que se seleccione, y de la temperatura ambiente del local de operación. Como se puede observar en la tabla siguiente.

Tabla VIII. Tipos de aislantes de conductores eléctricos

Material aislante	Tipo	Temp Max °C	Cubierta	Utilización
Hule resist. al calor	RH	75	Resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales secos
Hule resist. calor	RHH	90		Locales secos y húmedos
Hule resist. Calor y humedad	RHW	75		Locales secos
Termoplástico	T	60	Ninguna	Locales húmedos y secos
Termoplástico resist. Humedad	TW	60		Locales húmedos y secos
Termoplástico resist. Calor y humedad	THW	75		Locales húmedos y secos

Fuente: Méndez Luís, Guía para el diseño de instalaciones eléctricas, Pág. 13

El amperaje del conductor siempre debe incluir, además del tamaño del conductor el material de que está hecho, la temperatura del aire que lo rodea y si se encuentra en tubería o al aire libre. La temperatura del conductor es la temperatura máxima del propio alambre cuando lleva toda su corriente nominal. La temperatura base del aire en el medio ambiente es de 86 °F (30° C). La siguiente tabla muestra la capacidad de corriente de los conductores de cobre.

Tabla IX. Capacidad de corriente de conductores de cobre.

Tipo de aislamiento TEMP. MÁX Temp. Ambiente	THWN, RH, RHW, XHHW, THW	
	75 ° C 30° C	
CALIBRE/AWG	En tubo	Al aire
500	380	620
400	335	545
350	310	505
300	285	445
250	255	405
4/0	230	360
3/0	200	310
2/0	175	265
1/0	150	230
2	115	170
4	85	125
6	65	95
8	45	65
10	30	40
12	20	25
14	15	20

Fuente: Tabla 5.1 sección de conductores p. 100, Eduardo Campero.

1.1.3 Tuberías.

Las tuberías utilizadas en el edificio T2 son de tipo conduit, poliducto y algunas canaletas, cuyas dimensiones se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla X. Descripción del diámetro de tubería utilizado en el edificio T2

DESCRIPCIÓN	Ø Tubería
Entrada de la acometida a tablero principal	Conduit galvanizado de 4"
Entrada principal a los subtableros de distribución	2"
Distribución a Tomacorrientes y luminarias	½" ¾" 1"
Canaletas	4X4"
otros usos	1 1/4"

Las tuberías utilizadas en el edificio M6 son también de tipo conduit, poliducto además de canaleta metálica que van sobrepuestos en las paredes y techos de este edificio. Con las dimensiones que se observan en la siguiente tabla.

Tabla XI. Descripción del diámetro de tubería utilizado en el edificio M6

DESCRIPCIÓN	Ø Tubería
Entrada de la acometida a tablero principal	Conduit galvanizado de 4"
Entrada principal a los subtableros de distribución	4"
Distribución a Tomacorrientes y luminarias	½" ¾" 1"
Canaletas sobrepuestas	4X4", 5X4", 7X5"
otros usos	1 1/4"

En la Granja de la Facultad de Veterinaria, encontramos el área de procesamiento de lácteos con instalaciones recientes, que cuentan con tubería pvc anaranjada en buenas condiciones, en áreas como cochiqueras, concentrados, potreros, aves, conejeras están los cables al aire libre o dentro de costaneras, como el caso de la conejera, y existen algunos poliductos en malas condiciones que actualmente algunos de ellos no se utilizan, por lo que requieren de un nuevo cableado y entubado. En términos generales se encuentran en el área conduit en tableros principales tanto en el tablero principal de la acometida del área de lácteos, como en el tablero principal de la acometida del área de concentrados, así como algunas tuberías de pvc en instalaciones recientes y poliducto en no muy buenas condiciones, el resto de cables se encuentran al aire libre. Lo anterior se resume en la siguiente tabla.

Tabla XII. Descripción del diámetro de tubería utilizado en la Granja de la Facultad de Veterinaria

DESCRIPCIÓN	Ø Tubería
Entrada de la acometida a tablero principal área de concentrados	Conduit galvanizado de 5"
Entrada de la acometida a tablero principal área de lácteos	Conduit galvanizado de 5"
Entrada principal a los subtableros de distribución	4", 2"
Distribución a Tomacorrientes y luminarias	½" ¾" 1"

1.1.4 Protección.

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.

Debemos saber que todas las fallas que se dan en un sistema deben ser limpiadas por la protección que se encuentra anterior al punto de falla (flujo arriba), es decir que la falla será limpiada por el dispositivo de protección que se encuentre antes que ésta, en dirección al alimentador principal o la fuente.

Las fallas que ocurren con mayor frecuencia en las instalaciones eléctricas son las de Corto Circuito y Sobrecargas, las primeras pueden llegar a producir efectos devastadores en una instalación eléctrica, las causas mas comunes que los ocasionan son fallas de aislamiento, errores de maniobra, deficiencia en el mantenimiento, contaminación y otros. Las fallas por sobrecargas se dan por corrientes superiores al valor nominal o al valor calculado del sistema, el origen de la sobrecarga es una demanda de potencia superior a la nominal.

Los edificios T2 y M6 y La Granja de Veterinaria cuentan con dispositivos de protección tales como fusibles, interruptores termomagnéticos (flipones).

Cabe mencionar que en las instalaciones de la Granja de Veterinaria hay motores como en el área de concentrados en donde no cuenta con dispositivos de seguridad inmediatos sino hasta una distancia considerable en el tablero principal, además en circuitos como bodegas comedor y vestidores las instalaciones no cuentan con ningún tipo de protección ya que la alimentación viene directamente del tablero principal conectado a otro circuito cuya protección es de 100 A, y también existen instalaciones sobrecargadas como la vivienda del guardián cuyo circuito esta sobrecargado y solamente cuenta con un flipon de 15 A.

1.1.4.1 Fusibles

Los fusibles son los elementos de protección mas utilizados en las instalaciones eléctricas. En forma general se puede decir que un fusible es un conductor con una calibración para fundirse cuando la corriente que circula por el, pasa de cierto valor predeterminado.

Tipos de fusible, según normas americanas:

- Fusible de tapón. Utilizado en casas de habitación con capacidades de 10, 15 y 20 amperios.

- Fusible de cartucho. Que pueden ser tipo casquillo para capacidades de 3 a 60 amperios, estos fusibles son renovables ya que si se funde el elemento fusible, puede ser reemplazado.
- Fusibles ordinarios
- Fusibles limitadores de corriente

1.1.4.2 Interruptor termomagnético

El interruptor termomagnético es un elemento de uso generalizado por el personal que se dedica a realizar instalaciones eléctricas ya que es de construcción compacta, puede desarrollar funciones de conexión y desconexión para realizar trabajos de mantenimiento, reparación o ampliación y sobre todo protege contra corto circuito y sobrecargas.

Esta constituido por una caja plástica moldeada con terminales, una para unirse a la barra del centro de carga y la otra para salida mediante conductor o barra sólida y una palanca para su accionamiento que puede ser manual o motorizado, esto dependiendo de la capacidad en amperios del interruptor termomagnético.

En el interior de la caja moldeada están colocados los juegos de contactos (uno por cada polo del interruptor) uno de los cuales es móvil y el otro fijo y están situados en una cámara de extinción de arco.

El sistema de disparo del interruptor termomagnético 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 platinos o contactos.

La protección contra sobrecarga esta 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.

La barra bimetálica esta colocada a una distancia específica de una puyaza bimetálica y esta colocada a una distancia específica de una pieza ferromagnética. Cuando la corriente llega a valores muy elevados (corto circuito) se crean fuerzas electromagnéticas de atracción capaces de provocar que los contactos se abran en tiempos muy cortos. Dichos dispositivos tienen una calibración que solamente el fabricante puede modificar, a menos que, como en interruptores termomagnéticos de gran capacidad nominal, se pueden cambiar las bobinas de disparo para así poder darle un diferente rango de operación.

Cuando un interruptor termomagnético se dispara por sobrecarga 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 interruptiva o la potencia máxima de corto circuito que puede soportar un interruptor termomagnético está limitada por:

- la posición o separación de los contactos en posición abierta;
- el tiempo de apertura de los contactos hasta llegar a la posición de máxima 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 para el enfriamiento del arco.

La capacidad de corto circuito se especifica en kiloamperios KA. Si la corriente de corto circuito sobrepasa la capacidad interruptiva, primeramente, se pueden fundir los platinos o bien la cámara de expansión de gases no logra enfriar los mismos por lo que el arco persiste y la corriente como consecuencia lógica sigue fluyendo. La energía disipada en forma de calor aumenta considerablemente y en fracciones de segundo los gases han logrado tal volumen que pueden hacer estallar la caja del interruptor.

1.1.4.3 Prueba de disparo

1.1.4.3.1 Prueba de corto circuito térmico.

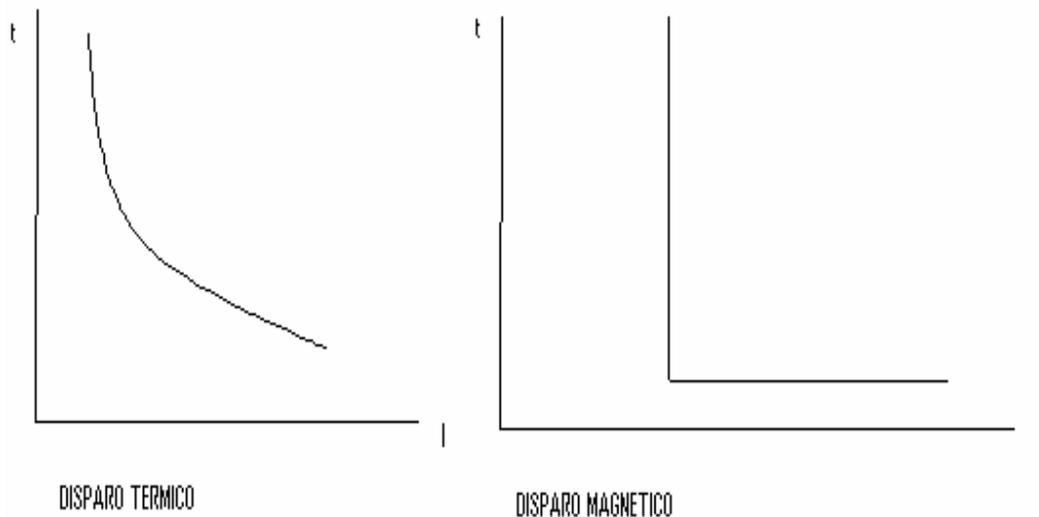
La prueba de disparo se realiza cuando la corriente pasa por un conductor paralelo a una tira bimetálica, calentándola en función de I^2 y el tiempo, así como a la disipación de calor del mecanismo.

Al calentarse, la tira bimetálica se encorva, empujando una palanquita 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.

1.1.4.3.2 Prueba de disparo magnético.

El disparo magnético se utiliza para la protección más rápida en caso de un cortocircuito. Consiste en una bobina conectada en serie con la corriente, que al sobrepasar están en 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 1. Pruebas de disparo de corto circuito térmico y disparo magnético



Fuente: Ing. Rodolfo Koenigsberger. **Instalaciones Eléctricas**, Pág. 84

1.1.5 Tableros

Toda instalación eléctrica cuenta con tableros destinados a la colocación de carga en los dispositivos de protección respectivos. Se le llama también gabinete metálico y cuenta con un circuito de alimentación mediante barras que contienen los elementos necesarios para la distribución de energía eléctrica, a varios circuitos derivados. Tanto el edificio T2, M6 y Granja de veterinaria cuentan con tableros principales y tableros de distribución que conectan los diferentes circuitos de cada uno de ellos. Los tableros se seleccionan tomando ciertas características como:

- servicio monofásico o trifásico
- si se desea o no interruptor principal

- capacidad de las barras
- Cantidad de polos. Se tiene un máximo de 14 polos por fase o sea 42 polos por tableros (en tableros de tres fases)
- según la capacidad del ramal mayor, así deberá ser el tipo de interruptores que irá en el tablero

1.1.5.1 Condición actual

En la actualidad los edificios T2, M6 y Granja de la Facultad de Veterinaria, cuentan con tableros principales y secundarios o de distribución que presentan las siguientes características

- Marca: Federal Pacific, General Electric Cutle Hammer. Univex
- Algunos mas recientes como Electrix
- Tableros de polos 18, 24, 36, y 42 polos para tableros de distribución
- Tableros de polos 8, 12 y 24 para tableros generales

En las instalaciones de los edificios T2, M6 y Granja de Veterinaria se encontraron diferentes tipos y marcas de tableros tanto en tableros principales, como en subtableros o tableros de distribución, que están distribuidos de tal forma que cada uno de ellos contengan una cantidad de circuitos, y que cumplan con su función para lo cual fueron instalados.

En el caso del edificio T2, cuenta con un tablero principal marca Federal Pacific, con un interruptor de las tres líneas que ingresan al mismo, de 600

amperios, este tablero alimenta cada uno de los subtableros de distribución, que se encuentran en cada nivel del edificio, dos por nivel, que cubren cada uno un cincuenta por ciento de la carga. En el área de vigilancia en el primer nivel, se encuentra el primer tablero de distribución, el mismo consta de treinta y dos polos marca General electric, el cual cubre el área derecha del primer nivel desde el punto de vista de la entrada principal al edificio, que incluye el área administrativa, el segundo tablero que alimenta el costado izquierdo del primer nivel del edificio T2 se encuentra ubicado debajo de las gradas que conducen al hemiciclo, este consta de 42 polos marca general electric dos fases y que además de proteger el primer nivel, protege el área del hemiciclo. En el segundo nivel se encuentra otro tablero en el salón 210, este tablero consta de 44 polos marca General electric, en el salón 215, el cual también es de 44 polos marca General electric, 120/240. Existen también, algunos tableros que se han ido sumando debido al crecimiento de carga del mismo edificio.

El edificio M6 cuenta con un tablero principal, que se encuentra ubicado en el cuarto de conserjería justo debajo de las gradas hacia el segundo nivel, Este tablero, es un tablero marca UNIVEX muy antiguo trifásico de barras, a el se conectan los tres cables 250 MCM y un neutro sin forro de la acometida, este consta de cuatro fllipones marca DORMAN, antiguos, tres de 225 amperios y uno de 200 amperios. De este tablero salen los cables que alimentan los subtableros de distribución para todo el edificio, uno de ellos esta a la par del tablero principal el cual es también maraca UNIVEX de treinta polos trifásico de barra, que cuenta con un interruptor de 200 amperios marca DORMAN que protege a este tablero, y que contiene los circuitos de las instalaciones eléctricas del área administrativa, donde se encuentra control académico, decanatura, tesorería, entre otros. Otro de los tableros se encuentra junto a las gradas de la entrada al edificio, este es también de marca UNIVEX de treinta

polos, con un interruptor de 200 amperios trifásico, y junto a este se encuentran cuatro tableros mas de 20, 8, 4 y 2 polos, todos estos cubren la parte del departamento de fisiología. Siempre en el primer nivel se encuentra otro tablero para el sector del salón de actos.

En el segundo nivel del Edificio M6 se encuentra otro tablero marca UNIVEX de barras de 24 polos con un interruptor de protección del tablero de 175 amperios, que se encuentra al lado derecho subiendo las gradas en la entrada principal, junto a este se encuentra otros dos tableros, uno de 18 polos y el otro de 16 polos, en el área de Bromatología se encuentra otro tablero marca UNIVEX que contiene la carga de este sector y se le han instalado dos tableros más siempre para esta área.

De los tableros existentes en estos dos edificios, se puede mencionar que en el edificio T2 se encuentran cerrados con sus respectivas tapaderas, y sin acceso a cualquier persona, y que tienen ya tiempo de uso, en el caso del edificio M6 el tablero principal se encuentra en un lugar donde no cualquier persona tiene acceso, no así los tableros del primer y segundo nivel que cualquier persona puede manipularlos ya que se encuentran en un lugar de fácil acceso. Respecto a los tableros propiamente dichos, se encuentra el inconveniente de que por ser muy antiguos no se encuentran flipones, porque ya no existen en el mercado, es por ello que cuando se han descompuesto, la solución ha sido conectar los cables a otros flipones existentes, sobrecargando los mismos y creando el problema de que por esta misma sobrecarga de lugar a que se disparen los flipones convirtiendo en insegura e ineficiente la instalación eléctrica, sin mencionar que la sobrecarga se produce también por el aumento de equipos que se conectan al sistema y los cambios que han sufrido las

instalaciones al crear varias oficinas, cubículos y laboratorios que consumen mas cargas que un salón de clase.

En la Granja de la Facultad de Veterinaria se tienen dos acometidas, por consiguiente dos tableros principales, uno de ellos abastece de energía eléctrica el área de lácteos, potreros y el otro el área de concentrados, cochiqueras, conejeras y aves.

El tablero principal del área de concentrados es de cuchilla trifásico marca Cutle Hammer 120/240 voltios 100 amperios, que recibe los cables de acometida y alimenta todo este sector. En el área de concentrados se encuentra un tablero 120/240 que se encuentra en mal estado, sin tapaderas con cables colgando, con polvo. En la cochiquera se encuentra un tablero marca Protelca de doce polos dos fases 120/240 V. que alimenta ésta área y una bomba de agua, este tablero también se encuentra sin tapadera empolvado y con cables a la vista. El tablero de la conejera es marca Electrix 120/240 V para 125 Amp, cuatro polos, el cual se puede observar que es reciente y se encuentra en buen estado. El tablero del área de aves cuenta con un tablero marca Proelca de doce polos 120/240, que se encuentra sin tapadera, empolvado y con algunos flipones flojos.

El área de lácteos cuenta con un tablero 12 polos tres hilos, y en los cables de la acometida que entran a él se empalman otros cables que salen a otro tablero marca Electrix 120/240 200Amp, 24 polos, tres hilos, en mejores condiciones, ya que el primer tablero es bastante antiguo. El sector de lácteos

cuenta con un tablero marca Electrix de ocho polos, 120/240 V. que al mismo tiempo alimenta otro tablerito de 4 polos.

Las tablas siguientes presentan un resumen de los diferentes tableros encontrados en los edificios y en la Granja de Veterinaria.

Tabla XIII. Tablero 1 de distribución, primer nivel edificio T2

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	TIPO DE CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
1	30	120	1	10	Iluminación, Fuerza	Secretaría, decanatura
2	40	240	2	10	Fuerza	Impresión
3	30	120	1	12	Iluminación	Lámparas corredor norte
4	30	120	1	12	Iluminación, Fuerza	Junta directiva
5	20	120	1	12	Fuerza	Columna corredor norte
6	20	120	1	12	Fuerza	Corredor norte
7	20	120	1	12	Iluminación	Lámparas salón 108
8	20	120	1	12	Iluminación	Lámparas salón 109
9	30	120	1	12	Iluminación, Fuerza	Guardianía
10	30	120	1	10	Fuerza	Cafetera, dispensario
11	30	120	1	10	Fuerza	Fuerza
12	20	120	1	12	Iluminación	Iluminación
13	40	240	2	10	Fuerza	Fuerza
14	30	120	1	10	Iluminación	Lámparas ingreso
15	30	120	1	10	Iluminación, Fuerza	Decanatura, salón 109
16	20	120	1	12	Iluminación, Fuerza	Secretaría
17	20	120	1	12	Iluminación	Secretaría
18	20	120	1	12	Iluminación	Iluminación
19	40	120	1	10	Fuerza	Fuerza
20	20	120	1	12	Iluminación, Fuerza	Ingreso 108, Recepción
21	20	120	1	12	Iluminación	Recepción, Secretaría
22	20	120	1	12	Fuerza	Decanatura
23	30	120	1	10	Fuerza	Tomas ingreso T2
24	20	120	1	12	Fuerza	Dulcera Guardianía
25	20	120	1	12	Fuerza	Cubículo y video
26	40	120	1	10	Fuerza	Tomas Tesorería
27	20	240	2	10	Fuerza	Tomas microonda

Este tablero 1 se encuentra ubicado en el cuarto de vigilancia o guardianía, debajo de las gradas, en la entrada principal al edificio.

Tabla XIV. Tablero 2 de distribución Salón Virtual, primer nivel edificio T2

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	TIPO DE CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
1	30	240	2	10	Fuerza	Toma de cabina
2	20	240	2	10	Fuerza	Aire Acondicionado
3	20	120	1	12	Fuerza	Cabina
4	20	120	1	12	Fuerza	Cabina
5	20	120	1	12	Fuerza	Camerino
6	20	120	1	12	Fuerza	Escenario
7	20	120	1	12	Fuerza	Laterales
8	20	120	1	12	Fuerza	Laterales
9	20	120	1	12	Fuerza	Toma computación
10	20	120	1	12	Iluminación	Baño
11	20	120	1	12	Iluminación	Camerino
12	20	120	1	12	Iluminación	Área entre paredes
13	20	120	1	12	Fuerza	Tomas
14	30	240	2	10	Fuerza	Cabina
15	20	240	2	10	Fuerza	Aire acondicionado
16	20	120	1	12	Iluminación	Lámparas salón
17	20	120	1	12	Iluminación	Salón
18	20	120	1	12	Iluminación	Salón
19	20	120	1	12	Iluminación	Salón
20	20	120	1	12	Iluminación	Salón, ojo de buey
21	20	120	1	12	Iluminación	Salón, ojo de buey
22	20	120	1	12	Iluminación	Lamparado riel
23	20	120	1	12	Iluminación	Lámparas de frente
24	20	120	1	12	Iluminación	Lámparas de entrada
25	20	120	1	12	Iluminación	Lámparas de entrada

Existen dos tableros más que están ubicados debajo de las gradas que conducen al hemicyclo, que contienen los flipones del área del hemicyclo y parte del primer nivel del edificio T2, los circuitos que alimentan a CIDAR, salones de

diseño medio entre otros, estos flipones son de 20 amperios y el cable utilizado es de calibre 12.

Tabla XV. Tablero 3 de distribución, segundo nivel edificio T2

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE
1	20	120 V	1	12
2	20	120 V	1	12
3	20	120 V	1	12
4	20	120 V	1	12
5	20	120 V	1	12
6	20	120 V	1	12
7	20	120 V	1	12
8	20	120 V	1	12
9	20	120 V	1	12
10	20	120 V	1	12
11	20	120 V	1	12
12	20	120 V	1	12
13	20	120 V	1	12
14	20	120 V	1	12
15	50	240 V	2	6
16	50	120 V	1	6
17	100	240 V	2	2
18	20	120 V	1	12
19	40	140 V	1	10
20	20	120 V	1	12
21	20	120 V	1	12
22	20	120 V	1	12
23	20	120 V	1	12
24	20	120 V	1	12
25	20	120 V	1	12
26	20	120 V	1	12
27	20	120 V	1	12
28	20	120 V	1	12
29	20	120 V	1	12
30	20	120 V	1	12
31	20	120 V	1	12
32	20	120 V	1	12
35	40	240 V	2	10

Este tablero se encuentra ubicado en el segundo nivel del edificio, específicamente en el salón 215, este se encuentra con una reja que no permite la manipulación a personas no autorizadas.

Tabla XVI. Tablero 4 de distribución, segundo nivel del edificio T2

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE
1	20	120 V	1	12
2	20	120 V	1	12
3	20	120 V	1	12
4	20	120 V	1	12
5	20	120 V	1	12
6	20	120 V	1	12
7	20	120 V	1	12
8	20	120 V	1	12
9	20	120 V	1	12
10	20	120 V	1	12
11	20	120 V	1	12
12	20	120 V	1	12
13	20	120 V	1	12
14	20	120 V	1	12
15	20	120 V	1	12
16	20	120 V	1	12
17	20	120 V	1	12
18	20	120 V	1	12
19	20	120 V	1	12
20	20	120 V	1	12
21	20	120 V	1	12
22	20	120 V	1	12
23	20	120 V	1	12
24	20	120 V	1	12
25	20	120 V	1	12
26	20	120 V	1	12
27	20	120 V	1	12
28	20	120 V	1	12
29	20	120 V	1	12
30	20	120 V	1	12
31	20	120 V	1	12
32	20	120 V	1	12

La anterior tabla, muestra las características del tablero ubicado en el salón 210 del segundo nivel, como se puede observar consta de flipones de 20 amperios unipolares que alimentan, juntamente con el tablero ubicado en el salón 215, el segundo nivel del edificio T2.

Tabla XVII. Tablero 1 de distribución, primer nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	TIPO DE CIRCUITO
1	30	208 V	3	10	Iluminación, Fuerza
2	30	208 V	3	10	Iluminación, Fuerza
3	30	208 V	3	10	Iluminación, Fuerza
4	30	208 V	3	10	Iluminación, fuerza
5	15	120	1	12	Iluminación, Fuerza
6	15	120	1	12	Iluminación, Fuerza
7	15	120	1	12	Iluminación, Fuerza

El tablero 1 se encuentra debajo de las gradas hacia el segundo nivel, en el sector que ocupan los conserjes del edificio, por lo que su acceso no está al alcance de cualquier persona no autorizada. El siguiente tablero, tablero 2, se encuentra también ubicado en éste sector y sus características se describen a continuación en la siguiente tabla.

Tabla XVIII. Tablero 2 de distribución, primer nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	TIPO DE CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
1	15	120 V	1	12	Iluminación, fuerza	Control académico
2	15	120 V	1	12	Iluminación, fuerza	Tesorería
3	15	120 V	1	12	Iluminación, fuerza	Secretaría
4	15	120 V	1	12	Iluminación, fuerza	Decanatura
5	15	120 V	1	12	Iluminación, fuerza	Dif. Tec. De fincas
6	15	120 V	1	12	Iluminación, fuerza	Caja
7	15	120 V	1	12	Iluminación, fuerza	Salón 101

Tabla XIX. Tablero 3 de distribución, primer nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	DESCRIPCIÓN
1	30	120/208 V	3	10	Este tablero alimenta el área de fisiología, de este tablero se distribuyen circuitos a otros subtableros que alimentan la misma área, estos tableros se han creado debido al crecimiento de carga en el sector.
2	30	120/208 V	3	10	
3	30	120/208 V	3	10	
4	30	120/208 V	3	10	
5	30	120/*208 V	3	10	
6	30	120/208 V	3	10	
7	15	120 V	1	12	

Tabla XX. Tablero 4 de distribución, primer nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	TIPO DE CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
1	15	120 V	1	12	Iluminación	Fisiología
2	15	120 V	1	12	Iluminación	Fisiología
3	15	120 V	1	12	Iluminación	Fisiología
4	15	120 V	1	12	Iluminación	Fisiología
5	15	120 V	1	12	Fuerza	Fisiología
6	15	120 V	1	12	Fuerza	Fisiología
7	15	120 V	1	12	Fuerza	Fisiología
8	15	120 V	1	12	Fuerza	Fisiología

Tanto el tablero 3, como el tablero 4, se encuentran ubicados a un costado de las gradas que conducen hacia el segundo nivel del edificio, en la entrada principal, estos tableros se encuentran al alcance de cualquier persona que no este autorizada para utilizarlos.

Tabla XXI. Tablero 5 de distribución, segundo nivel del edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	DESCRIPCIÓN
1	30	120/208 V	3	10	Este tablero alimenta el segundo nivel del edificio que comprende la biblioteca, el área de reproducción, la unidad de producción animal y algunos salones que se ubican en esta planta.
2	30	120/208 V	3	10	
3	30	120/208 V	3	10	
4	30	120/208 V	2	10	
5	15	120 V	1	12	
6	15	120 V	1	12	
7	15	120 V	1	12	
8	15	120 V	1	12	

Tabla XXII. Tablero 6 de distribución, segundo nivel del edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	TIPO DE CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
1	15	120 V	1	12	Iluminación	Biblioteca
2	15	120 V	1	12	Iluminación	Biblioteca
3	15	120 V	1	12	Iluminación	Biblioteca
4	15	120 V	1	12	Iluminación	Unidad producción animal
5	15	120 V	1	12	Iluminación	Unidad producción animal
6	15	120 V	1	12	Iluminación	Salón 226
7	15	120 V	1	12	Iluminación	Salón 227
8	15	120 V	1	12	Fuerza	Biblioteca
9	15	120 V	1	12	Fuerza	Unidad producción animal
10	15	120 V	1	12	Iluminación, fuerza	Cubículos
11	15	120 V	1	12	Iluminación, fuerza	Oficinas
12	15	120 V	1	12	Iluminación, fuerza	Salones

Los tableros 5 y 6 se encuentran ubicados en el segundo nivel a un costado de las gradas que están en la entrada al edificio.

Tabla XXIII. Tablero 7 de distribución, segundo nivel del edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	TIPO DE CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
1	15	120 V	1	12	Iluminación	Bromatología
2	15	120 V	1	12	Iluminación	Bromatología
3	20	120 V	1	12	Fuerza	Bromatología
4	20	120 V	1	12	Fuerza	Bromatología

Tabla XXIV. Tablero 8 de distribución, segundo nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	TIPO DE CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
1	40	120 V	1	10	Fuerza	Bromatología
2	20	120 V	1	12	Iluminación	Bromatología
3	30	120 V	1	10	Fuerza	Bromatología
4	30	120 V	1	10	Fuerza	Bromatología

Tabla XXV. Tablero 9 de distribución, segundo nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	TIPO DE CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
1	20	120 V	1	12	Iluminación	Laboratorios Bromatología
2	30	120 V	1	10	Fuerza	Laboratorio
3	20	120 V	1	12	Iluminación	Salón 208
4	20	120 V	1	12	Fuerza	Bromatología
5	20	120 V	1	12	Fuerza	Laboratorio

Los tableros del 7 al 9 se encuentran ubicados en el área de Bromatología y alimentan estas instalaciones en donde se encuentra bastante equipo de laboratorio, hasta un cuarto frío que actualmente no se utiliza.

A continuación se presentan las tablas que nos dan a conocer las características de los tableros que se encuentran en la Granja de la Facultad de Veterinaria

Tabla XXVI. Tablero principal 1 del Área de lácteos de la Granja de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	TIPO DE CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
1	70	120/240 V	3	250 MCM	Acometida	Alimenta establos y una bomba de agua que tiene poco uso.
2	70	120/240 V	3	250 MCM	S/conexión	

Tabla XXVII. Tablero principal 2 del Área de lácteos de la Granja de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	DESCRIPCIÓN
1	100	120/240 V	2	2/0	Alimenta el área de lácteos a una distancia aproximada de 300 metros, conducción aérea
2	100	120/240 V	3	8	2 hilos mas neutro hacia el edificio de laboratorios a una distancia aprox. 30 mts. 1 línea y neutro alimentan los establos, bodega, comedor y vestidor, dos líneas van hacia un guardamotor que alimentan una de las bombas de agua

Tabla XXVIII. Tablero 1 Área de lácteos Granja de la Facultad de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	DESCRIPCIÓN
1	80	120/240 V	2	6	Bomba de aguas negras
2	40	120/240 V	2	6	Mezcladora de leche
3	20	120 V	1	12	Fuerza e iluminación lácteos
4	20	120 V	1	10	Bomba de Agua
5	50	120/240 V	2	8	Calentador de Agua ordeñadora

Tabla XXIX. Tablero principal Área de Concentrados Granja de la Facultad de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	TIPO DE CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
1	100	120/240 V	3	250MCM	Acometida	Alimenta los subtableros del Área de concentrados, cochiqueras, conejeras, aves. Este tablero es de cuchilla, marca Cutle hammer

Tabla XXX. Tablero 1 Área de Concentrados Granja de la Facultad de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	DESCRIPCIÓN
1	20	120 v	1	12	Baños y vestidores concentrados
2	50	120/240 V	2	4/0	Alimenta al tablero de la granja de aves a 202 m. de distancia

Este tablero es de marca proelca de 12 polos, los restantes polos se encuentran vacíos, se encuentra a la par del tablero principal de cuchilla y alimenta la granja de aves a una distancia de 200 mts.

En este tablero pasa una tercera fase, que alimenta a los motores de la mezcladora y el molino.

Tabla XXXI. Tablero 2 Área de concentrados Granja de la Facultad de Veterinaria.

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	DESCRIPCIÓN
1	50	120/240 V	2	8	Mezcladora
2	60	120/240 V	2	8	Molino
3	40	120	1	8	A caja de conejera
4	20	120	1	12	Iluminación fuerza concentrados
5	30	120	1	12	Oficinas área concentrados

Esta tercera línea no posee ningún tipo de protección en este tablero, ya que este tablero solo acepta dos fases o líneas vivas, por lo que se recomienda instalar un nuevo tablero que proteja las tres líneas o fases vivas, ya que es necesario que esta fase tenga su protección y así evitar riesgos a la hora de un corto circuito o poder desconectar las fases al hacer mantenimiento o trabajos en las mismas.

Tabla XXXII. Tablero 3 Área de cochiqueras Granja de la Facultad de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	DESCRIPCIÓN
1	15	120/240 V	2	10	Bomba de Agua cochiquera
2	20	120 V	1	10	Incinerador a 30m. de distancia
3	30	120 V	1	12	Bodega de cochiquera iluminación y fuerza.
4	20	120 V	1	10	Lámparas de cochiquera y reflectores
6-12	-	-	-	-	Vacíos

Tabla XXXIII. Tablero 4 Área de conejera Granja de la Facultad de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	DESCRIPCIÓN
1	15	120 V	1	12	Iluminación conejera
2	15	120 V	1	12	Fuerza Conejera

Tabla XXXIV. Tablero 5 Área de Aves Granja de la Facultad de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	POLOS	CALIBRE	DESCRIPCIÓN
1	15	120/240 V	2	10	Tomas galpones
2	30	120 V	1	10	Calentador ducha de baño
3	15	120 V	1	12	Lámparas Galpones principales
4	15	120/240 V	2	12	Bodeguita
5	Sin flipon	120 V	1	10	Alimenta una caja de 2 polos a 40m. para 3 galpones secundarios con un estimado de 10 plafoneras cada uno.

1.2 Red de tierras

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.

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 es representada 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.

1.2.1 Puesta a tierra

La puesta a tierra o también llamado aterrizaje, tiene como propósito la seguridad. Si una instalación no está correctamente aterrizada, puede ser

extremadamente peligrosa, que puede provocar choques, incendios y daños a los aparatos y motores. Un aterrizaje correcto reduce tales peligros y también minimiza el peligro de los rayos, especialmente en las granjas.

La puesta a tierra o aterrizaje se le denomina también sistema de electrodos de aterrizaje, que puede ser un tubo metálico de un sistema de agua subterráneo unido a un tubo o barra enterrada, o un electrodo de aterrizaje, que es un tubo o barra enterrada que se usa cuando no hay ni tubería metálica subterránea ni otro elemento aterrizado disponible.

Con el aterrizaje o 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 tocara la carcasa metálica bajo tensión. De esta manera, como el sistema de puesta a tierra tiene una resistencia mucho 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 aterrizaje o 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, así como calderas, depósitos, instalaciones de ascensores y montacargas, y en general todo elemento metálico que pueda entrar en contacto con un cable bajo 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 aterrizaje o 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.

En una granja hay mas peligro debido a los relámpagos, que en una ciudad o edificios, Sin embargo, normalmente es mucho más difícil conseguir una buena conexión a tierra. Por lo que es de importancia hacer una buena conexión a tierra.

Según el código (NEC) en la sección 250-84 especifica que la resistencia entre un tubo enterrado o barra de tierra, y la tierra, no debería exceder 25 ohmios. Normalmente un sistema tubería de agua metálico subterráneo proporciona una resistencia a tierra de menos de 3 ohms. La tubería de agua o el marco de un edificio de estructura metálica con bases de concreto debajo del nivel del suelo normalmente tiene una resistencia a tierra menor de 25 ohms.

La resistencia a tierra cuando se usa una barra de tierra varía, mientras mas seca esté la tierra más alta es la resistencia, así que es preferible instalar la barra en un lugar donde la lluvia que cae de un techo valla directamente a la barra para mantener húmeda la tierra. Normalmente una sola barra no es suficiente, por lo que es preferible instalar dos a una distancia de por lo menos 6 pulgadas de distancia y unir las con alambre de cobre número 6, que puede ser desnudo, mediante abrazaderas de tierra en cada extremo del alambre. Las barras más largas que el mínimo requerido de 8 pies, probablemente reducirán la resistencia a tierra.

1.2.2 Condición Actual

Se pudo observar que en los edificios T2, M6 y La Granja de Veterinaria no cuentan con un sistema de red de tierras, ya que la conexión a tierra del área del transformador se conectan a través de las barras de tierra, a la barra del neutro del transformador, por consiguiente a los edificios solo llega el cable neutro, por lo que los equipos no cuentan con su instalación a tierra y se encuentra desprotegidos y representan cierto peligro para las personas.

1.3 Pararrayos

Con el nombre de pararrayos o descargadores de sobretensión, se conocen los dispositivos designados a proteger el equipo eléctrico contra sobretensiones transitorias elevadas en los circuitos eléctricos, limitando la duración y la amplitud de la corriente subsiguiente. El término pararrayos o

descargadores de sobretensión incluye cualquier separación externa, en serie con el pararrayos, esencial para el funcionamiento adecuado del aparato instalado, sin tener en cuenta si es una parte íntegra de él

Los pararrayos se utilizan como protección contra descargas atmosféricas, el cual consiste en un sistema de barras o electrodos metálicos puntiagudos colocados en las partes superiores de los objetos a proteger. La trayectoria de una descarga atmosférica depende de las condiciones de humedad y contaminación de la atmósfera y de los objetos que se encuentren en la superficie terrestre.

Debido a que la concentración de campos eléctricos es mayor en objetos puntiagudos, las descargas escogen su trayectoria a través de torres, esquinas de estructuras o edificios, por tal razón 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.

Todo pararrayos debe tener una placa de características adherida a él en la que se presenten las características más importantes entre ellas tenemos:

- Tensión nominal del pararrayos
- Corriente nominal de descarga
- Resistencia a la corriente de corto circuito
- Altitud de instalación
- Tensión de operación continua
- Frecuencia nominal

- Corriente nominal de alivio de presión
- Fabricación e identificación

1.3.1 Condición Actual

No se observaron pararrayos en los edificios T2, M6 del Campus central, al igual que en el área de la Granja de Veterinaria, por lo que se recomienda la instalación de los mismos para la protección del equipo eléctrico así como de personas que se encuentra en ellos.

1.4 Iluminación

Se pueden enumerar diferentes factores que contribuyen a hacer un buen sistema de iluminación, sin embargo se puede decir que los mas importantes son; una cantidad suficiente de luz y el tipo adecuado de luz, una luz que este libre de brillantez molesta y de sombras desagradables. Un buen sistema de iluminación contribuye a la comodidad del personal y reduce el cansancio. Conduce a una mayor eficiencia en las actividades y fomenta la seguridad al impedir accidentes provocados a menudo por una pobre visibilidad.

1.4.1 Revisión visual

En el edificio T2 se puede observar que en términos generales el sistema de iluminación que presenta es bueno, especialmente en salones de dibujo, en

donde los estudiantes necesitan de una buena iluminación ya que ellos trabajan en mesas de dibujo en donde se requiere de una buena iluminación, los pasillos y corredores también presentan buena iluminación, en el centro del edificio cuenta con 6 lámparas incandescentes que proporcionan buena iluminación las cuales se encienden por las tardes y noches, en el caso de CIDAR es un área con bastante iluminación ya que es el área de biblioteca y estudio. En resumen se puede decir que presenta buenas condiciones, aunque como en la mayoría de edificios, presenta también ciertas deficiencias, se necesita mantenimiento de las luminarias, y el cambio de algunas que se pudieran encontrar defectuosas o malas.

El edificio M6 es un edificio que ha sufrido modificaciones, ya que cuenta con una serie de oficinas, cubículos y laboratorios, por lo cual la luz natural en algunos de sus pasillos es escasa o casi nula, como en el caso del área de fisiología en el primer nivel, el área de zootecnia en el segundo nivel y también el área de Bromatología es por ello que se necesitan mantener encendidas las luminarias en los pasillos de estos sectores. El área de Biblioteca cuenta con luces que se encuentran mal ubicadas, ya que acá se han hecho remodelaciones e incluso luces que antes pertenecían a los pasillos están dentro de la biblioteca ahora. En términos generales se puede decir que la iluminación en este edificio es de regular a buena, siempre con la recomendación del debido mantenimiento que se le deben de dar a las luminarias ya que se encuentran algunas en mal estado y algunas otras sin estar instaladas.

En la Granja de Veterinaria las condiciones de la iluminación son bastante malas, a excepción quizá del área de la conejera, y parte del área de procesamiento de lácteos que presentan una iluminación regular.

En el sector que corresponde a concentrados, prácticamente no existe circuitos de iluminación, ya que cuenta solamente con bombillos conectados con alambres sobrepuestos que la persona a cargo de estos sectores, ha ido colocando para no estar completamente a oscuras, el edificio se ve que cuenta con entubados de poliducto en mal estado e incluso que han sufrido cortos circuitos y prácticamente están abandonadas las instalaciones.

Caso similar ocurre en el área de la cochiguera que cuenta solamente con tres lámparas que la persona a cargo de este sector ha ido colocando a medida de sus posibilidades, en el sector de Aves también cuenta con iluminación sucia sin mantenimiento, aunque no se necesita demasiada iluminación si presenta deficiencias.

Otro de los sectores que está en mal estado, es la bodega en el área de lácteos y establos que para principiar, la instalación, no cuenta con un tablero de protección, dejando todo este sector en alto riesgo por falta del tablero con sus respectivos flipones.

El área de establos también presenta deficiencias, aunque es posible que no se necesite iluminación pues no se realizan actividades en la noche, pero

como instalación o inmueble, sí debería de poseer instalaciones eléctricas de iluminación en buenas condiciones y funcionando al cien por ciento.

1.4.2 Características de las luminarias

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

En los sistemas en los que se usa más de un tipo de sistemas de iluminación se determinan los niveles del alumbrado calculando la intensidad de la luz proyectada sobre el área correspondiente por cada uno de los artefactos luminosos y después se suman los valores obtenidos.

2. DIAGRAMAS UNIFILARES

El diagrama unifilar es aquel que representa de forma simplificada un sistema eléctrico por medio de una línea simple y de símbolos normalizados, su propósito es el de suministrar de forma concisa información significativa acerca del sistema.

La importancia de las diferentes partes de un sistema varia con el problema, la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende del propósito para el que se realiza, por ejemplo, la localización de los interruptores y relevadores no es importante para un estudio de cargas.

Algunas veces el diagrama se puede simplificar aún mas al omitir el neutro del circuito e indicar las partes que lo componen mediante símbolos en lugar de sus circuitos equivalentes, no se muestran los parámetros del circuito y de las líneas de transmisión, se representan por una sola línea entre dos terminales. A este diagrama simplificado se le llama diagrama unifilar o de una línea. Este indica, por una sola línea y por símbolos como se conectan las líneas de transmisión con los aparatos asociados de un sistema eléctrico.

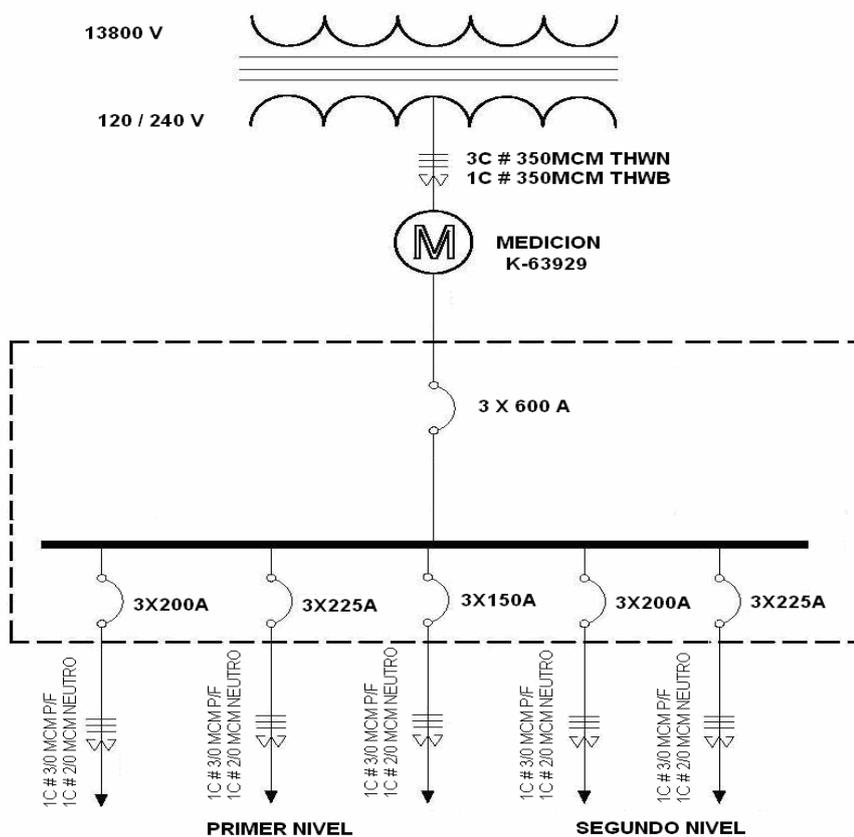
La figura siguiente muestra algunos de los símbolos estándares que se utilizan al realizar un diagrama unifilar.

2.1 Diagrama unifilar de la sub-red eléctrica

La descripción de los circuitos que componen la subred eléctrica de los edificios T2, M6 y La Granja de Veterinaria se representan en sus respectivos diagramas unifilares.

2.1.1 Diagrama unifilar edificio T2

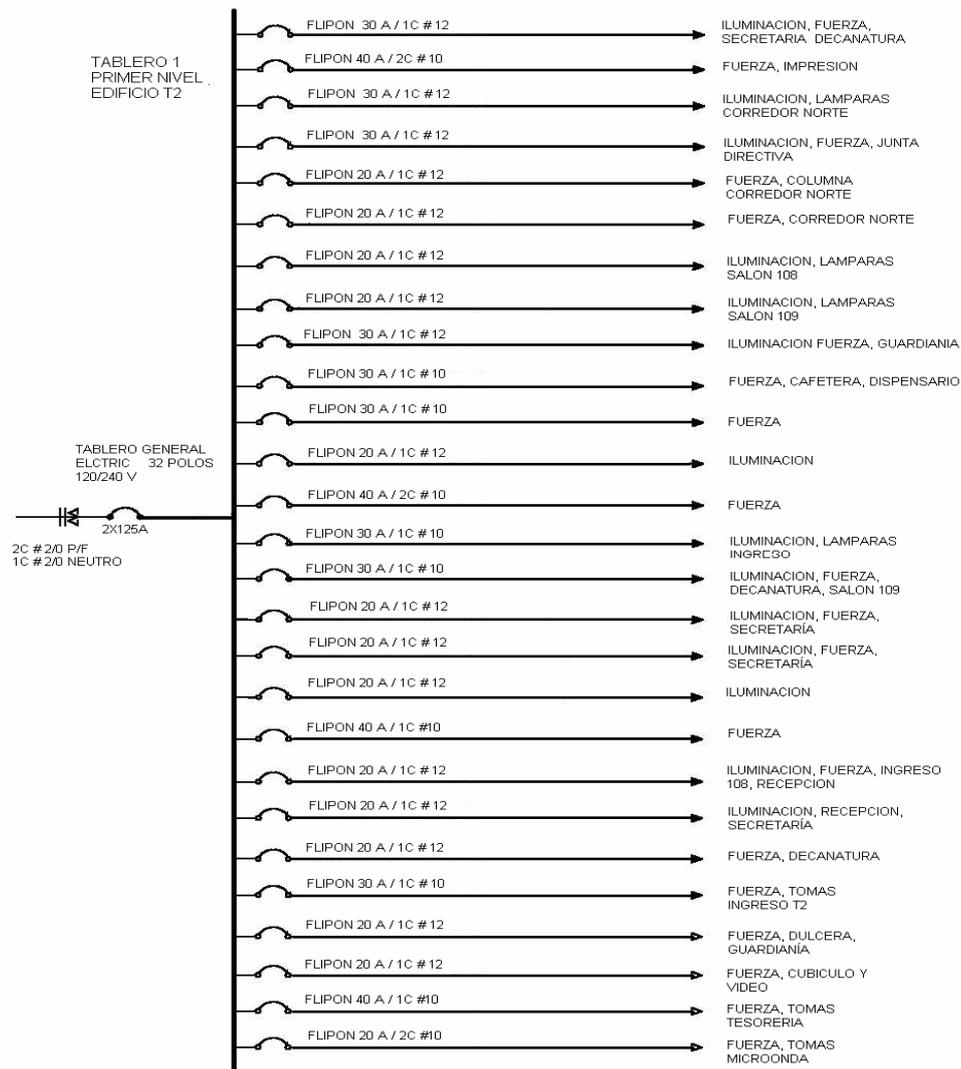
Figura 2. Diagrama unifilar edificio T2



Fuente: Edificio T2, Campus Central Universitario

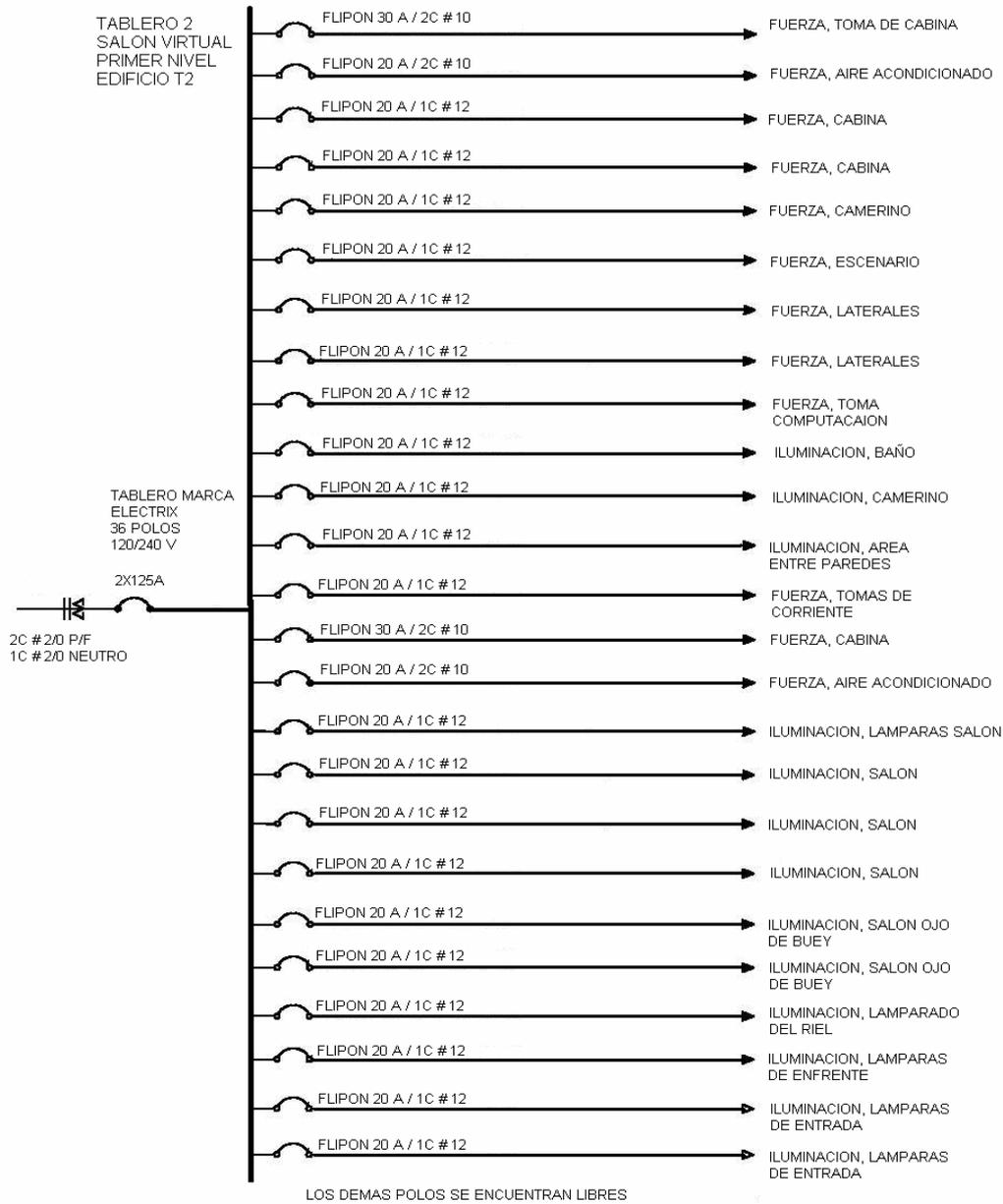
A continuación se representan los diagramas unifilares de los tableros de distribución del edificio T2

Figura 3. Diagrama unifilar tablero 1 de distribución, primer nivel edificio T2



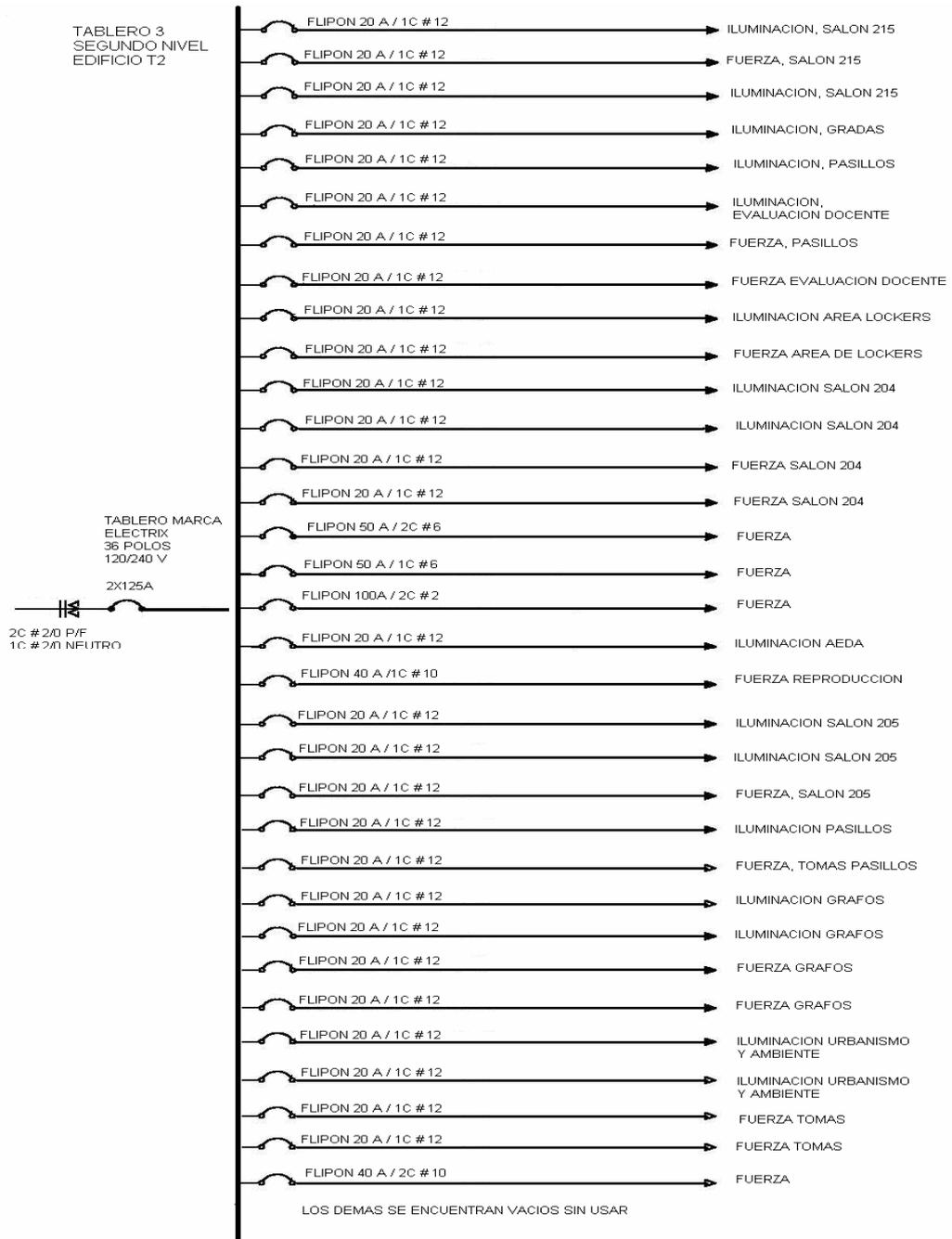
Fuente: Edificio T2, Campus Central Universitario

Figura 4. Diagrama unifilar tablero 2 Salón virtual, primer nivel edificio T2



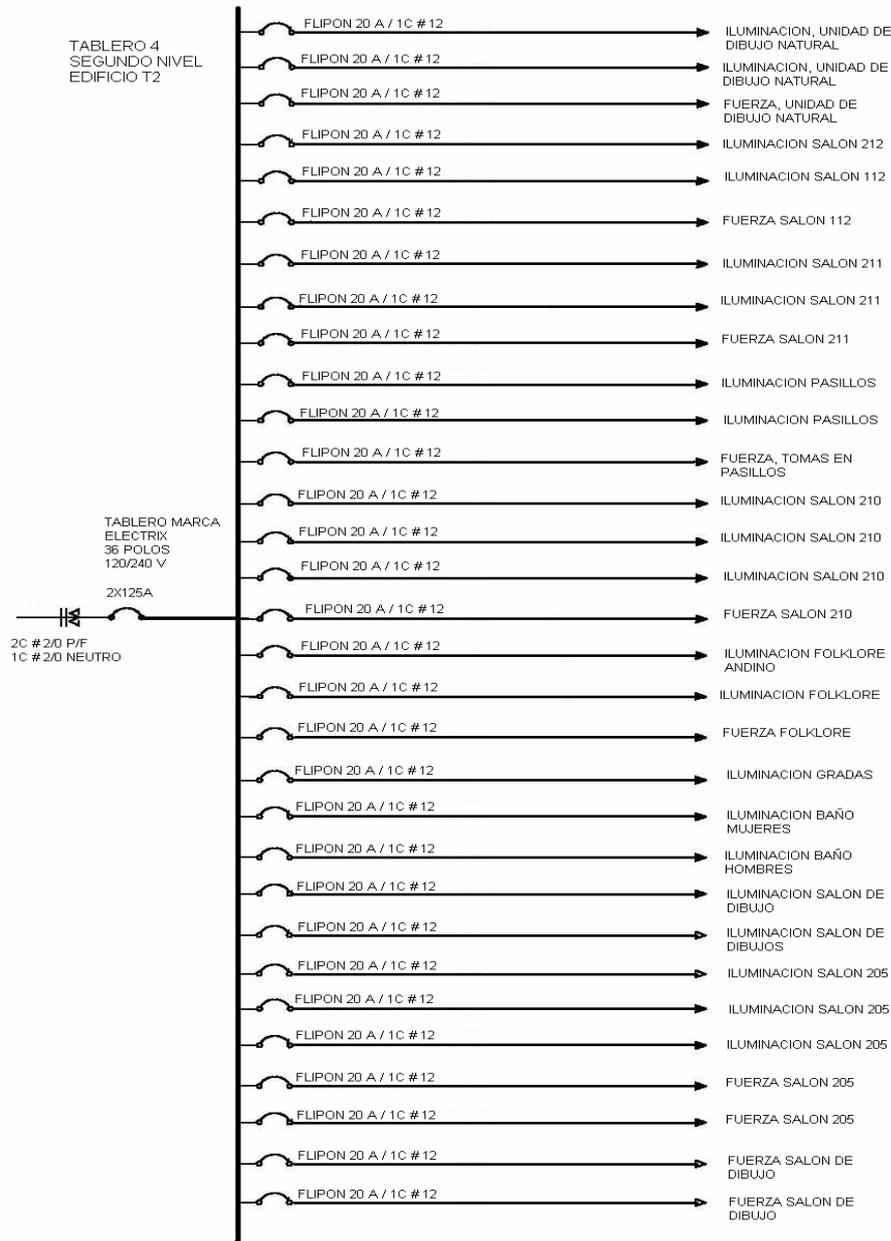
Fuente: Edificio T2, Campus Central Universitario

Figura 5. Diagrama Unifilar tablero 3, segundo nivel edificio T2



Fuente: Edificio T2, Campus Central Universitario

Figura 6. Diagrama unifilar tablero 4, segundo nivel edificio T2

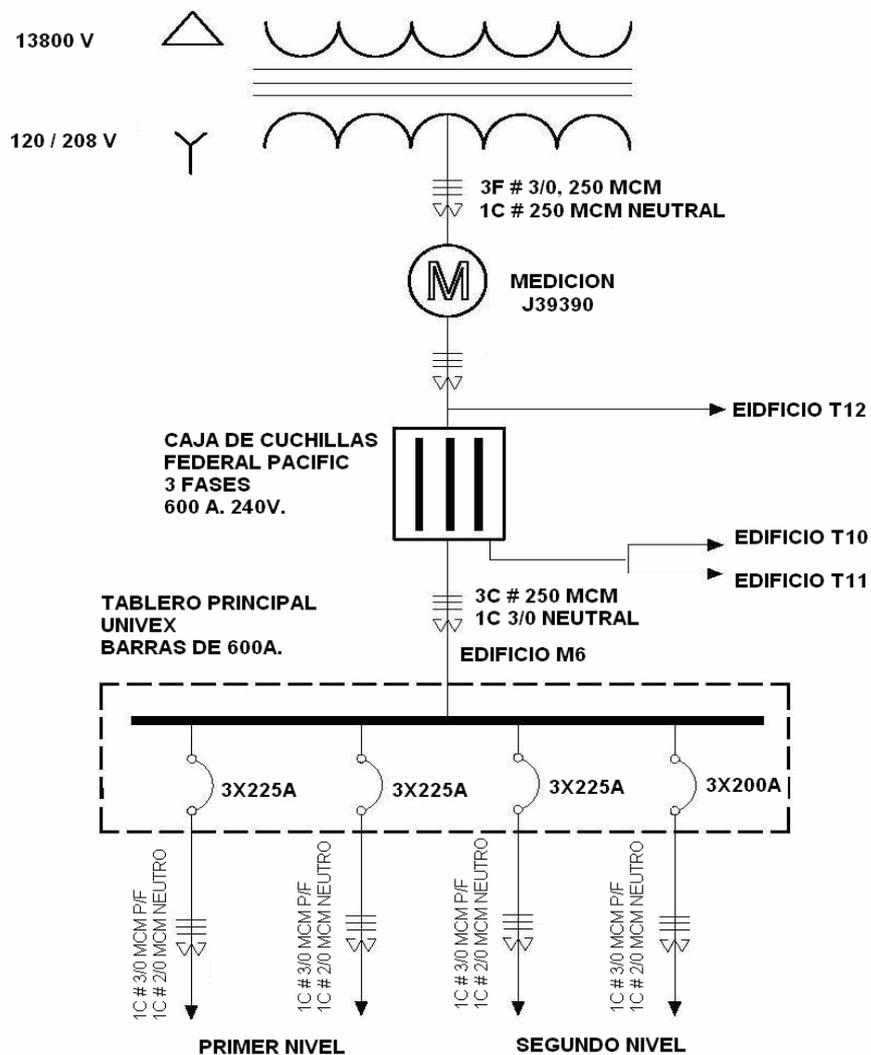


Fuente: Edificio T2, Campus Central Universitario

2.1.2 Diagrama unifilar edificio M6

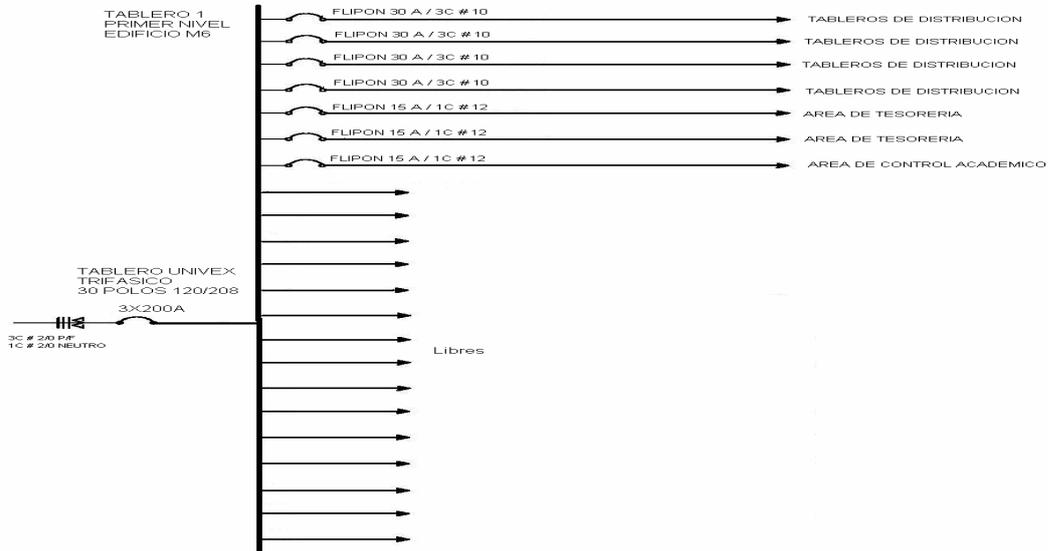
A continuación se representan los diagramas unifilares de los tableros de distribución del edificio M6

Figura 7. Diagrama unifilar edificio M6



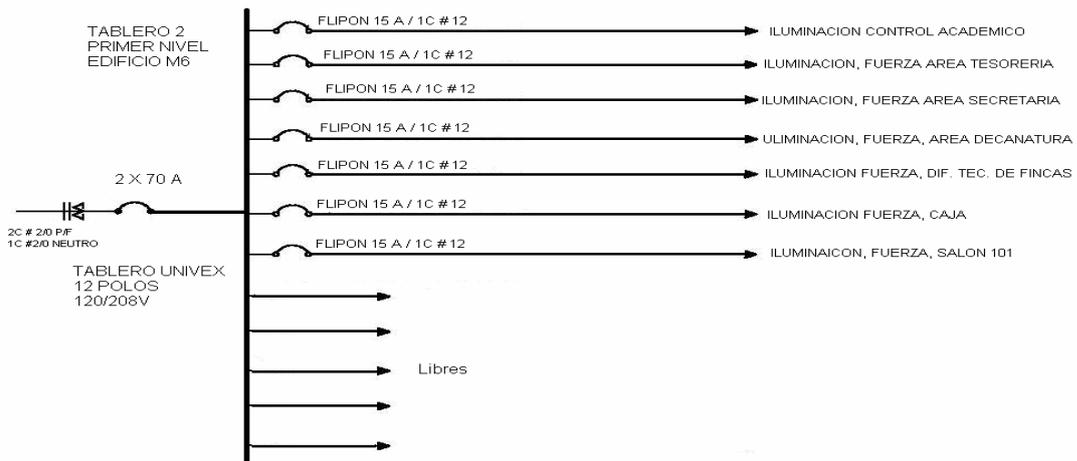
Fuente: Edificio M6, Campus Central Universitario

Figura 8. Diagrama unifilar tablero principal 1, edificio M6



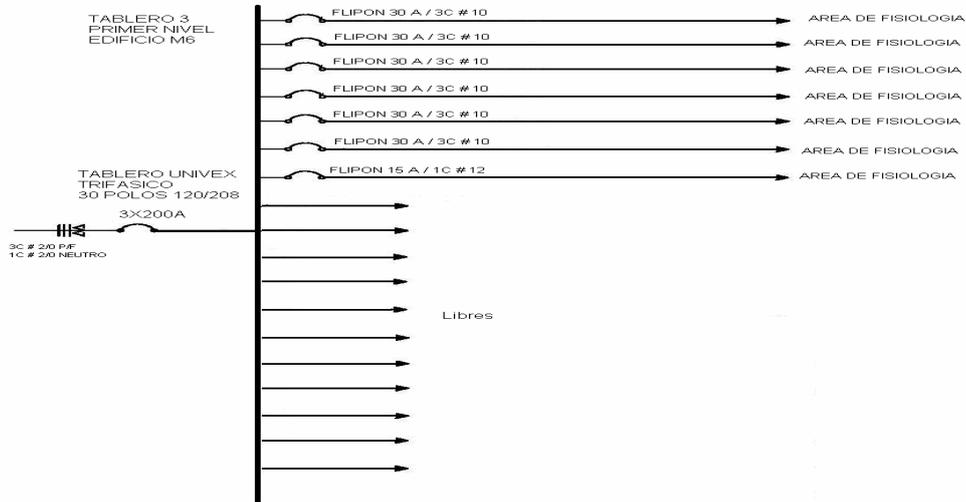
Fuente: Edificio M6, Campus Central Universitario

Figura 9. Diagrama unifilar tablero 2, primer nivel edificio M6



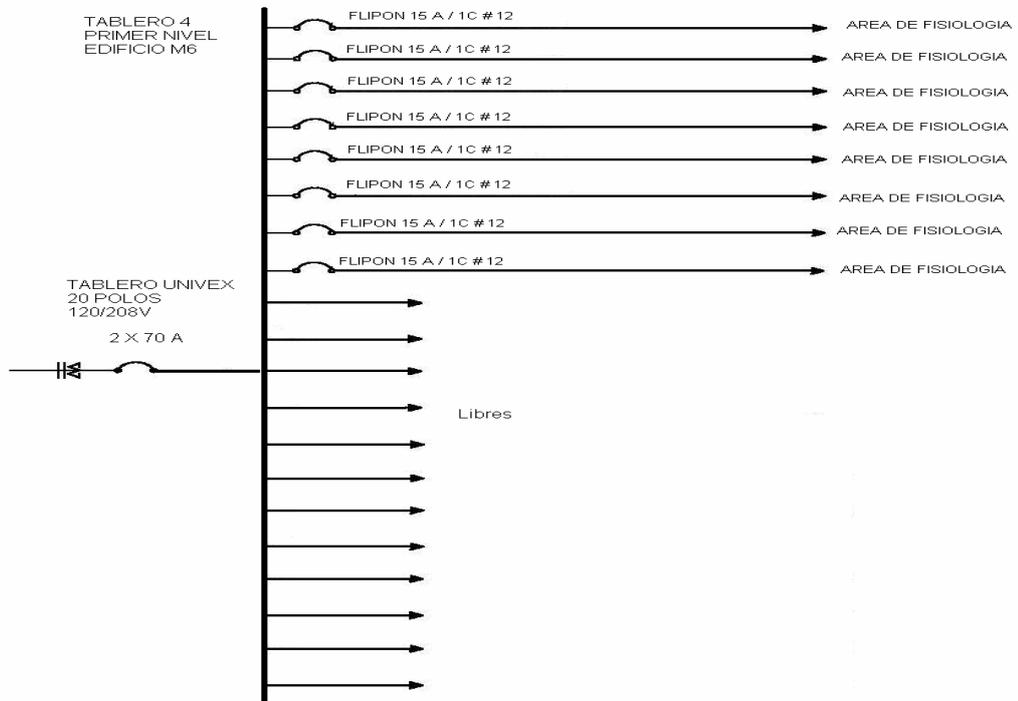
Fuente: Edificio M6, Campus Central Universitario

Figura 10. Diagrama unifilar tablero 3, primer nivel edificio M6



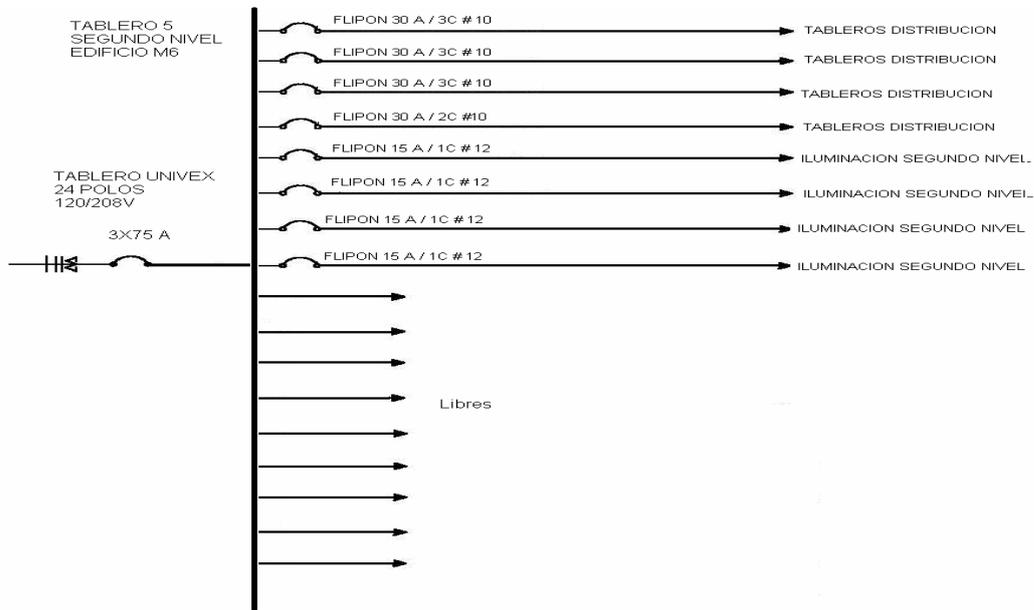
Fuente: Edificio M6, Campus Central Universitario

Figura 11. Diagrama unifilar tablero 4, primer nivel edificio M6



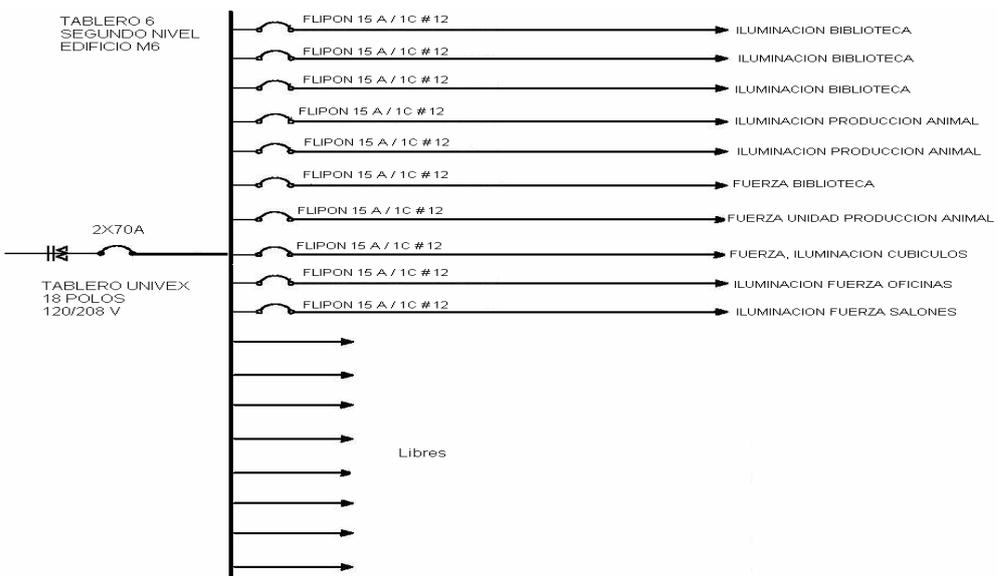
Fuente: Edificio M6, Campus Central Universitario

Figura 12. Diagrama unifilar tablero 5, segundo nivel edificio M6



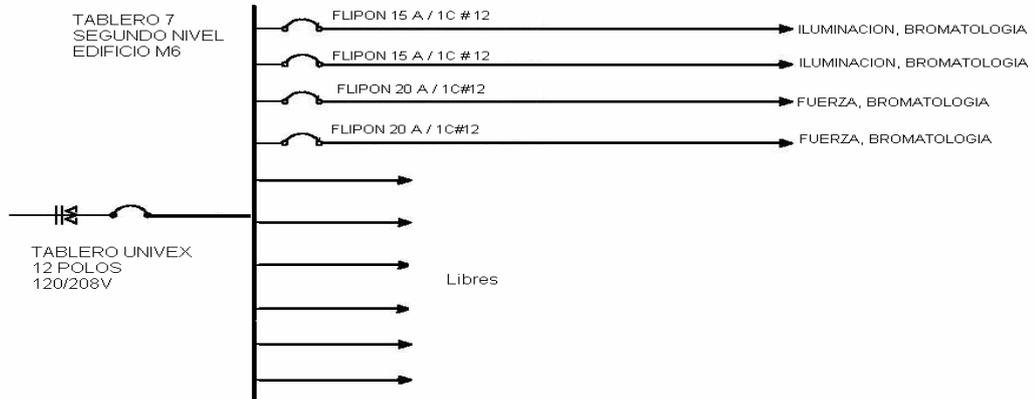
Fuente: Edificio M6, Campus Central Universitario

Figura 13. Diagrama unifilar tablero 6, segundo nivel edificio M6



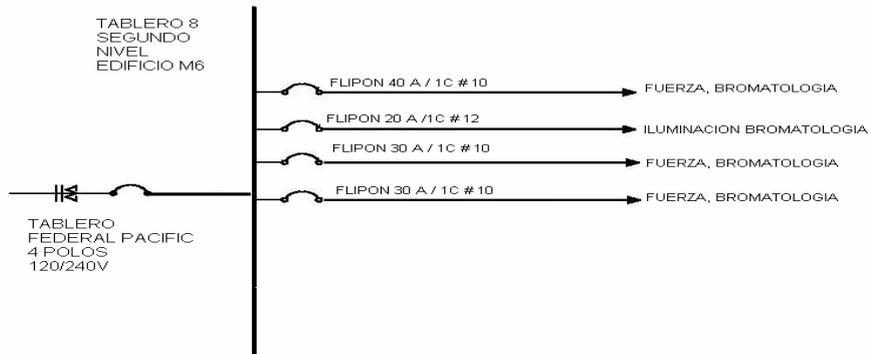
Fuente: Edificio M6, Campus Central Universitario

Figura 14. Diagrama unifilar tablero 7, segundo nivel edificio M6



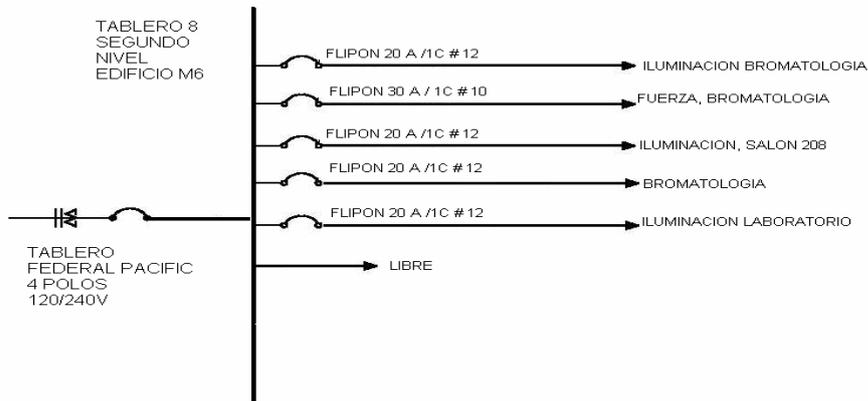
Fuente: Edificio M6, Campus Central Universitario

Figura 15. Diagrama unifilar tablero 8, segundo nivel edificio M6



Fuente: Edificio M6, Campus Central Universitario

Figura 16. Diagrama unifilar tablero 9, segundo nivel edificio M6



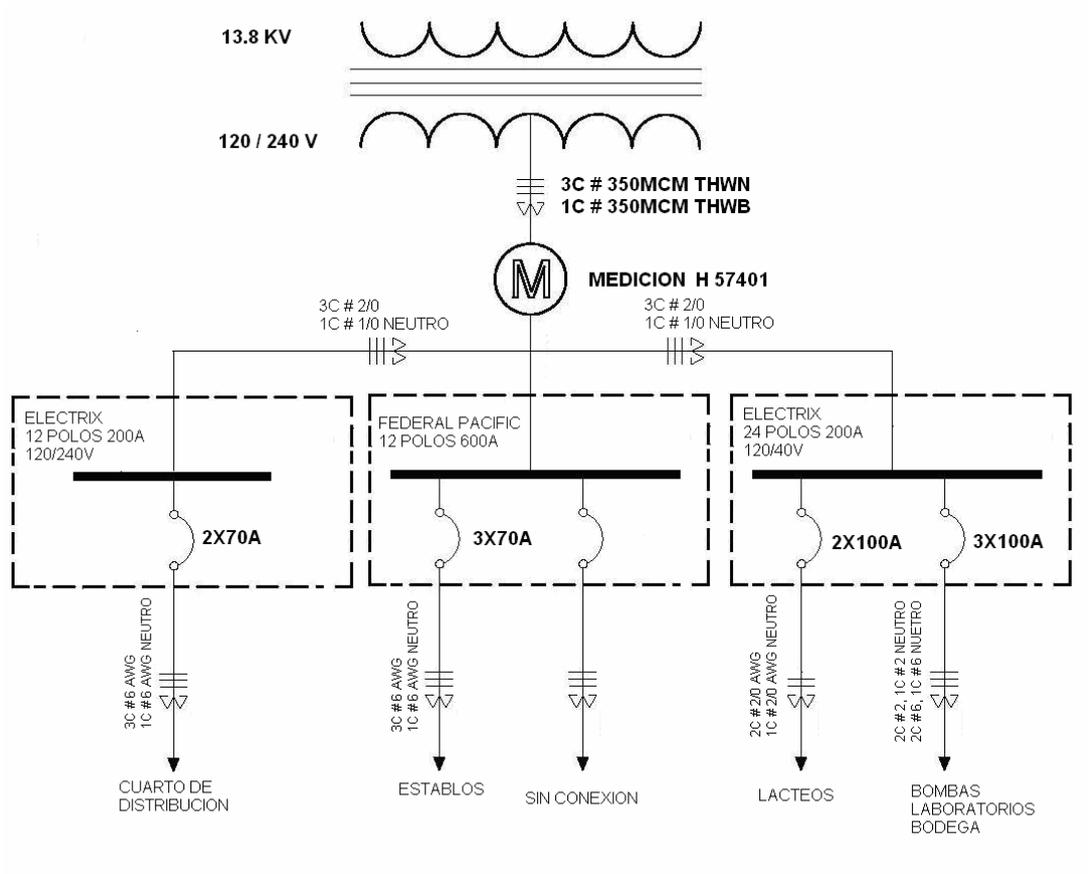
Fuente: **Edificio M6, Campus Central Universitario**

2.1.3 Diagrama Unifilar de la Granja de Veterinaria

La Granja de Veterinaria cuenta con dos acometidas que le brindan servicio eléctrico a estas instalaciones, la primera de ellas se encuentra en el área de Lácteos, y la otra en el área de Concentrados. Por consiguiente en los diagramas unifilares se darán a conocer cada una de ellas por separado, así como los diferentes tableros de distribución que posee cada sector.

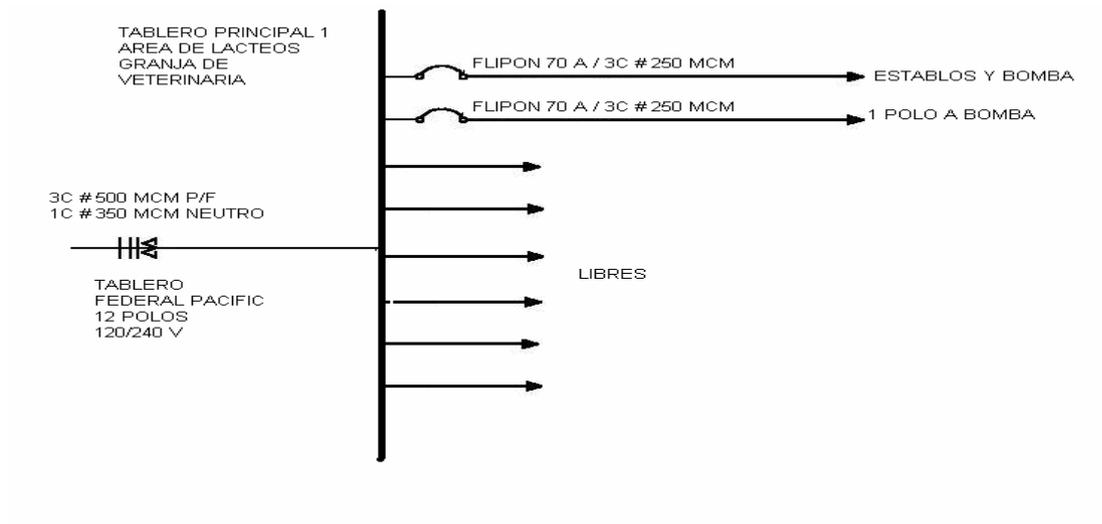
Existe una tercera acometida para el área administrativa de la granja y otros sectores que ya no pertenecen a ésta, y que no se representan en estos diagramas.

Figura 17. Diagrama unifilar: Acometida área de lácteos de la Granja de Veterinaria



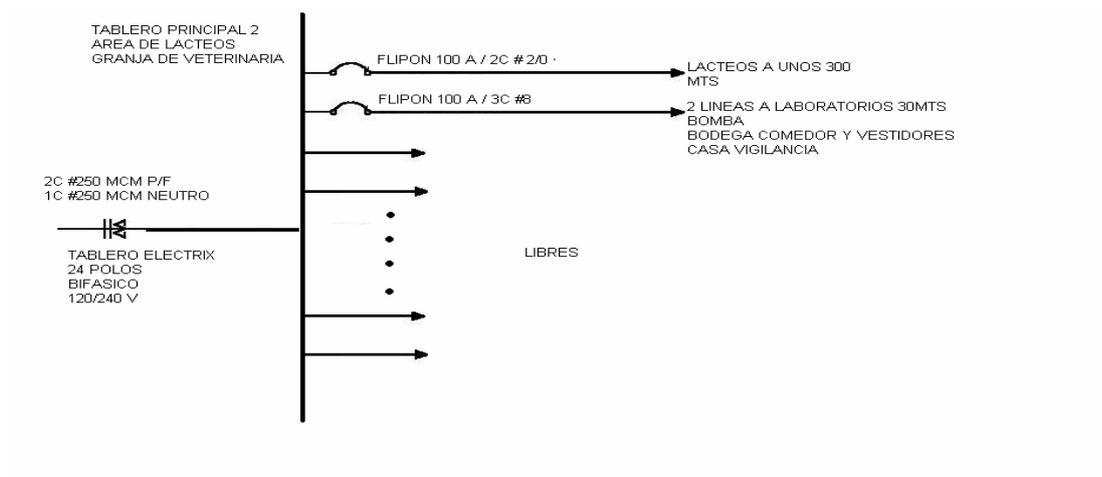
Fuente: Granja de Veterinaria, Campus Central Universitario

Figura 18. Diagrama unifilar tablero principal 1, área de Lácteos Granja de Veterinaria



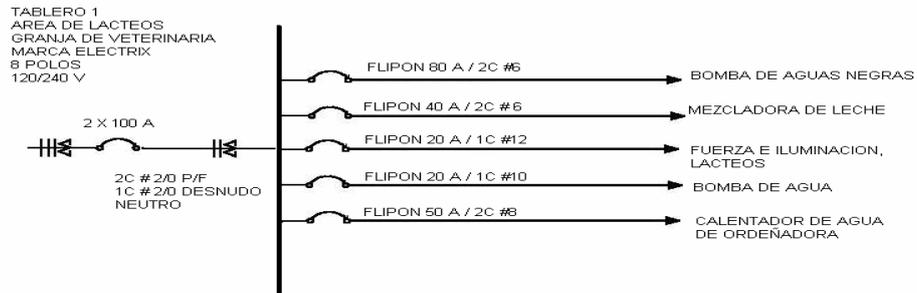
Fuente: Granja de Veterinaria, Campus Central Universitario

Figura 19. Diagrama unifilar tablero principal 2, área de Lácteos Granja de Veterinaria



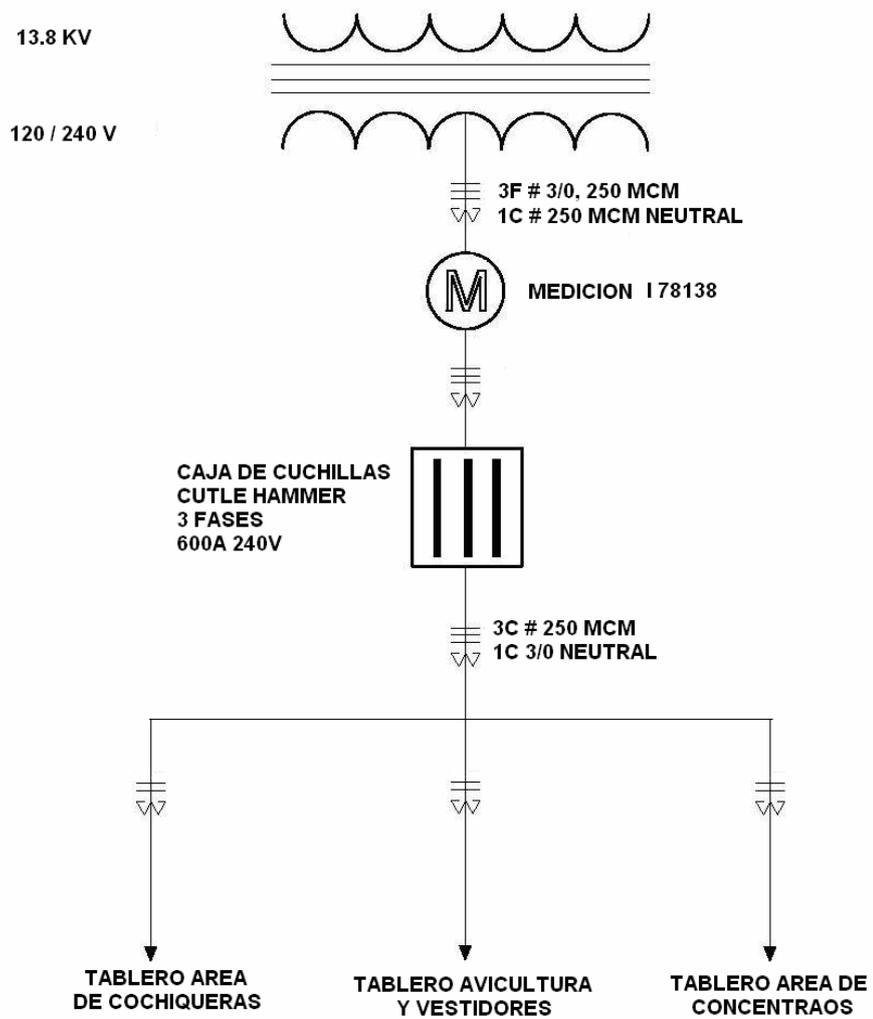
Fuente: Granja de Veterinaria, Campus Central Universitario

Figura 20. Diagrama unifilar tablero 1, área de Lácteos Granja de Veterinaria



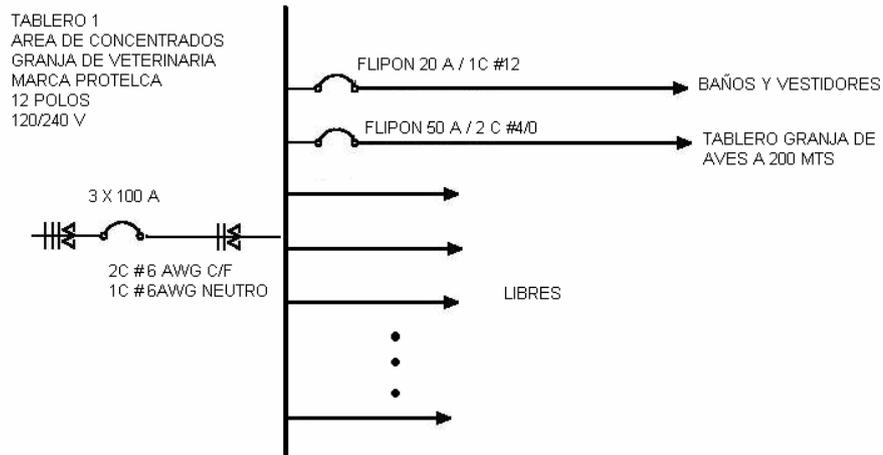
Fuente: Granja de Veterinaria, Campus Central Universitario

Figura 21. Diagrama unifilar: Acometida área de Concentrados, Granja de Veterinaria



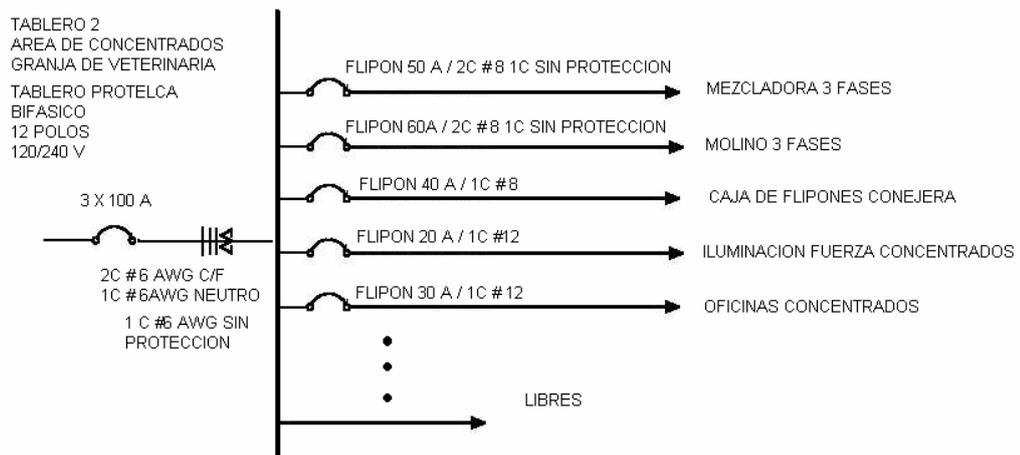
Fuente: Granja de Veterinaria, Campus Central Universitario

Figura 22. Diagrama unifilar tablero 1, área de Concentrados, Granja de Veterinaria



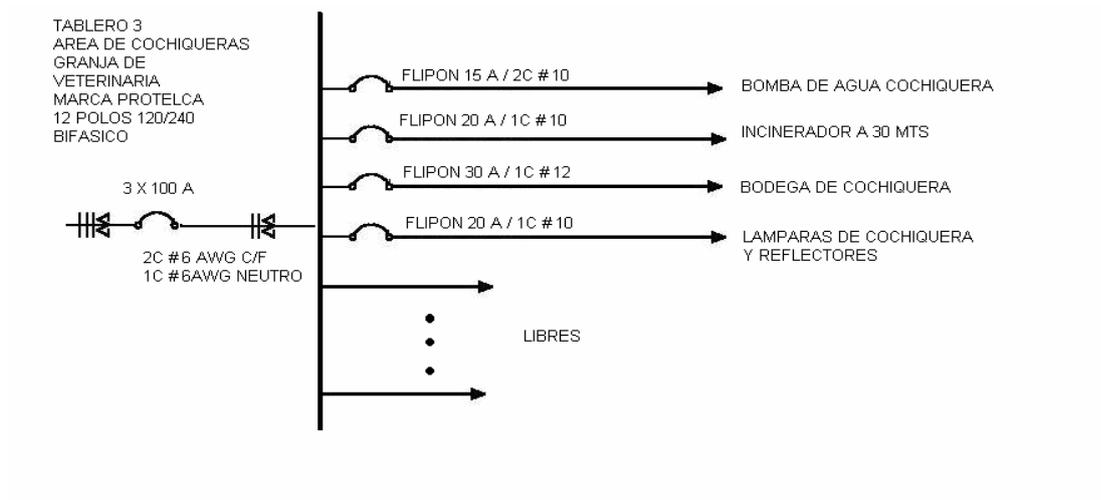
Fuente: Granja de Veterinaria, Campus Central Universitario

Figura 23. Diagrama unifilar tablero 2, área de Concentrados Granja de Veterinaria



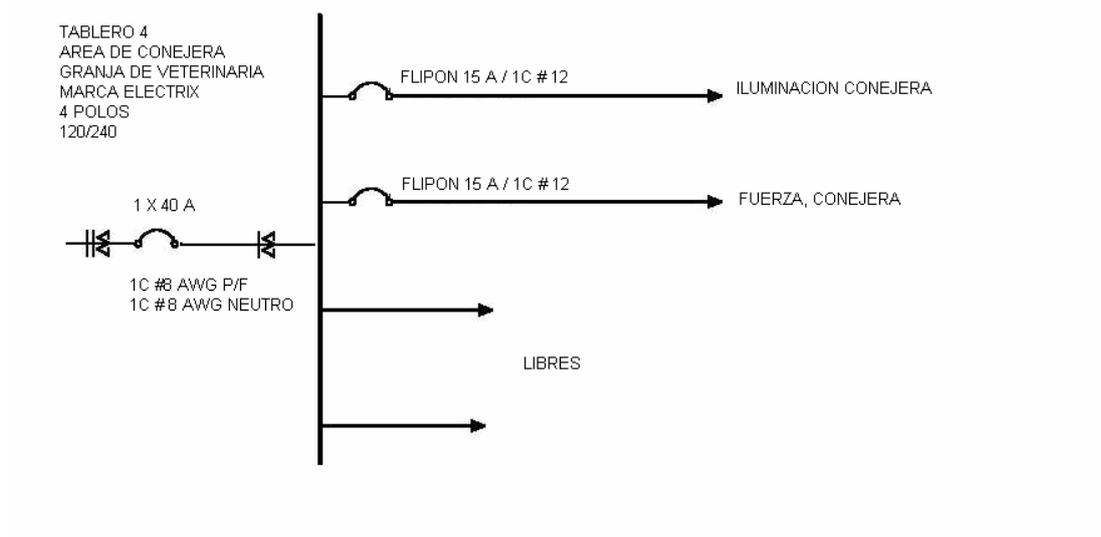
Fuente: Granja de Veterinaria, Campus Central Universitario

Figura 24. Diagrama unifilar tablero 3, área de Cochiqueras, Granja de Veterinaria



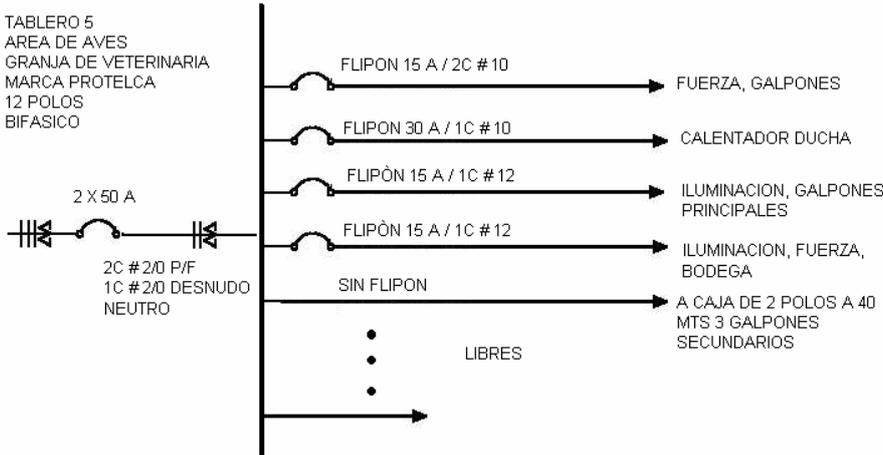
Fuente: Granja de Veterinaria, Campus Central Universitario

Figura 25. Diagrama unifilar tablero 4, área de Conejeras, Granja de Veterinaria



Fuente: Granja de Veterinaria, Campus Central Universitario

Figura 26. Diagrama inifilar tablero 5, área de Aves, Granja de Veterinaria



Fuente: Granja de Veterinaria, Campus Central Universitario

3. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS T2, M6 Y GRANJA DE VETERINARIA

3.1 Cálculo de conductores

Para el cálculo de la selección de conductores se utilizan dos métodos que son: el método de ampacidad, y el método de caída de voltaje. Al método de ampacidad también se le denomina capacidad de conducción de corriente, y se toman en cuenta tanto los factores de corriente como caída de tensión.

Estos dos factores se consideran por separado para un análisis, pero se consideran simultáneamente en la selección de un conductor, como es posible que los resultados en la selección de un conductor difieran considerando estos factores, entonces se debe tomar como bueno el que resulte de mayor sección, ya que de esta manera el conductor se comportara satisfactoriamente desde el punto de vista de caída de voltaje y cumplirá con los requerimientos de capacidad de corriente.

3.1.1 Cálculo de conductores por el Método de ampacidad.

Al método de ampacidad también se le denomina por capacidad de conducción de corriente. Los conductores eléctricos están forrados por material aislante, que por lo general contienen materiales orgánicos. Estos forros están clasificados de acuerdo con la temperatura de operación permisible, de tal forma que una misma sección de cobre puede tener diferente capacidad de

conducción de corriente, dependiendo del tipo de aislamiento que se seleccione como se indica en la tabla IX del capítulo 1, en donde aparece la capacidad de corriente de conductores aislados según el tipo de material del forro y dependiendo si el conductor esta instalado en tubería o al aire.

Los valores de la tabla IX del capítulo 1 son aplicables cuando se tienen, como máximo, 3 conductores alojados en una canalización o en un cable multiconductor. Para un número mayor de conductores, deben aplicarse los siguientes factores de corrección (excepto en casos específicos en que se indique lo contrario).

Tabla XXXV. Factores de reducción de acuerdo al número de conductores

No. de conductores	Factor de reducción de capacidad de conducción
4 a 6	80 %
7 a 24	70 %
25 a 42	60 %
Más de 42	50 %

Fuente: **Tabla 5.1 a factores de corrección por agrupamiento** Pág. 102, Eduardo Campero.

Cuando se instalen conductores de sistemas diferentes dentro de una canalización, los factores de corrección por agrupamiento anteriores solamente pueden aplicarse al número de conductores para fuerza y alumbrado.

En el caso de un conductor neutro que transporte solamente la corriente de desequilibrio de otros conductores, como en el caso de los circuitos normalmente equilibrados de tres o mas conductores, no se debe efectuar su capacidad de corriente con los factores indicados en esta tabla.

Los valores de la tabla anterior deben corregirse para temperaturas ambiente (del local o lugar en que se encuentran los conductores) mayores de 30°C de acuerdo con la siguiente tabla.

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

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

Para el cálculo de la protección del circuito se utiliza el 1.25 de la corriente nominal:

$$I_{\text{corriente del interruptor}} = 1.25 \times I_{\text{nominal del circuito}} \quad \mathbf{3.0}$$

Ejemplo: para el circuito 1 del tablero 1 del primer nivel del edificio T2 de iluminación, calcular el calibre del conductor con una potencia requerida de 1800W a 120 V y para el circuito 10 del mismo tablero, circuito de fuerza calcular su calibre con una potencia 2860 W, 120V.

Para el circuito 1 se tiene que:

$$I = P/V \text{ A}$$

$$I = 1800 / 120 = 15 \text{ A}$$

De la tabla capacidad de corriente del conductor, tabla IX se selecciona el cable # 12 THW a 75 °C que tiene una capacidad de 20 amperios.

Aplicando los factores de corrección tenemos que para la temperatura ambiente de 31-40 se aplica el 0.88 con una temperatura máxima en el aislamiento de 75°C aplicando el factor de corrección por números de conductores de 7 a 24 conductores se aplica el 0.7.

$$I = 20 * 0.88 * 0.7 = 12.32 \text{ A}$$

Para el circuito 10 se tiene

$$I = P/V \text{ A}$$

$$I = 2860 / 120 = 23.83 \text{ A}$$

De la tabla capacidad de corriente del conductor se selecciona el cable # 10 THW a 75 °C que tiene una capacidad de 30 amperios.

Aplicando los factores de corrección tenemos que para la temperatura ambiente de 31-40 se aplica el 0.88, aplicando el factor de corrección por números de conductores de 7 a 24 conductores se aplica el 0.7.

$$I = 30 * 0.88 * 0.7 = 18.48 \text{ A}$$

Por lo tanto, el calibre # 10 tiene la capacidad de conducción para la corriente en este circuito ya que tiene un margen para las sobrecargas que puedan existir.

3.1.2 Cálculo de conductores por regulación de Voltaje

Se le llama caída de voltaje a la diferencia que existe entre el voltaje aplicado al extremo alimentador de una instalación y el obtenido en cualquier otro punto de la misma, cuando esta circulando la corriente nominal:

$$\Delta V = V_A - V_T$$

Si se expresa en por ciento se le conoce como regulación de voltaje:

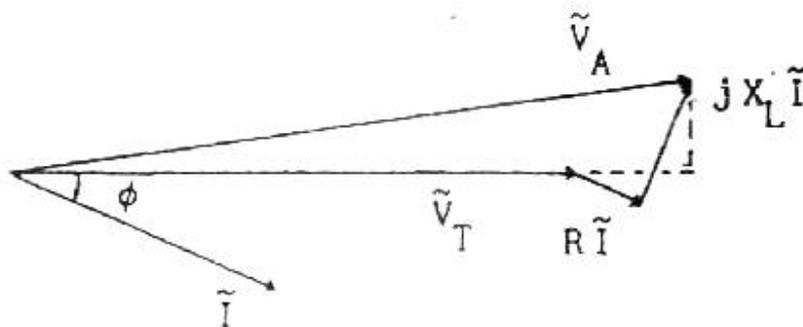
$$e = \frac{\Delta V}{V_{no\ min\ al}} * 100(\%) \quad 3.1$$

La caída de voltaje máxima permitida por las NTIE es 3% para el circuito alimentador o principal y de 3% para el circuito derivado, sin que los dos circuitos juntos sobrepasaran el 5%.

Si se considera la transmisión de cierta potencia, a través de un alimentador que contenga resistencia y reactancia (inductiva o capacitiva), se puede construir un diagrama fasorial mostrado en la siguiente figura.

$$\tilde{V} = V_t + R \cdot \tilde{I} + j \cdot X_L \cdot \tilde{I} \quad 3.2$$

Figura 27. Diagrama Fasorial



Fuente: Eduardo Campero Littlewood. **Instalaciones eléctricas. Conceptos básicos y diseño**, Pág. 75

En el caso de alimentadores caracterizados por una reactancia capacitiva se deben cambiar a la siguiente fórmula y por ende cambia el dibujo.

$$j \cdot X_L \cdot \tilde{I} \quad \text{Por} \quad -j \cdot X_C \cdot \tilde{I}$$

Debido a que:

$$\Delta V = |V_A| - |V_T|$$

Es una cantidad bastante pequeña, se acostumbra tomar solamente las componentes proyectadas sobre el voltaje de terminal de tal forma que:

$$\Delta V = V_A - V_T = R \cdot I \cos\phi + X_L \cdot I \sin\phi \quad 3.3$$

El valor de la componente reactiva depende de las distancias de separación entre los conductores y del tipo de forro, por lo que su valor debería calcularse para cada alimentador. Sin embargo para baja tensión y en calibres hasta de 4/0 AWG, la componente reactiva es bastante pequeña comparada con la resistiva, por lo que puede desprejarse.

En estas condiciones se puede expresar la regulación de voltaje en términos de la Ley de Ohm.

$$\Delta V = R \cdot I = \rho \frac{L \cdot I}{S} \quad 3.4$$

Combinando la ecuación 3.1 y 3.4 resulta:

$$S = \rho \frac{L \cdot I}{e \cdot V} \cdot 100 \quad 3.5$$

Donde:

S = Área o sección transversal (conductora del alimentador) en m.m.²

ρ = Resistividad específica del material conductor en (ohms*m.m.²/m.).

I = Corriente de carga en Amperios.

L = Longitud del alimentador en metros.

e = Caída de voltaje permitida en por ciento.

V = Voltaje aplicado en Voltios (normalmente el voltaje nominal).

Considerando que la mayoría de alimentadores son de cobre de 100% de conductividad IACS (International Annelad Copper Standard) y suponiendo una temperatura de operación de 60 °C se tiene que $\rho = 1/50$. por lo que para obtener la sección de conductores de cobre se utiliza la siguiente expresión:

$$S_{cu} = \frac{2 \cdot c \cdot L \cdot I}{e \cdot V} \quad 3.6$$

Para circuitos monofásicos y bifásicos $c = 2$ (debido a que existe un hilo de retorno); para circuitos trifásicos $c = \sqrt{3}$ ya que el voltaje nominal corresponde al voltaje entre fases.

$$V_{no\ min\ al} = \sqrt{3} * V_{fase-neutro}$$

La sección obtenida se compara con la de los diferentes calibres y se especifica aquel que tenga un área transversal igual o mayor.

Ejemplo: Calcular los conductores para los circuitos 1 y 10 de iluminación y fuerza respectivamente, del tablero 1 del primer nivel del edificio T2. circuito 1 potencia 1800W, 120V, distancia 15m, circuito 10 fuerza potencia 2860 W, 120 V, a 20m. Se tiene una caída de tensión del 3% del voltaje nominal, el circuito es monofásico con conductor de cobre.

Para el circuito 1

$$L = 15$$

$$P = 1800\ W$$

$$I = P / V \quad I = 1800 / 120 = 15\ A$$

$$e = 3\% * V_{nominal} \quad e = 0.3 * 120 = 3.6\ V$$

Entonces de la ecuación 3.6 se tiene

$$S_{cu} = \frac{2 * 2 * 15 * 15}{3.6 * 120} = 2.08\ mm^2$$

Según la tabla VII nos indica que se debe seleccionar un conductor de # 12 AWG.

Para comprobar lo anterior se tiene que para el calibre # 12 el área es de 3.31 mm^2 a 15 m de distancia del tablero se tiene:

$$e = \frac{2 * 2 * 15 * 15}{3.31 * 120} = 2.26 \text{ V}$$

Con lo anterior se comprueba que el cable calibre # 12 cumple con la capacidad de conducción para este circuito de iluminación ya que tiene una caída de voltaje del 2.26 V menor a al requerido.

Para el circuito 10 del tablero 1 del primer nivel del edificio T2 se tiene:

$$L = 20 \text{ m}$$

$$P = 2860 \text{ W}$$

$$I = P / V \quad I = 2860 / 120 = 23.83 \text{ A}$$

$$e = 3\% * V_{\text{nominal}} \quad e = 0.03 * 120 = 3.6 \text{ V}$$

de la ecuación 3.6 se obtiene la sección del conductor de cobre

$$S_{cu} = \frac{2 * 2 * 20 * 23.83}{3.6 * 120} = 4.41 \text{ mm}^2$$

El resultado nos indica que se debe seleccionar un conductor de 4.41 mm², en este caso es el # 10 que es el más próximo en AWG.

Para comprobar se observa que para el calibre # 10 tiene un área de 5.26mm², a 20 m de distancia del tablero se tiene:

$$e = \frac{2 * 2 * 20 * 23.83}{5.26 * 120} = 3.0 \text{ V}$$

Se comprueba entonces que el cable calibre # 10 cumple con la capacidad de conducción para este circuito de fuerza ya que tiene una caída de voltaje de 3.0 V, que es menor a la requerida.

En las siguientes tablas se dan a conocer los números o calibres de conductores de los circuitos de los edificios T2, M6 y las instalaciones de la Granja de Veterinaria, obtenidos por medio del método de ampacidad y el método de caída de tensión.

Tabla XXXVII. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 1, primer nivel edificio T2

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	30	120	10	1800	15.00	12	15	2.08	12	Iluminación, Fuerza
2	40	240	10	4800	20.00	10	24	2.22	12	Fuerza
3	30	120	12	960	8.00	14	33	2.44	10	Iluminación
4	30	120	12	2500	20.83	10	25	4.82	10	Iluminación, Fuerza
5	20	120	12	1090	9.08	14	19	1.60	14	Fuerza
6	20	120	12	350	2.92	14	51	1.38	14	Fuerza
7	20	120	12	1920	16.00	12	32	4.74	10	Iluminación
8	20	120	12	1920	16.00	12	31	4.59	8	Iluminación
9	30	120	12	2860	23.83	10	10	2.21	12	Iluminación, Fuerza
10	30	120	10	2500	20.83	10	20	3.86	10	Fuerza
11	30	120	10	1800	15.00	12	25	3.47	10	Fuerza
12	20	120	12	1280	10.67	14	22	2.17	12	Iluminación
13	40	240	10	5500	22.92	10	35	3.71	10	Fuerza
14	30	120	10	2200	18.33	12	15	2.55	12	Iluminación
15	30	120	10	1800	15.00	12	32	4.44	10	Iluminación, Fuerza
16	20	120	12	1140	9.50	14	37	3.25	12	Iluminación, Fuerza
17	20	120	12	960	8.00	14	35	2.59	12	Iluminación
18	20	120	12	960	8.00	14	32	2.37	12	Iluminación
19	40	120	10	3200	26.67	10	16	3.95	10	Fuerza
20	20	120	12	1800	15.00	12	36	5.00	10	Iluminación, Fuerza
21	20	120	12	1600	13.33	12	26	3.21	12	Iluminación
22	20	120	12	1090	9.08	14	31	2.61	12	Fuerza
23	30	120	10	2600	21.67	10	16	3.21	12	Fuerza
24	20	120	12	1800	15.00	12	15	2.08	12	Fuerza
25	20	120	12	1800	15.00	12	16	2.22	12	Fuerza
26	40	120	10	2500	20.83	10	24	4.63	10	Fuerza
27	20	240	10	5600	23.33	10	35	3.78	10	Fuerza

Fuente. Instalaciones edificio T1

Tabla XXXVIII. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 2, primer nivel edificio T2

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	30	240	10	5200	21.67	10	25	2.51	12	Fuerza
2	20	240	10	3600	15.00	12	35	2.43	12	Fuerza
3	20	120	12	1800	15.00	12	16	2.22	12	Fuerza
4	20	120	12	1800	15.00	12	16	2.22	12	Fuerza
5	20	120	12	1090	9.08	14	30	2.52	12	Fuerza
6	20	120	12	1090	9.08	14	30	2.52	12	Fuerza
7	20	120	12	1090	9.08	14	35	2.94	12	Fuerza
8	20	120	12	1090	9.08	14	45	3.78	10	Fuerza
9	20	120	12	1800	15.00	12	22	3.06	12	Fuerza
10	20	120	12	640	5.33	14	20	0.99	14	Iluminación
11	20	120	12	640	5.33	14	55	2.72	12	Iluminación
12	20	120	12	960	8.00	14	40	2.96	12	Iluminación
13	20	120	12	1800	15.00	12	22	3.06	12	Fuerza
14	30	240	10	3600	15.00	12	22	1.53	14	Fuerza
15	20	240	10	3600	15.00	12	40	2.78	12	Fuerza
16	20	120	12	960	8.00	14	30	2.22	12	Iluminación
17	20	120	12	960	8.00	14	35	2.59	12	Iluminación
18	20	120	12	960	8.00	14	40	2.96	12	Iluminación
19	20	120	12	960	8.00	14	43	3.19	12	Iluminación
20	20	120	12	960	8.00	14	33	2.44	12	Iluminación
21	20	120	12	960	8.00	14	35	2.59	12	Iluminación
22	20	120	12	960	8.00	14	42	3.11	12	Iluminación
23	20	120	12	960	8.00	14	40	2.96	12	Iluminación
24	20	120	12	960	8.00	14	25	1.85	14	Iluminación
25	20	120	12	960	8.00	14	25	1.85	12	Iluminación

Fuente. Instalaciones edificio T1

Tabla XXXIX. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 3, segundo nivel edificio T2

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	20	120	12	1200	10.00	14	16	1.48	14	ILUMINACIÓN
2	20	120	12	1800	15.00	12	15	2.08	12	FUERZA
3	20	120	12	1200	10.00	14	15	1.39	14	ILUMINACIÓN
4	20	120	12	960	8.00	14	15	1.11	14	ILUMINACIÓN
5	20	120	12	960	8.00	14	30	2.22	12	ILUMINACIÓN
6	20	120	12	960	8.00	14	35	2.59	12	ILUMINACIÓN
7	20	120	12	600	5.00	14	50	2.31	12	FUERZA
8	20	120	12	600	5.00	14	35	1.62	14	FUERZA
9	20	120	12	960	8.00	14	35	2.59	12	ILUMINACIÓN
10	20	120	12	640	5.33	14	35	1.73	14	FUERZA
11	20	120	12	1200	10.00	14	45	4.17	10	ILUMINACIÓN
12	20	120	12	1200	10.00	14	45	4.17	10	ILUMINACIÓN
13	20	120	12	600	5.00	14	48	2.22	12	FUERZA
14	20	120	12	600	5.00	14	48	2.22	12	FUERZA
15	50	240	6	6000	25.00	10	20	2.31	12	FUERZA
16	50	120	6	4500	37.50	8	20	6.94	8	FUERZA
17	100	240	2	16000	66.67	4	45	13.89	4	FUERZA
18	20	120	12	1200	10.00	14	23	2.13	12	ILUMINACIÓN
19	40	120	10	2000	16.67	12	23	3.55	10	FUERZA
20	20	120	12	1000	8.33	14	40	3.09	12	ILUMINACIÓN
21	20	120	12	1000	8.33	14	40	3.09	12	ILUMINACIÓN
22	20	120	12	600	5.00	14	55	2.55	12	FUERZA
23	20	120	12	960	8.00	14	45	3.33	10	ILUMINACIÓN
24	20	120	12	800	6.67	14	45	2.78	12	FUERZA
25	20	120	12	960	8.00	14	30	2.22	12	ILUMINACIÓN
26	20	120	12	960	8.00	14	25	1.85	14	ILUMINACIÓN
27	20	120	12	1500	12.50	14	28	3.24	12	FUERZA
28	20	120	12	1500	12.50	14	22	2.55	12	FUERZA
29	20	120	12	1200	10.00	14	16	1.48	14	ILUMINACIÓN
30	20	120	12	1200	10.00	14	16	1.48	14	FUERZA
31	20	120	12	1090	9.08	14	22	1.85	14	FUERZA
32	20	120	12	740	6.17	14	26	1.48	14	FUERZA
33	40	240	10	4500	18.75	12	35	3.04	12	FUERZA

Fuente. Instalaciones edificio T1

Tabla XL. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 4, segundo nivel edificio T2

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	20	120	12	960	8.00	14	41	3.04	12	Iluminación
2	20	120	12	960	8.00	14	41	3.04	12	Iluminación
3	20	120	12	860	7.17	14	41	2.72	12	Fuerza
4	20	120	12	1090	9.08	14	38	3.20	12	Iluminación
5	20	120	12	960	8.00	14	41	3.04	12	Iluminación
6	20	120	12	1090	9.08	14	38	3.20	12	Fuerza
7	20	120	12	960	8.00	14	30	2.22	12	Iluminación
8	20	120	12	960	8.00	14	31	2.30	12	Iluminación
9	20	120	12	860	7.17	14	32	2.12	12	Fuerza
10	20	120	12	800	6.67	14	50	3.09	12	Iluminación
11	20	120	12	800	6.67	14	50	3.09	12	Iluminación
12	20	120	12	600	5.00	14	46	2.13	12	Fuerza
13	20	120	12	960	8.00	14	16	1.19	14	Iluminación
14	20	120	12	960	8.00	14	18	1.33	14	Iluminación
15	20	120	12	960	8.00	14	20	1.48	14	Iluminación
16	20	120	12	600	5.00	14	23	1.06	14	Fuerza
17	20	120	12	600	5.00	14	13	0.60	14	Fuerza
18	20	120	12	960	8.00	14	32	2.37	12	Iluminación
19	20	120	12	600	5.00	14	33	1.53	14	Fuerza
20	20	120	12	480	4.00	14	35	1.30	14	Iluminación
21	20	120	12	480	4.00	14	40	1.48	14	Iluminación
22	20	120	12	480	4.00	14	38	1.41	14	Iluminación
23	20	120	12	960	8.00	14	50	3.70	10	Iluminación
24	20	120	12	960	8.00	14	51	3.78	10	Iluminación
25	20	120	12	960	8.00	14	58	4.30	10	Iluminación
26	20	120	12	960	8.00	14	58	4.30	10	Iluminación
27	20	120	12	960	8.00	14	58	4.30	10	Iluminación
28	20	120	12	600	5.00	14	57	2.64	12	Fuerza
29	20	120	12	600	5.00	14	57	2.64	12	Fuerza
30	20	120	12	600	5.00	14	51	2.36	12	Fuerza
31	20	120	12	600	5.00	14	51	2.36	12	Fuerza

Fuente. Instalaciones edificio T1

Tabla XLI. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 2, primer nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	15	120	12	1800	15.00	12	60	8.33	8	Iluminación, fuerza
2	15	120	12	1800	15.00	12	47	6.53	8	Iluminación, fuerza
3	15	120	12	1800	15.00	12	52	7.22	8	Iluminación, fuerza
4	15	120	12	1800	15.00	12	58	8.06	8	Iluminación, fuerza
5	15	120	12	1800	15.00	12	25	3.47	10	Iluminación, fuerza
6	15	120	12	1800	15.00	12	15	2.08	12	Iluminación, fuerza
7	15	120	12	1800	15.00	12	36	5.00	10	Iluminación, fuerza

Fuente. Instalaciones edificio M6

Tabla XLII. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 4, primer nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	15	120	12	11.67	14	50	4.05	10	Iluminación
2	15	120	12	11.67	14	40	3.24	12	Iluminación
3	15	120	12	11.67	14	30	2.43	12	Iluminación
4	15	120	12	11.67	14	20	1.62	14	Iluminación
5	15	120	12	15.00	12	50	5.21	10	Fuerza
6	15	120	12	15.00	12	40	4.17	10	Fuerza
7	15	120	12	15.00	12	30	3.13	12	Fuerza
8	15	120	12	15.00	12	20	2.08	12	Fuerza

Fuente. Instalaciones edificio M6

Tabla XLIII. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 6, segundo nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	15	120	12	1780	14.83	12	25	2.58	12	Iluminación
2	15	120	12	1780	14.83	12	25	2.58	12	Iluminación
3	15	120	12	1780	14.83	12	25	2.58	12	Iluminación
4	15	120	12	1800	15.00	12	50	5.21	10	Iluminación
5	15	120	12	1800	15.00	12	45	4.69	10	Iluminación
6	15	120	12	1280	10.67	14	30	2.22	12	Iluminación
7	15	120	12	1280	10.67	14	35	2.59	12	Iluminación
8	15	120	12	1800	15.00	12	20	2.08	12	Fuerza
9	15	120	12	1800	15.00	12	50	5.21	10	Fuerza
10	15	120	12	1600	13.33	14	40	3.70	10	Iluminación, fuerza
11	15	120	12	1600	13.33	14	35	3.24	12	Iluminación, fuerza
12	15	120	12	1600	13.33	14	33	3.06	12	Iluminación, fuerza

Fuente. Instalaciones edificio M6

Tabla XLIV. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 7, segundo nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	15	120	12	1920	16.00	12	25	2.78	12	Iluminación
2	15	120	12	1920	16.00	12	22	2.44	12	Iluminación
3	20	120	12	1800	15.00	12	30	3.13	12	Fuerza
4	20	120	12	1800	15.00	12	25	2.60	12	Fuerza

Fuente. Instalaciones edificio M6

Tabla XLV. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 8, segundo nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	40	120	10	1800	15.00	12	35	3.65	10	Fuerza
2	20	120	12	1920	16.00	12	33	3.67	10	Iluminación
3	30	120	10	1800	15.00	12	35	3.65	10	Fuerza
4	30	120	10	1800	15.00	12	50	5.21	10	Fuerza

Fuente. Instalaciones edificio M6

Tabla XLVI. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 9, segundo nivel edificio M6

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	20	120	12	1920	16.00	12	25	2.78	12	Iluminación
2	30	120	10	1920	16.00	12	40	4.44	10	Iluminación
3	20	120	12	1920	16.00	12	45	5.00	10	Iluminación
4	20	120	12	1800	15.00	12	30	3.13	12	Fuerza
5	20	120	12	1800	15.00	12	38	3.96	10	Fuerza

Fuente. Instalaciones edificio M6

Tabla XLVII. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero principal 2, área de Lácteos Granja de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	100	240	2/0	16000	66.67	4	300	92.59	4/0	subtableros
2	100	240	8	10000	41.67	8	30	5.79	8	subtableros

Fuente. Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla XLVIII. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 1, área de Lácteos Granja de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	80	240	6	5000	20.83	10	25	2.41	12	Fuerza
2	40	240	6	5200	21.67	10	28	2.81	12	Fuerza
3	20	120	12	1800	15.00	12	20	2.78	12	Iluminación fuerza
4	20	120	10	2000	16.67	12	22	3.40	10	Fuerza
5	50	240	8	5800	24.17	10	20	2.24	12	Fuerza

Fuente. Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla XLIX. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 1, área de Concentrados Granja de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	20	120	12	1800	15.00	12	15	2.08	12	Iluminación, fuerza
2	50	240	4/0	10000	41.67	8	202	38.97	1/0	subtablero

Fuente. Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla L. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 2, área de Concentrados Granja de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	50	240	8	7000	29.17	10	25	3.38	10	Fuerza
2	60	240	8	6000	25.00	10	25	2.89	12	Fuerza
3	40	120	8	2500	20.83	10	60	11.57	6	subtablero
4	20	120	12	1800	15.00	12	25	3.47	10	Iluminación, fuerza
5	30	120	12	1800	15.00	12	25	3.47	10	iluminación, fuerza

Fuente. Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla LI. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 3, área de Cochiqueras Granja de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	15	240	10	2000	8.33	14	15	0.58	14	Fuerza
2	20	120	10	1900	15.83	12	30	4.40	10	Fuerza
3	30	120	12	1800	15.00	12	10	1.39	14	Iluminación, fuerza
4	20	120	10	2500	20.83	10	50	9.65	6	Iluminación, fuerza

Fuente. Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla LII. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 4, área de conejeras Granja de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	15	120	12	2250	18.75	12	15	2.60	12	Iluminación
2	15	120	12	1800	15.00	12	15	2.08	12	Fuerza

Fuente. Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla LIII. Cálculo conductores por método de Ampacidad y Caída de tensión del tablero 5, área de Aves Granja de Veterinaria

CIRCUITO	PROTECCIÓN (AMP)	VOLTAJE (V)	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	POTENCIA (W)	CORRIENTE (A)	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	DISTANCIA (m)	ÁREA CALCULADA (mm ²)	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	15	240	10	4000	16.67	12	63	4.86	10	Fuerza
2	30	120	10	4000	33.33	8	15	4.63	10	Fuerza
3	15	120	12	800	6.67	14	63	3.89	10	Iluminación
4	15	240	12	1800	7.50	14	15	0.52	14	Iluminación, fuerza
5	Sin fiipon	120	10	3000	25.00	10	40	9.26	6	fuerza

Fuente. Instalaciones Granja de Veterinaria

3.2 Cálculo de tuberías

Los conductores eléctricos están limitados en su capacidad de conducción de corriente por razones de calentamiento al existir limitaciones en la disipación de calor y debido a que el aislamiento impone una fuerte restricción debido a sus limitaciones térmicas.

Por esta razón el número de conductores dentro de un tubo conduit tiene que ser restringido de tal forma que permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit de manera que facilite el alojamiento y manipulación durante la instalación de los conductores y se considere también la cantidad de aire necesario para que los conductores se mantengan a temperaturas adecuadas en base de un buen enfriamiento. Estas condiciones se logran estableciendo una relación adecuada entre las secciones del tubo y los conductores.

Si A es el área interior del tubo en mm² o plg² y a es el área total de los conductores, el factor de relleno es:

$$f_r = \frac{a}{A} \quad 3.7$$

Este factor de relleno tiene valores establecidos para instalaciones que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla LIV. Factor de relleno para selección de tubería según número de conductores

Número de conductores	Factor de relleno en %
1	53
2	31
3	43
4 o mas	40

Fuente: Gilberto Enríquez Harper. **Manual de instalaciones eléctricas. Pág 85**

Para el cálculo de la tubería de la instalación eléctrica se debe tomar en cuenta el factor de arreglo de 0.8 según norma NEC, esto es debido a que el área del conductor de cobre no es igual al área del conductor forrado, de esta forma se obtiene la ecuación para obtener el diámetro de la tubería tomando en cuenta estos factores.

$$\phi_{tuberia} = \sqrt{\frac{4 \sum A_{conductores}}{\pi \times fa \times fr}} \quad 3.8$$

Donde:

Φ : diámetro del conductor

A: área total de los conductores

fa: factor de arreglo

fr: factor de relleno igual a 0.8 por norma NEC

Debe tomarse en cuenta la relación entre la suma total de las secciones transversales de los conductores (incluyendo el aislamiento) y el área transversal del tubo, esta relación se le llama factor de relleno.

Tabla LV. Número máximo de conductores en una tubería

CALIBRE	TAMAÑO DEL TUBO CONDUIT												
	A.W.G.	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"
M.C.M.	13mm	19mm	25mm	31mm	38mm	51mm	64mm	76mm	89mm	101mm	127mm	152mm	
18	13	24	39	68	92								
16	11	19	31	54	74								
14	9	13	25	44	60	99							
12	7	12	20	34	47	78							
10	5	9	15	26	36	60	85						
8	6	5	8	14	20	32	46	72					
6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62			
4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	46	63		
2	1	1	1	4	5	9	12	20	26	34	54	78	
1	0	1	1	2	4	6	8	14	19	25	39	57	
0	0	1	1	2	3	5	8	12	16	21	33	45	
00	0	1	1	1	3	4	6	10	14	18	28	41	
000	0	0	1	1	1	4	4	9	12	15	24	35	
0000	0	0	1	1	1	3	4	7	10	13	20	29	
250				1	1	2	3	6	8	10	16	23	
300				1	1	1	2	5	7	9	14	20	
350				1	1	1	1	4	6	8	12	18	
400					1	1	1	4	5	7	11	16	
500					1	1	1	3	4	6	9	13	
600						1	1	3	3	5	7	11	
700						1	1	2	3	4	6	10	
750						1	1	1	3	4	6	9	
800						1	1	1	3	4	6	8	
900						1	1	1	3	3	5	8	
1000						1	1	1	2	3	5	7	
1250								1	2	2	3	5	
1500								1	1	2	3	5	
1750								1	1	1	3	4	
2000								1	1	1	2	3	

Fuente: Tabla 2.8 Número de conductores en tubo conduit Pág. 91, Gilberto Enríquez Harper

A continuación se calcula el diámetro de la tubería para la acometida del edificio T2, en el cual ingresan 3 conductores # 350 MCM y un conductor neutro # 350 MCM

Según la tabla LXXII para conductores 350 MCM, cuando se necesitan introducir cuatro conductores en tubería, se requiere de tubería de 4" o 101 mm.

Para la acometida del edificio M6, en el cual ingresan 3 conductores 250 MCM, más un conductor neutro también 250 MCM determinar que tamaño de tubería se requiere:

Según las tablas para calcular el diámetro de la tubería según la cantidad de conductores que debe de alojar se tiene que, para cuatro conductores 250 MCM se puede utilizar tubería desde 3".

Para la acometida del área de concentrados de la Granja de Veterinaria, en donde los cables que alimentan al tablero principal son: 3 cables número 350 MCM, mas un cable neutro determinar el diámetro de la tubería que se debe utilizar para esta acometida.

De acuerdo con las tablas para diámetros de conductores se tiene que, para cuatro conductores 350MCM se debe de utilizar tubería con un diámetro desde 4".

Para la acometida del área de lácteos determinar el diámetro de la tubería, sabiendo que entran cuatro conductores 250MCM.

La tabla para diámetro de conductores nos indica que para cuatro conductores 250MCM, se debe utilizar un diámetro mínimo de 3”.

3.3 Cálculo de iluminación

Se pueden definir dos niveles en la iluminación de interiores: local y general. El primero se refiere a las necesidades de la luz para tareas específicas que se desarrollan en diferentes puntos del espacio a iluminar. El nivel general corresponde a la iluminación en todas las demás áreas. También puede llamarse alumbrado general por zonas, cuando se deciden niveles de iluminación diferentes para cada zona, lo cual resulta más económico.

Además de definir el nivel de iluminación general se requiere cuidar la colocación de las luminarias de tal forma que se reduzca el deslumbramiento directo o reflejado, o las sombras indeseables. También es necesario un completo análisis de los objetos implicados en la tarea visual relativas a; tamaño, reflectancia, velocidad de exposición y contraste con el fondo.

Una vez escogidas las luminarias que se van a utilizar y determinando el nivel de iluminación requerido, podría calcularse el número de luminarias necesarias para producir tal iluminación. No obstante, para áreas amplias es preferible utilizar el método de lúmenes porque proporciona una iluminación media uniforme además que su aplicación no es complicada.

3.3.1 Cálculo de lúmenes

Este método se utiliza únicamente para el cálculo de alumbrado de interiores y esta basado en la definición de lux, que es igual a un lumen por

metro cuadrado. Con la información del fabricante sobre la emisión luminosa inicial de cada lámpara, la cantidad instalada y el área de la zona considerada (en metros cuadrados) puede obtenerse el número de lúmenes por metro cuadrado o luxes:

$$E = \frac{\phi_e}{s} = \frac{\text{Lúmenes.emitidos}}{\text{Area.en.m}^2} = \text{Luxes} \quad 3.9$$

Donde:

E = Es el nivel de iluminación en lux.

ϕ = Flujo luminoso en Lumen.

S = área iluminada en m².

Siendo 1 pie-candela = 0.76 luxes.

Este valor difiere de los luxes medidos, debido a que algunos lúmenes son absorbidos por la misma luminaria o por la influencia de otros factores tales como la suciedad de la luminaria y la disminución gradual de la emisión de luz de las lámparas.

3.3.2 Determinación del coeficiente de utilización (CU)

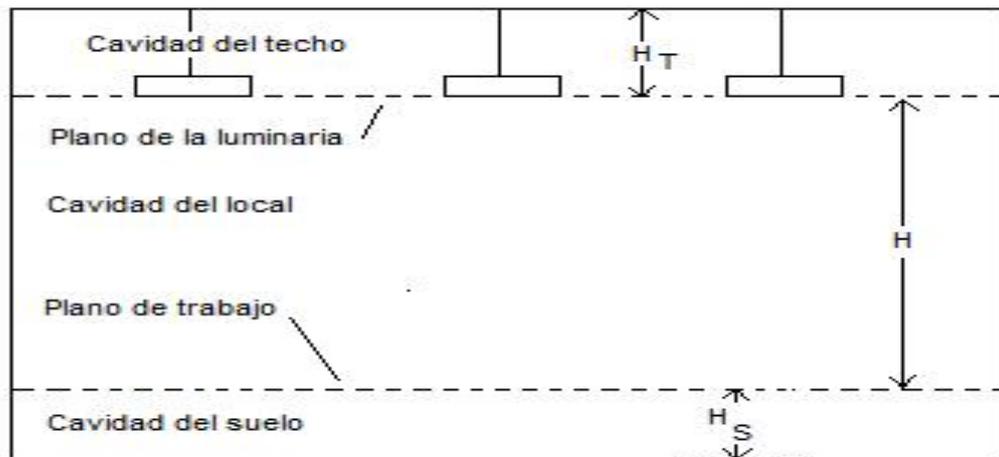
El coeficiente de utilización es el cociente de lúmenes que llegan al plano de trabajo (plano horizontal a 75 cms. del suelo) y los totales generados por la lámpara. Este factor toma en cuenta la eficiencia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y suelo. A causa de las múltiples reflexiones que tienen lugar dentro de un local, una parte de luz pasa hacia abajo a través del plano

imaginario de trabajo más de una vez, por lo que en algunas circunstancias el coeficiente de utilización puede sobrepasar la unidad. En general cuando mas alto y estrecho sea el local, mayor será la proporción de luz absorbida por las paredes y menor el coeficiente de utilización. Este efecto se considera mediante la relación de cavidad del local (RCL) que se define como sigue:

$$RCL = \frac{5H(\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} \times \text{ancho}} \quad 3.10$$

Donde H = altura de la cavidad.

Figura 28. Dimensiones de cavidad de un local.



H = Altura de la cavidad del local.

H_T = Altura de la cavidad del techo.

H_S = Altura de la cavidad del suelo.

Para luminarias montadas o empotradas en el techo, la reflectancia de la cavidad del techo es la misma que la del techo real. Para lámparas

suspendidas, en cambio es necesario obtener la reflectancia efectiva de la cavidad del techo.

El coeficiente de utilización determinado en la forma indicada será aplicable a zonas que tengan una reflectancia de la cavidad del suelo efectiva del 20%,

3.3.3 Factor de pérdidas totales (FPT)

El factor de pérdidas totales, es definido como el cociente de la iluminación cuando alcanza su nivel mas bajo en el plano de trabajo, entre el nivel nominal de las lámparas. Los factores parciales de pérdidas se detallan a continuación.

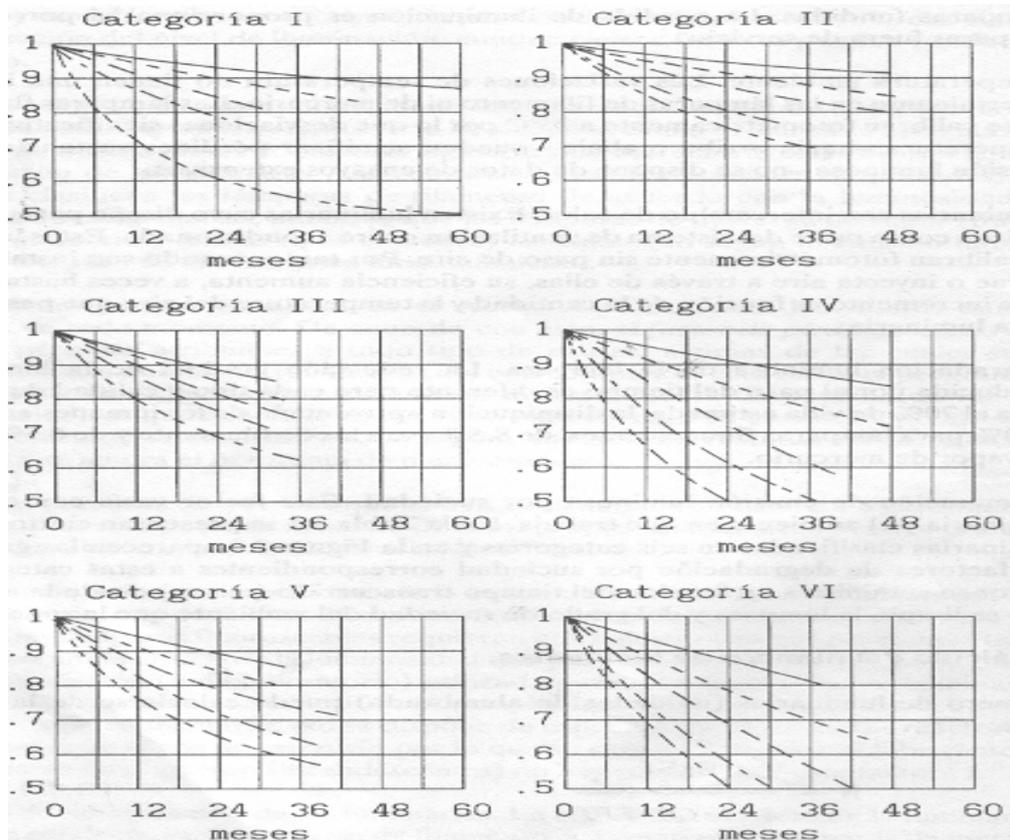
- Características de funcionamiento del balastro o reactor, la asociación de fabricantes de balastros, especifica que las lámparas fluorescentes requieren un balastro con una reactancia tal que la lámpara emita el 95% de la luminosidad.
- Tensión de alimentación de la luminaria. La tensión de servicio de la luminaria es difícil de predecir, por tanto los lúmenes emitidos por una lámpara fluorescente varía aproximadamente un 1% por cada 2.5% de la variación de tensión.
- Variación de la reflectancia de la luminaria. Este efecto es pequeño, pero con el tiempo llega a ser significativo.
- Degradación luminosa de la lámpara. La reducción con el tiempo es gradual dependiendo del tipo de lámpara, para el 70% de vida estimada la disminución del flujo emitido es del 8% en lámparas fluorescentes.
- Disminución de emisión luminosa por suciedad. Este factor varía de acuerdo con el tipo de ambiente de trabajo y luminaria.

Las siguientes gráficas sirven para la determinación del factor de degradación.

Grados de suciedad:

- _____ Muy limpio: laboratorios y hospitales
- Limpio: escuelas, oficinas y viviendas.
- ___ Medio: oficinas dentro de fábricas
- - - Suciedad: Industrias
- - - Muy sucio: procesos altamente contaminantes.

Figura 29. Gráficas para la determinación del grado de suciedad



Fuente: Eduardo Campero. Instalaciones eléctricas, Figura 3.2 Pág. 32

Ésta es una función de la depreciación de la emisión luminosa de la luminaria, debido a la acumulación de suciedad en el mismo, así como a la depreciación de las superficies reflectoras o transmisoras de la luz ocasionadas por el envejecimiento y las horas de uso.

El factor se obtiene multiplicando el valor de la depreciación de la lámpara por la depreciación por suciedad de la luminaria. Este factor puede estimarse considerando los siguientes porcentajes:

Para locales limpios: 78%

Para locales de limpieza regular: 65%

Para locales sucios: 55%

3.3.4 Cálculo del número de luminarias

El número de luminarias (unidades de alumbrado) puede calcularse de la siguiente manera:

3.11

$$N = \frac{E \times S}{\phi \times l \times CU \times FPT}$$

Donde

N = Número de luminarias

E = Iluminación requerida

S = Superficie

Φ = Flujo luminoso por lámpara

l = número de lámparas por luminaria

Una vez determinado el número de luminarias conforme al plano real, se puede calcular el nivel luminoso con la siguiente relación:

$$E_e = \frac{N_e \times l \times \phi \times CU \times FPT}{S}$$

Donde:

Ee = Iluminación resultante según nueva especificación.

Ne = Número de luminarias de la nueva especificación.

Ejemplo de cálculo. Determinar el alumbrado del salón 205 del edificio T2 , cuyas dimensiones son 6m de ancho, 10m de largo y altura de 3m. Se considera una reflectancia para el techo de 80%, de 50% para las paredes y 20% para el piso. Las luminarias a utilizar son de categoría III de 4 lámparas por luminaria pegadas al techo. La altura del plano de trabajo se considera a 75cms. Por lo tanto la altura de cavidad del local es de 2.25 metros. La del techo es de cero y la del piso es de 0.75 metros. Se recomienda un nivel de iluminación de 1200 luxes ya que es un salón de dibujo en que se necesita una mejor iluminación.

Calculando el factor de pérdidas totales

Rendimiento de la reactancia 0.95

Factor de caída de tensión 1

Factor por variaciones reflectancia de la luminaria 0.98

Factor de lámparas fundidas 1

Factor de intercambio de calor 1

Factor de disminución de la emisión luminosa de la lámpara 0.9

Degradación de suciedad 0.90

Entonces el factor de pérdidas totales es:

$$FPT = 0.95 * 1 * 0.98 * 1 * 1 * 0.9 * 0.9 = 0.75$$

Calculando la relación de cavidad de la ecuación:

$$RC = \frac{5H(\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} \times \text{ancho}}$$

Relación de cavidad del local

$$RCL = \frac{5 \times 2.25(10 + 6)}{(10 \times 6)} = 3$$

Relación de cavidad del techo es 0 ya que las lámparas van pegadas al techo, por lo tanto la reflectancia efectiva es la reflectancia base o sea 80%

Relación de cavidad del suelo

$$RCS = \frac{5 \times 0.75(10 + 6)}{(10 \times 6)} = 1$$

La reflectancia efectiva del suelo se buscan en la tablas en el apartado de reflectancia del piso de 20% en el reglón correspondiente a 50% de reflectancia de paredes, con cavidad de 1, y se encuentra que la reflectancia es 20%, por lo tanto no se le aplica factor de corrección ya que solamente se debe aplicar cuando la reflectancia efectiva es de 30% o de 10%.

La reflectancia efectiva del techo se busca en las tablas (tablas A-1 a A3, en el anexo) para una reflectancia del techo del 80% y paredes del 50% para la luminaria elegida categoría III, con RCL=3. Resulta 0.67.

Ahora podemos encontrar el número de luminarias de la siguiente manera:

$$N = \frac{E \times S}{\phi \times l \times CU \times FPT}$$

$$N = \frac{1200 \times 60}{2900 \times 4 \times 0.67 \times 0.75} = 12.35$$

Entonces se debe instalar 12 luminarias de cuatro lámparas en tres filas de cuatro luminarias cada fila. El nivel luminoso resultante, si se instalan las 12 lámparas será el siguiente:

$$E_e = \frac{N_e \times l \times \phi \times CU \times FPT}{S}$$

$$E_e = \frac{12 \times 4 \times 2900 \times 0.67 \times 0.75}{60} = 1,165lux$$

Se puede observar que el resultado planteado de 1200 luxes y el obtenido en esta relación de 1,165 luxes se considera aceptable.

A continuación se presentan las tablas, que dan a conocer el número de luminarias calculadas para algunos ambientes de los edificios T2, M6 y la Granja de Veterinaria, asumiendo una reflectancia del de 80 % para el techo, de

50 % para las paredes, y de un 20 % para el piso, en cuanto a la altura de la cavidad de techo es de cero, pues las lámparas estarán pegadas al techo de los edificios haciendo algunas excepciones en el caso de la Granja de Veterinaria, en donde algunas lámparas van colgadas.

Se utilizará lámparas de categoría II (Tabla A1 del anexo) que son las que en la mayoría de los ambientes se encuentran instaladas, de emisión luminosa de cada lámpara de 2900 lúmenes (información proporcionada por el fabricante Westinghouse, modelo F64 T6/CW 38.5W).

En el caso del FPT (factor de pérdidas totales) se tomaron los siguientes datos, para su cálculo: rendimiento de la reactancia 0.95, factor de caída de tensión 1, factor por variaciones reflectancia de la luminaria 0.98, factor de lámparas fundidas 1, factor de intercambio de calor 1, factor de disminución de la emisión luminosa de la lámpara 0.9, degradación de suciedad 0.90. Dando como resultado un FPT de 0.75.

Como la reflectancia del piso es de 20% no es necesario hacer el factor de corrección del coeficiente de utilización para reflectancias efectivas, ya que se realiza cuando, la reflectancia del suelo es de 30% (o más de 25), o cuando es del 10% (o menos del 15%).

Tabla LVI. Cálculo de luminarias, primer nivel del edificio T2

AMBIENTE	RELACIONES DE CAVIDAD													NÚMERO DE LUMINARIAS							
	5	HT	ht	hp	H	a	l	S	RCL	RCT	RCS	RCL1	RCL2	Cu1	Cu2	Cu	E	n	φ	FPT	N
Primer Nivel	5	HT	ht	hp	H	a	l	S	RCL	RCT	RCS	RCL1	RCL2	Cu1	Cu2	Cu	E	n	φ	FPT	N
Unidad de orientación	5	3	0	0.75	2.25	4	6.5	26.00	4.54	0	1.51	4	5	0.59	0.51	0.55	600	4	2900	0.75	3.28
Salón 109	5	3	0	0.75	2.25	6.5	9	58.50	2.98	0	0.99	2	3	0.75	0.66	0.66	1200	4	2900	0.75	12.19
Salón 108	5	3	0	0.75	2.25	6.5	9	58.50	2.98	0	0.99	2	3	0.75	0.66	0.66	1200	4	2900	0.75	12.19
CIDAR	5	3	0	0.75	2.25	6.5	22	143.00	2.24	0	0.75	2	3	0.75	0.67	0.73	1200	4	2900	0.75	27.00
Área de lockers	5	3	0	0.75	2.25	3	5	15.00	6.00	0	2.00	6	7	0.46	0.41	0.46	500	3	2900	0.75	2.50
Salón peg D:M	5	3	0	0.75	2.25	6.5	7	45.50	3.34	0	1.11	3	4	0.66	0.59	0.64	1000	4	2900	0.75	8.22
Diseño medio	5	3	0	0.75	2.25	6.5	7	45.50	3.34	0	1.11	3	4	0.66	0.59	0.64	1000	4	2900	0.75	8.22
Cubículos	5	3	0	0.75	2.25	6.5	4	26.00	4.54	0	1.51	4	5	0.59	0.51	0.55	1000	4	2900	0.75	5.47
Salida a T1	5	3	0	0.75	2.25	2	6.5	13.00	7.36	0	2.45	7	8	0.41	0.37	0.40	500	4	2900	0.75	1.89
Tesorería	5	3	0	0.75	2.25	5	4	20.00	5.06	0	1.69	5	6	0.51	0.46	0.51	600	4	2900	0.75	2.72
Deleg. Auditoría	5	3	0	0.75	2.25	2	3	6.00	9.38	0	3.13	9	10	0.33	0.3	0.32	600	4	2900	0.75	1.30
Control académico	5	3	0	0.75	2.25	6.5	9	58.50	2.98	0	0.99	2	3	0.75	0.66	0.66	1000	4	2900	0.75	10.16
Área fotográfica	5	3	0	0.75	2.25	4	5	20.00	5.06	0	1.69	5	6	0.51	0.46	0.51	1000	4	2900	0.75	4.54
Secretaría	5	3	0	0.75	2.25	3	2.5	7.50	8.25	0	2.75	8	9	0.37	0.33	0.36	500	4	2900	0.75	1.20
Secret. Decano	5	3	0	0.75	2.25	3	4	12.00	6.56	0	2.19	6	7	0.46	0.41	0.43	700	3	2900	0.75	2.98
Decano	5	3	0	0.75	2.25	3	4	12.00	6.56	0	2.19	6	7	0.46	0.41	0.43	700	4	2900	0.75	2.24
Área de lab digital	5	3	0	0.75	2.25	5	6	30.00	4.13	0	1.38	5	6	0.51	0.46	0.55	1200	4	2900	0.75	7.47
Salon maestría	5	3	0	0.75	2.25	4	3	12.00	6.56	0	2.19	6	7	0.46	0.41	0.43	500	3	2900	0.75	2.13
Direc. Posgrado	5	3	0	0.75	2.25	4	3	12.00	6.56	0	2.19	6	7	0.46	0.41	0.43	500	4	2900	0.75	1.60
Asig. Interciclo	5	3	0	0.75	2.25	4	3	12.00	6.56	0	2.19	6	7	0.46	0.41	0.43	700	4	2900	0.75	2.24
Coord acad matut.	5	3	0	0.75	2.25	4	3	12.00	6.56	0	2.19	6	7	0.46	0.41	0.43	700	4	2900	0.75	2.24

Fuente: Instalaciones edificio T2

Tabla LVII. Cálculo de luminarias, segundo nivel del edificio T2

AMBIENTE	RELACIONES DE CAVIDAD														NÚMERO DE LUMINARIAS									
	5	HT	ht	hp	H	a	l	S	RCL	RCT	RCS	RCL1	RCL2	Cu1	Cu2	Cu	E	n	φ	FPT	N			
Segundo nivel	5	HT	ht	hp	H	a	l	S	RCL	RCT	RCS	RCL1	RCL2	Cu1	Cu2	Cu	E	n	φ	FPT	N			
Salón 215	5	3	0	0.75	2.25	6.5	5	32.50	3.98	0	1.33	3	4	0.66	0.59	0.59	1000	4	2900	0.75	6.32			
AEDA	5	3	0	0.75	2.25	6.5	5	32.50	3.98	0	1.33	3	4	0.66	0.59	0.59	1000	4	2900	0.75	6.32			
Grafos	5	3	0	0.75	2.25	6.5	5	32.50	3.98	0	1.33	3	4	0.66	0.59	0.59	1000	4	2900	0.75	6.32			
Unidad dibujo natural	5	3	0	0.75	2.25	6.5	5	32.50	3.98	0	1.33	3	4	0.66	0.59	0.59	1000	4	2900	0.75	6.32			
Salón 212	5	3	0	0.75	2.25	6	5	30.00	4.13	0	1.38	4	5	0.59	0.51	0.58	1000	4	2900	0.75	5.95			
Salón 211	5	3	0	0.75	2.25	5	7	35.00	3.86	0	1.29	3	4	0.66	0.59	0.60	1000	4	2900	0.75	6.70			
Salón 210	5	3	0	0.75	2.25	6	7	42.00	3.48	0	1.16	3	4	0.66	0.59	0.63	1000	4	2900	0.75	7.71			
Folklore Andino	5	3	0	0.75	2.25	3	2	6.00	9.38	0	3.13	9	10	0.33	0.3	0.32	300	2	2900	0.75	1.30			
Baños hombres	5	3	0	0.75	2.25	3	4	12.00	6.56	0	2.19	6	7	0.46	0.41	0.43	300	1	2900	0.75	3.83			
Baños mujeres	5	3	0	0.75	2.25	3	4	12.00	6.56	0	2.19	6	7	0.46	0.41	0.43	300	1	2900	0.75	3.83			
Salón dibujo	5	3	0	0.75	2.25	6	10	60.00	3.00	0	1.00	3	4	0.66	0.59	0.66	1200	4	2900	0.75	12.54			
Salón 205	5	3	0	0.75	2.25	6	10	60.00	3.00	0	1.00	3	4	0.66	0.59	0.66	1200	4	2900	0.75	12.54			
Salón dibujo	5	3	0	0.75	2.25	5	10	50.00	3.38	0	1.13	3	4	0.66	0.59	0.63	1200	4	2900	0.75	10.88			
Salón 204	5	3	0	0.75	2.25	4.5	6.5	29.25	4.23	0	1.41	4	5	0.59	0.51	0.57	1200	4	2900	0.75	7.06			
Área de lockers	5	3	0	0.75	2.25	3	6.5	19.50	5.48	0	1.83	5	6	0.51	0.46	0.49	1000	4	2900	0.75	4.61			
Evaluación docente	5	3	0	0.75	2.25	3	6.5	19.50	5.48	0	1.83	5	6	0.51	0.46	0.49	1000	4	2900	0.75	4.61			
Área Tecnológica	5	3	0	0.75	2.25	6	6.5	39.00	3.61	0	1.20	3	4	0.66	0.59	0.62	1200	4	2900	0.75	8.71			
Urbanismo y ambiente	5	3	0	0.75	2.25	3	3	9.00	7.50	0	2.50	7	8	0.41	0.37	0.39	400	2	2900	0.75	2.12			
EPS	5	3	0	0.75	2.25	4	5	20.00	5.06	0	1.69	5	6	0.51	0.46	0.51	400	4	2900	0.75	1.81			
Pasillos norte	5	3	0	0.75	2.25	2	27	54.00	6.04	0	2.01	6	7	0.46	0.41	0.46	400	4	2900	0.75	5.42			
Pasillos este	5	3	0	0.75	2.25	2	20	40.00	6.19	0	2.06	6	7	0.46	0.41	0.45	400	4	2900	0.75	4.08			

Fuente: Instalaciones edificio T2

Tabla LVIII. Cálculo de luminarias, primer nivel del edificio M6

AMBIENTE	RELACIONES DE CAVIDAD																NÚMERO DE LUMINARIAS							
	5	HT	ht	hp	H	a	l	S	RCL	RCT	RCS	RCL1	RCL2	Cu1	Cu2	Cu	E	n	Φ	FPT	N			
Primer nivel	5	HT	ht	hp	H	a	l	S	RCL	RCT	RCS	RCL1	RCL2	Cu1	Cu2	Cu	E	n	Φ	FPT	N			
Lab 1 fisiología	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	500	3	2900	0.75	2.88			
Lab 2 fisiología	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	500	3	2900	0.75	2.88			
Lab 3 fisiología	5	3	0	0.75	2.25	4	6	24.00	4.69	0	1.56	4	5	0.59	0.51	0.54	500	3	2900	0.75	3.44			
Lab 4 fisiología	5	3	0	0.75	2.25	4	6	24.00	4.69	0	1.56	4	5	0.59	0.51	0.54	500	3	2900	0.75	3.44			
Bodega fisiología	5	3	0	0.75	2.25	7	6	42.00	3.48	0	1.16	3	4	0.66	0.59	0.63	500	3	2900	0.75	5.14			
Cieta	5	3	0	0.75	2.25	3	5	15.00	6.00	0	2.00	6	7	0.46	0.41	0.46	500	2	2900	0.75	3.75			
Área fisiología	5	3	0	0.75	2.25	3	4	12.00	6.56	0	2.19	6	7	0.46	0.41	0.43	500	2	2900	0.75	3.19			
Coord. Depto fisiología	5	3	0	0.75	2.25	3	3	9.00	7.50	0	2.50	8	9	0.37	0.33	0.39	500	3	2900	0.75	1.77			
Aux fisiología	5	3	0	0.75	2.25	3	3	9.00	7.50	0	2.50	8	9	0.37	0.33	0.39	500	3	2900	0.75	1.77			
Of. Técnico lab.	5	3	0	0.75	2.25	3	3	9.00	7.50	0	2.50	8	9	0.37	0.33	0.39	500	3	2900	0.75	1.77			
Secretaría fisiología	5	3	0	0.75	2.25	3	4	12.00	6.56	0	2.19	6	7	0.46	0.41	0.43	500	3	2900	0.75	2.13			
Pasillos fisiología	5	3	0	0.75	2.25	1.75	30	52.50	6.80	0	2.27	6	7	0.46	0.41	0.42	400	1	2900	0.75	23.00			
Salón 101	5	3	0	0.75	2.25	6	9	54.00	3.13	0	1.04	3	4	0.66	0.59	0.65	700	3	2900	0.75	8.90			
Dif. Tec. Fincas	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	7	8	0.41	0.37	0.47	500	3	2900	0.75	2.97			
Caja	5	3	0	0.75	2.25	6	7	42.00	3.48	0	1.16	3	4	0.66	0.59	0.63	800	3	2900	0.75	8.22			
Baño hombres	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	300	2	2900	0.75	2.59			
Baños mujeres	5	3	0	0.75	2.25	3	5.5	16.50	5.80	0	1.93	5	6	0.51	0.46	0.47	300	2	2900	0.75	2.42			
Guardiana	5	3	0	0.75	2.25	2	4	8.00	8.44	0	2.81	8	9	0.37	0.33	0.35	200	2	2900	0.75	1.04			
Salón de actos	5	3	0	0.75	2.25	6	25	150.00	2.33	0	0.78	2	3	0.75	0.66	0.72	800	4	2900	0.75	19.14			
Tesorería	5	3	0	0.75	2.25	6	5	30.00	4.13	0	1.38	4	5	0.59	0.51	0.58	600	3	2900	0.75	4.76			
Control academico	5	3	0	0.75	2.25	4	5	20.00	5.06	0	1.69	5	6	0.51	0.46	0.51	600	3	2900	0.75	3.63			
Secretaría adjunta	5	3	0	0.75	2.25	4	5	20.00	5.06	0	1.69	5	6	0.51	0.46	0.51	600	3	2900	0.75	3.63			
Decanatura	5	3	0	0.75	2.25	4	5	20.00	5.06	0	1.69	5	6	0.51	0.46	0.51	600	3	2900	0.75	3.63			
Salón de juntas	5	3	0	0.75	2.25	4	5	20.00	5.06	0	1.69	5	6	0.51	0.46	0.51	600	3	2900	0.75	3.63			
Pasillos ancho	5	3	0	0.75	2.25	1.75	20	35.00	6.99	0	2.33	6	7	0.46	0.41	0.41	300	1	2900	0.75	11.76			
Pasillos largo	5	3	0	0.75	2.25	1.8	30	54.00	6.63	0	2.21	6	7	0.46	0.41	0.43	300	1	2900	0.75	17.37			

Fuente: Instalaciones edificio M6

Tabla LIX. Cálculo de luminarias, segundo nivel del edificio M6

AMBIENTE	RELACIONES DE CAVIDAD												NÚMERO DE LUMINARIAS									
	5	HT	ht	hp	H	a	l	S	RCL	RCT	RCS	RCL1	RCL2	Cu1	Cu2	Cu	E	n	Φ	FPT	N	
Segundo nivel	5	HT	ht	hp	H	a	l	S	RCL	RCT	RCS	RCL1	RCL2	Cu1	Cu2	Cu	E	n	Φ	FPT	N	
Salón 226	5	3	0	0.75	2.25	6	9	54.00	3.13	0	1.04	3	4	0.66	0.59	0.65	800	2	2900	0.75	15.25	
Salón 227	5	3	0	0.75	2.25	6	9	54.00	3.13	0	1.04	3	4	0.66	0.59	0.65	800	2	2900	0.75	15.25	
Salón 208	5	3	0	0.75	2.25	4	6	24.00	4.69	0	1.56	4	5	0.59	0.51	0.54	800	2	2900	0.75	8.25	
Lab. Bromatología	5	3	0	0.75	2.25	6	9	54.00	3.13	0	1.04	3	4	0.66	0.59	0.65	800	2	2900	0.75	15.25	
Baños mujeres	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	
Baños hombre	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	
Café internet	5	3	0	0.75	2.25	4	6	24.00	4.69	0	1.56	4	5	0.59	0.51	0.54	500	2	2900	0.75	5.16	
Centro de computo	5	3	0	0.75	2.25	5	6	30.00	4.13	0	1.38	4	5	0.59	0.51	0.58	500	2	2900	0.75	5.95	
Produc. Animal	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	500	4	2900	0.75	2.16	
Coord. Mej. Animal	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	500	4	2900	0.75	2.16	
Secretaria Prod. Animal	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	500	4	2900	0.75	2.16	
Unidad Prod. Anim. Sost.	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	500	4	2900	0.75	2.16	
Unidad estadística	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	
Lic Isidro M	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	
Reproducción	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	
Comedor Cat. Zoot.	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	
Salón clase zoot	5	3	0	0.75	2.25	4	5	20.00	5.06	0	1.69	5	6	0.51	0.46	0.51	700	2	2900	0.75	6.35	
Auxs. Zootecnia	5	3	0	0.75	2.25	4	4	16.00	5.63	0	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	500	2	2900	0.75	3.84	
Cubic. U. Agroindustrial	5	3	0	0.75	2.25	4	6	24.00	4.69	0	1.56	4	5	0.59	0.51	0.54	500	2	2900	0.75	5.16	
Biblioteca	5	3	0	0.75	2.25	9	12	108.00	2.19	0	0.73	2	3	0.75	0.66	0.73	1000	2	2900	0.75	33.87	
pasillos	5	3	0	0.75	2.25	1.75	30	52.50	6.80	0	2.27	6	7	0.46	0.41	0.42	300	1	2900	0.75	17.25	
Esc. Zootecnica	5	3	0	0.75	2.25	4	6	24.00	4.69	0	1.56	4	5	0.59	0.51	0.54	500	2	2900	0.75	5.16	

Fuente: Instalaciones edificio M6

Tabla LX. Cálculo de luminarias, Granja de Veterinaria

AMBIENTE	RELACIONES DE CAVIDAD															NÚMERO DE LUMINARIAS					
	5	HT	ht	hp	H	a	l	S	RCL	RCT	RCS	RCL1	RCL2	Cu1	Cu2	Cu	E	n	Φ	FPT	N
Procesamiento lácteos	5	3	0.35	0.75	1.90	5.7	9.5	54.15	2.67	0.49	1.05	2	3	0.75	0.66	0.69	300	2	2900	0.75	5.41
Bodeguita proc. Lac.	5	3	0.35	0.75	2.25	2.5	2.8	7.00	8.52	1.33	2.84	8	9	0.37	0.33	0.35	300	2	2900	0.75	1.38
Oficina Proc. Lac.	5	3	0	0.75	2.25	2.8	5	14.00	6.27	0.00	2.09	6	7	0.46	0.41	0.45	300	2	2900	0.75	2.16
Bodega Proc. Lac.	5	3	0	0.75	2.25	3.5	4.2	14.70	5.89	0.00	1.96	5	6	0.51	0.46	0.47	300	2	2900	0.75	2.18
Cuarto de mezcladora	5	3	0	0.75	2.25	3	5.7	17.10	5.72	0.00	1.91	5	6	0.51	0.46	0.47	300	2	2900	0.75	2.49
Ordeño junto a lac.	5	3	0	0.75	2.25	3	4.5	13.50	6.25	0.00	2.08	6	7	0.46	0.41	0.45	300	2	2900	0.75	2.08
Ordeño	5	3	0	0.75	2.25	6	20	120.00	2.44	0.00	0.81	2	3	0.75	0.66	0.71	150	3	2900	0.75	3.88
Establo	5	3	0	0.75	2.25	6	25	150.00	2.33	0.00	0.78	2	3	0.75	0.66	0.72	150	3	2900	0.75	4.78
Vigilancia	5	3	0	0.75	2.25	8	9	72.00	2.66	0.00	0.89	2	3	0.75	0.66	0.69	100	1	1240	0.75	11.20
Mezcladora concentrados	5	3	0	0.75	2.25	7	11.7	81.90	2.57	0.00	0.86	2	3	0.75	0.66	0.70	250	2	2900	0.75	6.74
Of. Encargado concentrados	5	3	0	0.75	2.25	2.8	3.2	8.96	7.53	0.00	2.51	7	8	0.41	0.37	0.39	300	2	2900	0.75	1.59
Bodeguita 1	5	3	0	0.75	2.25	3.2	3.2	10.24	7.03	0.00	2.34	7	8	0.41	0.37	0.41	300	2	2900	0.75	1.73
Bodega 2	5	3	0	0.75	2.25	4.5	6	27.00	4.38	0.00	1.46	4	5	0.59	0.51	0.56	300	2	2900	0.75	3.33
Bodga principal	5	3	0	0.75	2.25	6	8.5	51.00	3.20	0.00	1.07	3	4	0.66	0.59	0.65	300	2	2900	0.75	5.44
Oficina1	5	3	0	0.75	2.25	3	6	18.00	5.63	0.00	1.88	5	6	0.51	0.46	0.48	300	2	2900	0.75	2.59
Oficina 2	5	3	0	0.75	2.25	6	8	48.00	3.28	0.00	1.09	3	4	0.66	0.59	0.64	300	2	2900	0.75	5.17
Cochiguera sector crias	5	3	0	0.25	2.75	6.5	12.5	81.25	3.22	0.00	0.29	3	4	0.66	0.59	0.64	150	2	2900	0.75	4.34
Cochiguera sector 1	5	3	0	0.25	2.75	9	14	126.00	2.51	0.00	0.23	2	3	0.75	0.66	0.70	150	2	2900	0.75	6.17
Cochiguera sector 2	5	3	0	0.25	2.75	10	14	140.00	2.36	0.00	0.21	1	2	0.86	0.75	0.71	150	2	2900	0.75	6.79
Cochiguera sector 3	5	3	0	0.25	2.75	5	14	70.00	3.73	0.00	0.34	3	4	0.66	0.59	0.61	150	2	2900	0.75	3.97
Cochiguera sector 4	5	3	0	0.25	2.75	10	22	220.00	2.00	0.00	0.18	2	3	0.75	0.66	0.75	150	2	2900	0.75	10.11
Bodega cochiguera	5	3	0	0.75	2.25	5	9	45.00	3.50	0.00	1.17	3	4	0.66	0.59	0.63	150	2	2900	0.75	2.48
Conejera	5	3	0	0.75	2.25	8	16	128.00	2.11	0.00	0.70	2	3	0.75	0.66	0.74	150	2	2900	0.75	5.96
Galpones Aves	5	3	0	0.75	2.25	9	45	405.00	1.50	0.00	0.50	1	2	0.86	0.75	0.81	50	2	2900	0.75	5.78
Bodega Aves	5	3	0	0.75	2.25	4	10	40.00	3.94	0.00	1.31	3	4	0.66	0.59	0.59	150	2	2900	0.75	2.32
Baños/vestidores Aves	5	3	0	0.75	2.25	4	10	40.00	3.94	0.00	1.31	3	4	0.66	0.59	0.59	150	2	2900	0.75	2.32

Fuente: Instalaciones Granja de Veterinaria

3.4 SPT de los edificios

Basada en la medición que se hizo con el instrumento de medición EECOS modelo 2300 se diseñó el sistema de tierra que se puede aplicar tanto al sistema del edificio T2, M6 como a la Granja de Veterinaria del Campus Central de La Universidad de San Carlos de Guatemala basado en su estructura se pueden mostrar algunos detalles que ayuden a la realización de dicho sistema de puesta a tierra. A la vez se citarán diferentes procesos de ejecución respecto a sus materiales y técnicas a utilizar en la realización de la misma.

3.4.1 Proceso del conector soldable exotérmico

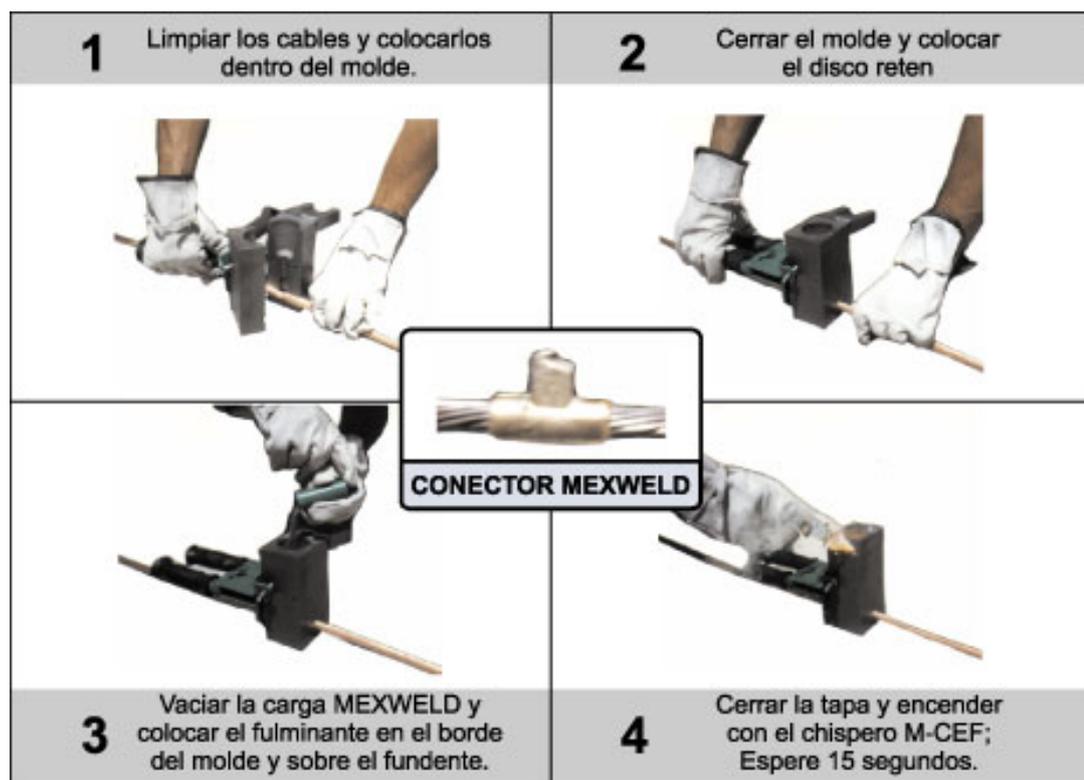
El proceso de soldadura exotérmica es un método para hacer conexiones eléctricas de Cobre a Cobre, o de Cobre a Acero Estructural que no requiere ninguna fuente externa de energía o calor.

En este proceso, una reacción en donde un compuesto de partículas granuladas, son colocadas en un molde de grafito y se enciende con un chispero, que inicia un proceso de reducción (reacción exotérmica), y genera una alta temperatura en exceso de 1400 grados centígrados y produce cobre fundido. El cobre fundido fluye por la colada del molde hasta la cavidad o cámara de soldadura, llenándola y completando la conexión. La soldadura se solidificará en unos 10 o 20 segundos. El molde se abre y se prepara para el

siguiente conector. Todo éste proceso toma solamente unos segundos para realizarse.

Los conectores soldables hechos con éste proceso producen una junta (o conexión) superior en rendimiento a cualquier conector de compresión, atornillado o mecánico. En virtud de su cohesión molecular, un conector soldable exotéricamente no se aflojará ni incrementará su resistencia eléctrica al paso del tiempo, tampoco se corroerá.

Figura 30. Proceso del conector soldable exotérmico



Fuente: www.mexwel.com

3.4.2 Ventajas de los conectores soldables exotérmicos

Por todo el mundo, la soldadura exotérmica ha demostrado ser la mejor opción cuando la seguridad, capacidad de carga de corriente, confiabilidad y longevidad son críticas. En comparación con todas las diferentes variedades de conectores que se encuentran en el mercado hoy en día, solamente los conectores soldables cumplen con lo siguiente:

- Mantienen constante la integridad de contacto y continuidad eléctrica.
- Bajo costo de mano de obra, es sumamente sencillo.
- No se requieren personal especializado.
- No necesita energía externa o calor.
- Portátil, la herramienta y equipo son ligeros.
- Se inspecciona visualmente.
- Transmite mayor amperaje que el propio conductor, sin fundirse.
- La guía IEEE-80 considera su conductividad igual a la del conductor.

Se garantiza una larga vida útil dado que:

- No se deteriorará con el paso del tiempo.
- Se forma una adhesión molecular permanente que no se afloja, ni corroe.
- Tolerará fallas repetidas.

3.4.3 Intensificador GAP

Existen varias formas de darle tratamiento a la tierra para que pueda mantenerse húmeda de tal forma de alterar su composición natural y poder

tener una menor resistencia, en el diseño de la red de tierras de los edificios se recomienda usar el intensificador GAP por las propiedades que ha demostrado.

Es bien conocido que GAP es un producto conductor de electricidad que se utiliza como relleno en los sistemas de tierras para incrementar y mejorar las propiedades conductivas del terreno, optimizando y economizando los resultados necesarios para el buen funcionamiento del mismo.

3.4.3.1 Ventajas

Al aplicar el Químico Intensificador nacional para bajar la resistencia del terreno GAP correctamente, se asegura confiablemente de:

- El mejor rendimiento costo/beneficio
- Brindar seguridad al personal
- Proporcionar baja resistencia todo el año
- Larga vida útil, garantizado Cumplir con especificaciones de CFE
- Libre de mantenimiento, no requiere de agua
- Ecológico, no contamina el subsuelo
- Resulta muy sencilla su instalación
- Evita la corrosión del sistema de tierra

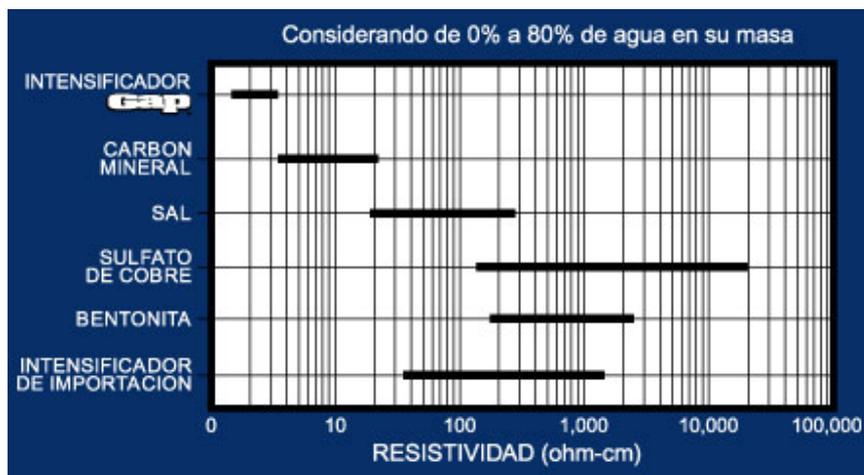
3.4.3.2 Resistencia eléctrica del GAP

El GAP fue sometido a pruebas de resistencia eléctrica en LAPEM* encontrando que tiene un valor de 3.4 ohm-cm., el cual resultó ser el más bajo de todos los productos que se utilizaban anteriormente como relleno en los sistemas de tierra. (Ver gráfica).

El GAP tiene una fuerte cohesión (adherencia) molecular entre sus partículas, la suficiente en el cuerpo del relleno para conducir la electricidad; En Comparación con los rellenos que le siguen en baja resistividad, estos no tienen la propiedad de endurecerse, puesto que no son productos diseñados para ser utilizados como rellenos; sino que su finalidad es distinta.

Por consiguiente, utilizar GAP en los sistemas de tierras es obtener confianza, eficiencia y experiencia de un producto de calidad, especialmente diseñado para su servicio. Obteniendo como ventaja que entre menos resistencia tenga el producto, mayor es su eficiencia.

Figura 31. Rango de resistencia de diferentes productos

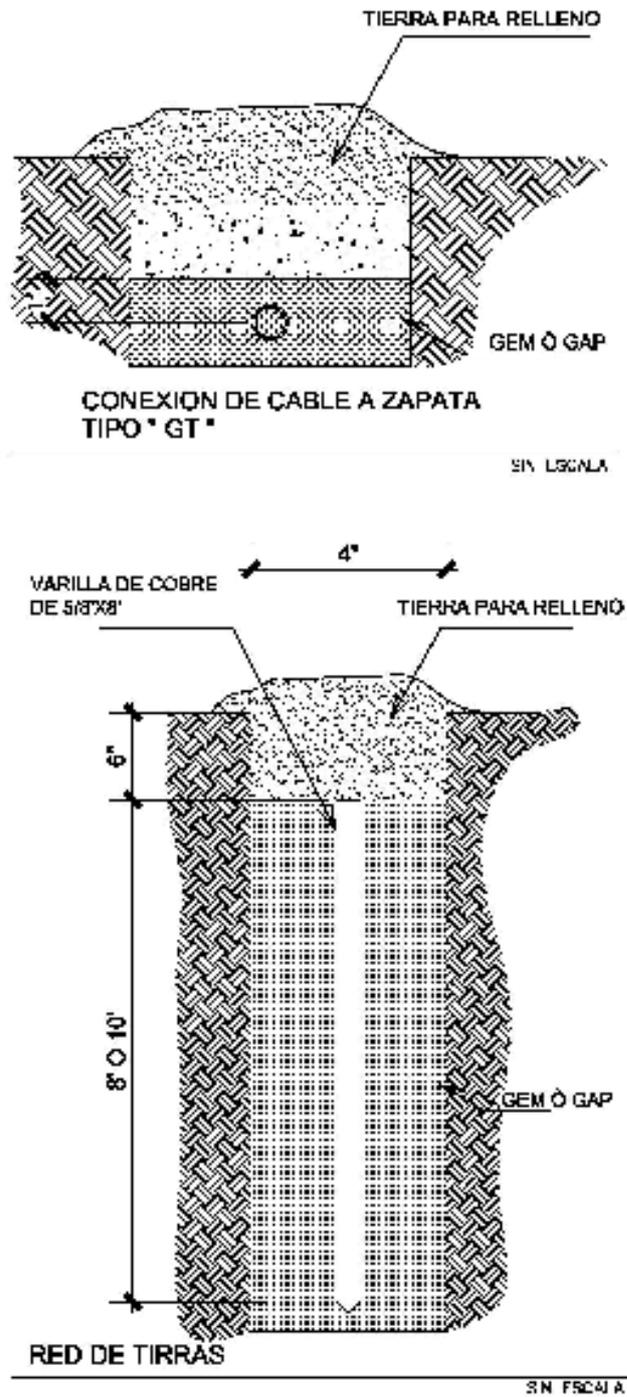


Fuente: www.mexweld.com

3.4.4 Red de tierra de los edificios

El diseño siguiente presenta los detalles del proceso que se tiene que llevar para la puesta a tierra de una de las distintas varillas de cobre de calidad copperweld, también se presentan medidas que no exactamente tiene que coincidir en la realidad.

Figura 32. Diseño de red de tierras para los edificios

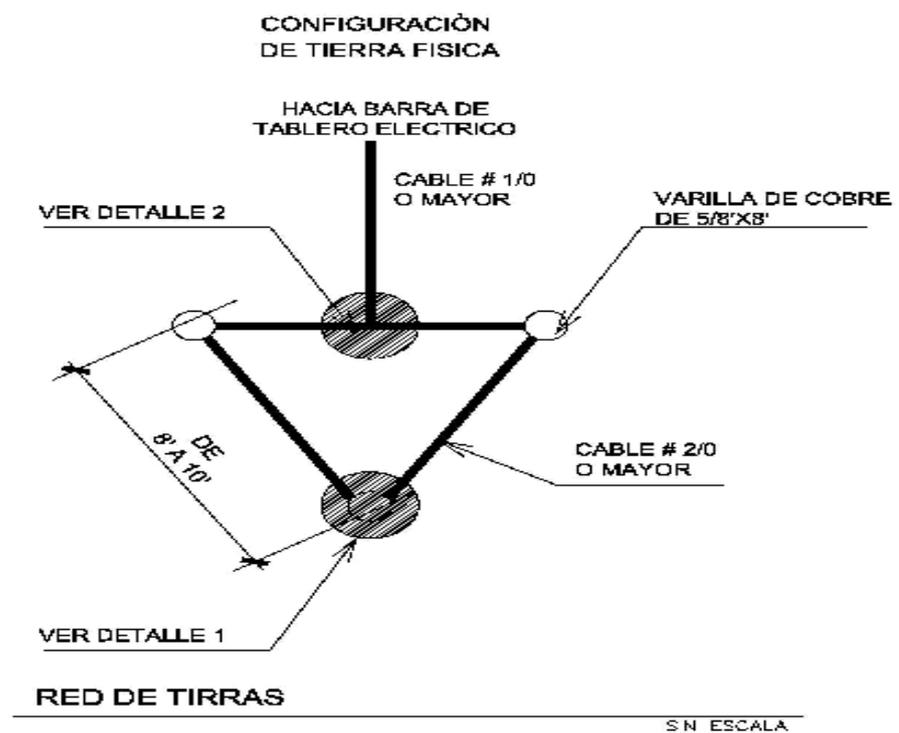


Fuente: Dibujado en Autocad

3.4.5 Configuración de la red de tierra física

El diseño siguiente muestra la configuración de la conexión que se recomienda instalar para las tres varillas que van a ir enterradas, para realizar el SPT de los edificios en estudio.

Figura 33. Configuración de la red de tierra

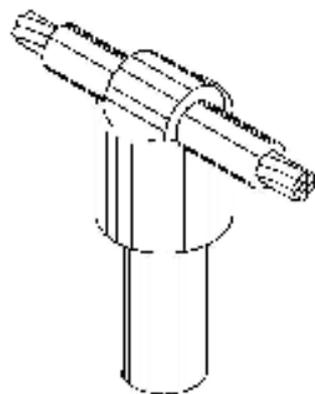


Fuente: Dibujado en Autocad

3.4.6 Detalles de la configuración de la red de tierra

Los diseños de los detalles dan a conocer de cómo se unirán los cables con la varilla o con el cable de derivación utilizando la soldadura exotérmica.

Figura 34. Detalle 1 y detalle 2 del SPT



CONEXION DE CABLE A ZAPATA
TIPO "GT" DETALLE 1

SIN ESCALA



CONEXION DE CABLE PARA VARRILA CADWELD
TIPO "TA" DETALLE 2

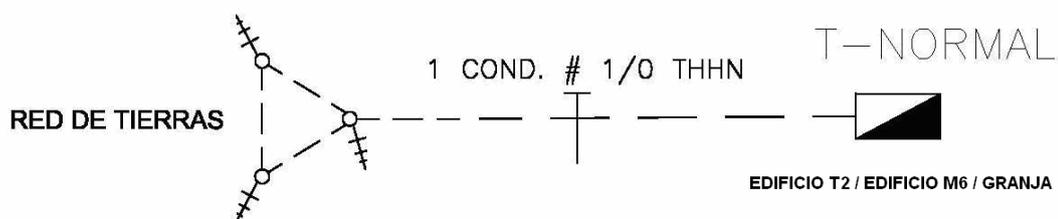
SIN ESCALA

Fuente: Dibujado en Autocad

3.4.7 Unifilar del SPT

El diseño siguiente detalla la introducción a través del cable 1/0 del sistema de puesta a tierra al tablero general correspondiente a cada edificio.

Figura 35. Introducción de la red de tierras al tablero principal de cada edificio



Fuente: Dibujado en Autocad

3.4.8 Listado de materiales y herramienta, del SPT de los edificios

El complemento de la red de tierras es un listado de materiales y herramientas, para la realización de la misma, el cual se detallara a continuación de acuerdo a las especificaciones dadas arriba de la red de tierras de los edificios.

El listado de materiales esta designado según nombres comerciales actuales, no detalla precio, ya que estos varían sin previo aviso.

Materiales:

- 3 varillas de cobre de 5/8" X 8' calidad copperweld
- 10 mts de cable THHN calibre No. 2/0
- 15 mts de cable THHN calibre No. 1/0
- 4 Cargas No. 90grs
- 25 Lbs. Intensificador de terreno GAP
- 1 Pasta selladora para moldes
- 1 Platinas de cobre 20" X 4" X 1/4"

Herramientas:

- 1 molde para soldadura Cable No. 2 a Varilla 5/8"
- 1 molde para soldadura Cable No. 2 a Cable No. 1
- 1 chispero para molde
- 1 manija para molde
- 1 alicata
- 1 pinza
- 1 navaja

3.5 Cálculo de pararrayos de los edificios

La protección de edificios contra descargas atmosféricas, tiene como finalidad, proteger de los rayos a las personas y equipo que se encuentren dentro de los mismos. También se puede evitar el peligro y los daños que se puedan ocasionar en la misma construcción o a construcciones aledañas.

El promedio anual de la frecuencia N_d de un rayo directo sobre un edificio está calculado usando la siguiente ecuación:

$$N_d = N_{g \max} \times A_e \times C_1 \times 10^{-6} / \text{año} \quad \mathbf{3.12}$$

Donde:

N_d : frecuencia aceptable de un rayo directo sobre un edificio

A_e : área de captura equivalente del edificio aislado

C_1 : coeficiente ambiental

$$N_{g \max} = 2 \times N_g \quad \mathbf{3.13}$$

N_g : significa la densidad anual de relámpagos de la región donde esta ubicado el edificio (número de caída de rayo /año/km²), en el caso de que no disponga de un mapa de N_g se puede también obtener usando el nivel cerámico N_k .

$$N_{g \max} = \frac{N_k}{10} \quad \mathbf{3.14}$$

A_e : es el área de captura equivalente del edificio aislado, es definido como el área de tierra que tiene la misma posibilidad anual de relámpago directo que un edificio.

Para estructuras rectangulares con largo L, ancho W y altura H, el área de captura es:

$$A_e = L \times W + 6 \times H(L + W) + 9\pi \times H^2 \quad 3.15$$

La topografía del sitio y los objetos localizados a menos de una distancia 3H de la estructura afectan significativamente el área de captura.

Este efecto es tomado en cuenta aplicando el coeficiente ambiental C_1 de la tabla de determinación del coeficiente ambiental del anexo.

Cuando el área de captura equivalente de la estructura es cubierta completamente por otra estructura, esta no será considerada.

Cuando el área de captura de varias estructuras están traslapadas, la correspondiente área de colección común es considerada como un área de colección sencilla.

- Para edificios rectangulares se utiliza la fórmula 3.15 para el área de captura
- Para edificios con partes prominentes: el área equivalente de la parte prominente encierra todo o parcialmente la parte baja:

$$A_e = 9\pi \times H^2 \quad 3.16$$

Los valores de N_c (frecuencia N_c aceptable de un rayo sobre un edificio), se equiparan a través del análisis de riesgo de daño, tomando en cuenta los factores aprobado como

Tipo de construcción

Contenido de la estructura

Ocupación de la estructura

Consecuencia de la caída de un rayo

La frecuencia N_c aceptable está dada por:

$$N_c = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{C_2 \times C_3 \times C_4 \times C_5} \quad 3.17$$

Donde

C_2 : representa el tipo de construcción

C_3 : representa el material y equipo contenido en el edificio

C_4 : representa la ocupación de un edificio

C_5 : representa las consecuencias de la caída de un rayo

El resultado de la comparación de N_c y N_d sirve para decidir si un sistema de protección contra rayos es requerido y el nivel que debe utilizarse.

- Si $N_d \leq N_c$ el sistema de protección contra rayos no es requerimiento obligatorio
- Si $N_d > N_c$ el sistema de protección de rayos de rendimiento $E \geq 1 - (N_c/N_d)$, debe ser instalado y asociado el nivel de protección

3.5.1 Niveles de protección

Según la norma NF C 17-102 y la norma UNE 21186-96 proyectaremos para tres niveles de protección

Nivel 1: Nivel de máxima seguridad. Recomendado en edificios y lugares de pública concurrencia, alto número de impactos de rayos/año medio-bajo, zonas aisladas, etc.

Nivel 2: Nivel de alta seguridad. Recomendado para protección de personas y estructuras con un índice de impactos de rayos/año medio-bajo, zonas en núcleos urbanos, etc.

Nivel 3: Nivel de seguridad estándar. Se recomienda este nivel para la protección de estructuras en zonas de bajo nivel de impacto de rayo/año, estructuras poco elevadas, etc.

3.5.2 Pararrayos Pulsar de Helita

En el momento en que el rayo se acerca al suelo, se crea una descarga sobre toda la estructura conductora. El dispositivo de cebado pulsar le permite reducir el tiempo necesario para la formación y prolongación continua de la descarga ascendente y le asegura así una mayor eficiencia en la captura del rayo, que en un pararrayo de tipo Franklin. Este emite una señal de impulsos de alta tensión de amplitud y frecuencias determinadas y controladas.

Asegura su eficiencia mediante la rápida formación de un trazador ascendente que se prolonga de manera continua hacia el trazador descendente, mientras reduce el desarrollo de la carga de espacio que pueda entorpecer el proceso natural.

Los pararrayos pulsar, totalmente autónomos desde el punto de vista energético toman la energía eléctrica necesaria para la generación de los pulsos de alta tensión del campo ambiente que existe en el momento de la tormenta.

3.5.3 Pararrayos Ingesco PDC

Este pararrayo tiene como función específica, producir una ionización dirigida hacia la nube, canalizando desde su origen la posible descarga eléctrica.

Entre el conjunto excitador, que se encuentra al mismo potencial que, en el aire circundante, la punta y el conjunto deflector se hallan a igual potencial que la tierra, se establece una diferencia de potencial mas elevada, cuando mas alto es el gradiente de potencial atmosférico y por ende cuando más inminentes hallan la formación de un rayo

Los radios de protección de los distintos modelos de las puntas ingesco PDC son considerados con un mástil de 6 metros de altura.

A continuación se calcula el pararrayos para el edificio M6, cuyos datos son los siguientes:

Estructura localizada donde hay otras del mismo tamaño

Normalmente ocupado

Estructura: común

Techo: común
Contenido de estructura: valor común
Continuidad de servicio. No requerido
Altura del edificio: 8 metros
Radio de protección requerido: 40 metros
Nivel cerámico 69
Ancho 35 metros
Largo 45 metros

Utilizando las ecuaciones anteriores se tiene:

$$N_{g \max} = \frac{69}{10} = 6.9$$

$$A_e = 45 \times 35 + 6 \times 8(45 + 35) + 9\pi \times 8^2 = 7329.28$$

$$N_d = 6.9 \times 7329.28 \times 0.25 \times 10^{-6} = 0.0126$$

$$N_c = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{1 \times 1 \times 1 \times 1} = 0.0055$$

Debido a que $N_d > N_c$ entonces calculamos E

$$E \geq 1 - \frac{0.0055}{0.0126} = 0.56$$

Con los datos obtenidos consultamos las tablas del anexo, (Tablas A 12, y A14 del anexo), valores críticos de E inefectivos y Radios de protección de pararrayos PDC y encontramos que:

Nivel de protección III ($0 < E \leq 0.8$)

Tipo de pararrayo: INGESCO PDC Modelo PDC 3.1.

De igual forma para el edificio T2 con un ancho de 42 metros, largo de 51 metros, una altura de 8 metros, radio de protección de 40 metros, nivel cerámico de 69 se calcula el pararrayos.

$$N_{g \max} = \frac{69}{10} = 6.9$$

$$A_e = 51 \times 42 + 6 \times 8(51 + 42) + 9\pi \times 8^2 = 8415.56$$

$$N_d = 6.9 \times 8415.56 \times 0.25 \times 10^{-6} = 0.0145$$

$$N_c = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{1 \times 1 \times 1 \times 1} = 0.0055$$

Debido a que $N_d > N_c$ entonces calculamos E

$$E \geq 1 - \frac{0.0055}{0.0145} = 0.62$$

Con los datos obtenidos consultamos las tablas del anexo, (Tablas A 12, y A14 del anexo), valores críticos de E inefectivos y Radios de protección de pararrayos PDC y encontramos que se debe instalar un pararrayos con las siguientes características:

Nivel de protección III ($0 < E \leq 0.8$)

Tipo de pararrayo: INGESCO PDC Modelo PDC 3.1.

4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS

4.1 Comparación del edificio T2

De acuerdo con los datos obtenidos en el diagnóstico y evaluación de las instalaciones del edificio T2 y los datos obtenidos en el análisis teórico de las mismas, se presentan a continuación tablas comparativas de estos datos que se obtuvieron.

4.1.1 Comparación de conductores edificio T2

Las siguientes tablas presentan los datos comparativos que se han obtenido en el estudio del edificio T2. datos calculados y datos de condiciones actuales de dicho edificio.

Tabla LXI. Tablas comparativas de cálculo de conductores Tablero 1, primer nivel edificio T2

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	10	12	12	Iluminación, Fuerza
2	10	10	12	Fuerza
3	12	14	10	Iluminación
4	12	10	10	Iluminación, Fuerza
5	12	14	14	Fuerza
6	12	14	14	Fuerza
7	12	12	10	Iluminación
8	12	12	8	Iluminación
9	12	10	12	Iluminación, Fuerza
10	10	10	10	Fuerza
11	10	12	10	Fuerza
12	12	14	12	Iluminación
13	10	10	10	Fuerza
14	10	12	12	Iluminación
15	10	12	10	Iluminación, Fuerza
16	12	14	12	Iluminación, Fuerza
17	12	14	12	Iluminación
18	12	14	12	Iluminación
19	10	10	10	Fuerza
20	12	12	10	Iluminación, Fuerza
21	12	12	12	Iluminación
22	12	14	12	Fuerza
23	10	10	12	Fuerza
24	12	12	12	Fuerza
25	12	12	12	Fuerza
26	10	10	10	Fuerza
27	10	10	10	Fuerza

Fuente: Instalaciones del edificio T2

Tabla LXII. Tablas comparativas de cálculo de conductores Tablero 2, primer nivel edificio T2

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	10	10	12	Fuerza
2	10	12	12	Fuerza
3	12	12	12	Fuerza
4	12	12	12	Fuerza
5	12	14	12	Fuerza
6	12	14	12	Fuerza
7	12	14	12	Fuerza
8	12	14	10	Fuerza
9	12	12	12	Fuerza
10	12	14	14	Iluminación
11	12	14	12	Iluminación
12	12	14	12	Iluminación
13	12	12	12	Fuerza
14	10	12	14	Fuerza
15	10	12	12	Fuerza
16	12	14	12	Iluminación
17	12	14	12	Iluminación
18	12	14	12	Iluminación
19	12	14	12	Iluminación
20	12	14	12	Iluminación
21	12	14	12	Iluminación
22	12	14	12	Iluminación
23	12	14	12	Iluminación
24	12	14	14	Iluminación
25	12	14	12	Iluminación

Fuente: Instalaciones edificio T2

**Tabla LXIII. Tablas comparativas de cálculo de conductores Tablero 3,
segundo nivel edificio T2**

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	12	14	14	ILUMINACIÓN
2	12	12	12	FUERZA
3	12	14	14	ILUMINACIÓN
4	12	14	14	ILUMINACIÓN
5	12	14	12	ILUMINACIÓN
6	12	14	12	ILUMINACIÓN
7	12	14	12	FUERZA
8	12	14	14	FUERZA
9	12	14	12	ILUMINACIÓN
10	12	14	14	FUERZA
11	12	14	10	ILUMINACIÓN
12	12	14	10	ILUMINACIÓN
13	12	14	12	FUERZA
14	12	14	12	FUERZA
15	6	10	12	FUERZA
16	6	8	8	FUERZA
17	2	4	4	FUERZA
18	12	14	12	ILUMINACIÓN
19	10	12	10	FUERZA
20	12	14	12	ILUMINACIÓN
21	12	14	12	ILUMINACIÓN
22	12	14	12	FUERZA
23	12	14	10	ILUMINACIÓN
24	12	14	12	FUERZA
25	12	14	12	ILUMINACIÓN
26	12	14	14	ILUMINACIÓN
27	12	14	12	FUERZA
28	12	14	12	FUERZA
29	12	14	14	ILUMINACIÓN
30	12	14	14	FUERZA
31	12	14	14	FUERZA
32	12	14	14	FUERZA
33	10	12	12	FUERZA

Fuente: Instalaciones edificio T2

**Tabla LXIV. Tablas comparativas de cálculo de conductores Tablero 4,
segundo nivel edificio T2**

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	12	14	12	Iluminación
2	12	14	12	Iluminación
3	12	14	12	Fuerza
4	12	14	12	Iluminación
5	12	14	12	Iluminación
6	12	14	12	Fuerza
7	12	14	12	Iluminación
8	12	14	12	Iluminación
9	12	14	12	Fuerza
10	12	14	12	Iluminación
11	12	14	12	Iluminación
12	12	14	12	Fuerza
13	12	14	14	Iluminación
14	12	14	14	Iluminación
15	12	14	14	Iluminación
16	12	14	14	Fuerza
17	12	14	14	Fuerza
18	12	14	12	Iluminación
19	12	14	14	Fuerza
20	12	14	14	Iluminación
21	12	14	14	Iluminación
22	12	14	14	Iluminación
23	12	14	10	Iluminación
24	12	14	10	Iluminación
25	12	14	10	Iluminación
26	12	14	10	Iluminación
27	12	14	10	Iluminación
28	12	14	12	Fuerza
29	12	14	12	Fuerza
30	12	14	12	Fuerza
31	12	14	12	Fuerza

Fuente: Instalaciones edificio T2

4.1.2 Comparación de luminarias T2

Las siguientes tablas presentan los datos comparativos que se han obtenido en el estudio de las luminarias instaladas en el edificio T2. Datos calculados y datos recopilados de dichas instalaciones.

Tabla LXV. Tablas comparativas de cálculo de Luminarias, primer nivel edificio T2

AMBIENTE	NÚMERO DE LUMINARIAS						LUMINARIAS CALCULADAS	LUMINARIAS INSTALADAS
	Cu	E	n	Φ	FPT	N		
Primer Nivel								
Unidad de orientación	0.55	600	4	2900	0.75	3.28	3	3
Salón 109	0.66	1200	4	2900	0.75	12.19	12	12
Salón 108	0.66	1200	4	2900	0.75	12.19	12	12
CIDAR	0.73	1200	4	2900	0.75	27.00	27	26*2*40 mas 20*4*40
Área de lockers	0.46	500	3	2900	0.75	2.50	2	2
Salón peg D:M	0.64	1000	4	2900	0.75	8.22	8	8
Diseño medio	0.64	1000	4	2900	0.75	8.22	8	8
Cubículos	0.55	1000	4	2900	0.75	5.47	5	5
Salida a T1	0.40	500	4	2900	0.75	1.89	2	2
Tesorería	0.51	600	4	2900	0.75	2.72	3	3
Deleg. Auditoría	0.32	600	4	2900	0.75	1.30	1	1
Control académico	0.66	1000	4	2900	0.75	10.16	10	10
Área fotográfica	0.51	1000	4	2900	0.75	4.54	5	4
Secretaría	0.36	500	4	2900	0.75	1.20	1	1
Secret. Decano	0.43	700	3	2900	0.75	2.98	3	3
Decano	0.43	700	4	2900	0.75	2.24	2	3
Área de lab digital	0.55	1200	4	2900	0.75	7.47	7	8
Salón maestría	0.43	500	3	2900	0.75	2.13	2	2
Direc. Postgrado	0.43	500	4	2900	0.75	1.60	2	2
Asig. Interciclo	0.43	700	4	2900	0.75	2.24	2	3
Coord acad matut.	0.43	700	4	2900	0.75	2.24	2	2

Fuente: Instalaciones edificio T2

Tabla LXVI. Tablas comparativas de cálculo de Luminarias, segundo nivel edificio T2

AMBIENTE	NÚMERO DE LUMINARIAS						LUMINARIAS CALCULADAS	LUMINARIAS INSTALADAS
	Cu	E	n	Φ	FPT	N		
Segundo nivel								
Salón 215	0.59	1000	4	2900	0.75	6.32	6	6
AEDA	0.59	1000	4	2900	0.75	6.32	6	6
Grafos	0.59	1000	4	2900	0.75	6.32	6	6
Unidad dibujo natural	0.59	1000	4	2900	0.75	6.32	6	6
Salón 212	0.58	1000	4	2900	0.75	5.95	6	6
Salón 211	0.60	1000	4	2900	0.75	6.70	7	6
Salón 210	0.63	1000	4	2900	0.75	7.71	8	6
Folklore Andino	0.32	300	2	2900	0.75	1.30	1	1
Baños hombres	0.43	300	1	2900	0.75	3.83	4	3
Baños mujeres	0.43	300	1	2900	0.75	3.83	4	3
Salón dibujo	0.66	1200	4	2900	0.75	12.54	13	12
Salón 205	0.66	1200	4	2900	0.75	12.54	13	12
Salón dibujo	0.63	1200	4	2900	0.75	10.88	11	9
Salón 204	0.57	1200	4	2900	0.75	7.06	7	6
Área de lockers	0.49	1000	4	2900	0.75	4.61	5	4
Evaluación docente	0.49	1000	4	2900	0.75	4.61	5	4
Área Tecnológica	0.62	1200	4	2900	0.75	8.71	9	8
Urbanismo y ambiente	0.39	400	2	2900	0.75	2.12	2	2
EPS	0.51	400	4	2900	0.75	1.81	2	2
Pasillos norte	0.46	400	4	2900	0.75	5.42	5	5
Pasillos este	0.45	400	4	2900	0.75	4.08	4	5

Fuente: Instalaciones edificio T2

4.2 Comparación del edificio M6

Con los datos obtenidos en el diagnóstico y evaluación de las instalaciones del edificio M6 y los datos obtenidos en el análisis teórico de las mismas, se presentan a continuación tablas comparativas de estos datos que se obtuvieron.

4.2.1 Comparación de conductores edificio M6

Las siguientes tablas presentan los datos comparativos que se han obtenido en el estudio del edificio M6. Datos calculados y datos de condiciones actuales de dicho edificio.

Tabla LXVII. Tablas comparativas de cálculo de conductores Tablero 2, primer nivel edificio M6

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	12	12	8	Iluminación, fuerza
2	12	12	8	Iluminación, fuerza
3	12	12	8	Iluminación, fuerza
4	12	12	8	Iluminación, fuerza
5	12	12	10	Iluminación, fuerza
6	12	12	12	Iluminación, fuerza
7	12	12	10	Iluminación, fuerza

Fuente: Instalaciones edificio M6

Tabla LXVIII. Tablas comparativas de cálculo de conductores Tablero 4, primer nivel edificio M6

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	12	14	10	Iluminación
2	12	14	12	Iluminación
3	12	14	12	Iluminación
4	12	14	14	Iluminación
5	12	12	10	Fuerza
6	12	12	10	Fuerza
7	12	12	12	Fuerza
8	12	12	12	Fuerza

Fuente: Instalaciones edificio M6

**Tabla LXIX. Tablas comparativas de cálculo de conductores Tablero 6,
segundo nivel edificio M6**

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	12	12	12	Iluminación
2	12	12	12	Iluminación
3	12	12	12	Iluminación
4	12	12	10	Iluminación
5	12	12	10	Iluminación
6	12	14	12	Iluminación
7	12	14	12	Iluminación
8	12	12	12	Fuerza
9	12	12	10	Fuerza
10	12	14	10	Iluminación, fuerza
11	12	14	12	Iluminación, fuerza
12	12	14	12	Iluminación, fuerza

Fuente: Instalaciones edificio M6

**Tabla LXX. Tablas comparativas de cálculo de conductores Tablero 7,
segundo nivel edificio M6**

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	12	12	12	Iluminación
2	12	12	12	Iluminación
3	12	12	12	Fuerza
4	12	12	12	Fuerza

Fuente: Instalaciones edificio M6

**Tabla LXXI. Tablas comparativas de cálculo de conductores Tablero 8,
segundo nivel edificio M6**

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	10	12	10	Fuerza
2	12	12	10	Iluminación
3	10	12	10	Fuerza
4	10	12	10	Fuerza

Fuente: Instalaciones edificio M6

**Tabla LXXII. Tablas comparativas de cálculo de conductores Tablero 9,
segundo nivel edificio M6**

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	12	12	12	Iluminación
2	10	12	10	Iluminación
3	12	12	10	Iluminación
4	12	12	12	Fuerza
5	12	12	10	Fuerza

Fuente: Instalaciones edificio M6

4.2.2 Comparación de luminarias edificio M6

Las siguientes tablas presentan los datos comparativos que se han obtenido en el estudio de las luminarias instaladas en el edificio M6. Datos que se han recopilado en la inspección visual del edificio y los datos calculados en el análisis teórico.

Tabla LXXIII. Tablas comparativas de cálculo de Luminarias, primer nivel edificio M6

AMBIENTE	NÚMERO DE LUMINARIAS						LUMINARIAS CALCULADAS	LUMINARIAS INSTALADAS
	Cu	E	n	ϕ	FPT	N		
Primer nivel								
Lab 1 fisiología	0.48	500	3	2900	0.75	2.88	3	2
Lab 2 fisiología	0.48	500	3	2900	0.75	2.88	3	2
Lab 3 fisiología	0.54	500	3	2900	0.75	3.44	3	3
Lab 4 fisiología	0.54	500	3	2900	0.75	3.44	3	3
Bodega fisiología	0.63	500	3	2900	0.75	5.14	5	6
Cieta	0.46	500	2	2900	0.75	3.75	4	2
Área fisiología	0.43	500	2	2900	0.75	3.19	3	2
Coord. Depto fisiología	0.39	500	3	2900	0.75	1.77	2	1
Aux. fisiología	0.39	500	3	2900	0.75	1.77	2	1
Of. Técnico lab.	0.39	500	3	2900	0.75	1.77	2	1
Secretaría fisiología	0.43	500	3	2900	0.75	2.13	2	2
Pasillos fisiología	0.42	400	1	2900	0.75	23.00	23	21
Salón 101	0.65	700	3	2900	0.75	8.90	9	9
Dif. Tec. Fincas	0.47	500	3	2900	0.75	2.97	3	2
Caja	0.63	800	3	2900	0.75	8.22	8	9
Baño hombres	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	3	2
Baños mujeres	0.47	300	2	2900	0.75	2.42	2	2
Guardianía	0.35	200	2	2900	0.75	1.04	1	1
Salón de actos	0.72	800	4	2900	0.75	19.14	19	17 ojo buey 8 lamp
Tesorería	0.58	600	3	2900	0.75	4.76	5	4
Control académico	0.51	600	3	2900	0.75	3.63	4	3
Secretaría adjunta	0.51	600	3	2900	0.75	3.63	4	2
Decanatura	0.51	600	3	2900	0.75	3.63	4	2
Salón de juntas	0.51	600	3	2900	0.75	3.63	4	3
Pasillos ancho	0.41	300	1	2900	0.75	11.76	12	12
Pasillos largo	0.43	300	1	2900	0.75	17.37	17	20

Fuente: Instalaciones edificio M6

Tabla LXXIV. Tablas comparativas de cálculo de Luminarias, segundo nivel edificio M6

AMBIENTE	NÚMERO DE LUMINARIAS						LUMINARIAS CALCULADAS	LUMINARIAS INSTALADAS
	Cu	E	n	Φ	FPT	N		
Segundo nivel								
Salón 226	0.65	800	2	2900	0.75	15.25	15	16
Salón 227	0.65	800	2	2900	0.75	15.25	15	16
Salón 208	0.54	800	2	2900	0.75	8.25	8	6
Lab. Bromatología	0.65	800	2	2900	0.75	15.25	15	13
Baños mujeres	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	3	2
Baños hombre	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	3	2
Café Internet	0.54	500	2	2900	0.75	5.16	5	4
Centro de computo	0.58	500	2	2900	0.75	5.95	6	6
Produc. Animal	0.48	500	4	2900	0.75	2.16	2	2
Coord. Mej. Animal	0.48	500	4	2900	0.75	2.16	2	2
Secretaría Prod. Animal	0.48	500	4	2900	0.75	2.16	2	2
Unidad Prod. Anim. Sost.	0.48	500	4	2900	0.75	2.16	2	2
Unidad estadística	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	3	2
Lic Isidro M	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	3	2
Reproducción	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	3	2
Comedor Cat. Zoot.	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	3	2
Salón clase zootecnia	0.51	700	2	2900	0.75	6.35	6	6
Auxs. Zootecnia	0.48	500	2	2900	0.75	3.84	4	4
Cubic. U. Agroindustrial	0.54	500	2	2900	0.75	5.16	5	4
Biblioteca	0.73	1000	2	2900	0.75	33.87	34	31
pasillos	0.42	300	1	2900	0.75	17.25	17	19
Esc. Zootecnia	0.54	500	2	2900	0.75	5.16	5	4

Fuente: Instalaciones edificio M6

4.3 Comparación de La Granja de Veterinaria

Con los datos obtenidos en el diagnóstico y evaluación de las instalaciones de la Granja de Veterinaria y los datos obtenidos en el análisis teórico de las mismas, se presentan a continuación tablas comparativas de estos datos que se obtuvieron, tanto del calibre de conductores, así como el número de luminarias instaladas.

4.3.1 Comparación de conductores, Granja de Veterinaria

Las siguientes tablas presentan los datos comparativos que se han obtenido en el estudio de las instalaciones de la Granja de Veterinaria, datos calculados y datos de condiciones actuales de dicha Granja.

Tabla LXXV. Tablas comparativas de cálculo de conductores, Tablero 2, Área de Lácteos Granja de Veterinaria

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	2/0	4	4/0	subtableros
2	8	8	8	subtableros

Fuente: Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla LXXVI. Tablas comparativas de cálculo de conductores, Tablero 1, Área de Lácteos Granja de Veterinaria

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	6	10	12	Fuerza
2	6	10	12	Fuerza
3	12	12	12	Iluminación fuerza
4	10	12	10	Fuerza
5	8	10	12	Fuerza

Fuente: Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla LXXVII. Tablas comparativas de cálculo de conductores, Tablero 1, Área de Concentrados, Granja de Veterinaria

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	12	12	12	Iluminación, fuerza
2	4/0	8	1/0	subtablero

Fuente: Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla LXXVIII. Tablas comparativas de cálculo de conductores, Tablero 2, Área de Concentrados, Granja de Veterinaria

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	8	10	10	Fuerza
2	8	10	12	Fuerza
3	8	10	6	subtablero
4	12	12	10	Iluminación, fuerza
5	12	12	10	iluminación, fuerza

Fuente: Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla LXXIX. Tablas comparativas de cálculo de conductores, Tablero 3, Área de Cochiqueras, Granja de Veterinaria

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	10	14	14	Fuerza
2	10	12	10	Fuerza
3	12	12	14	Iluminación, fuerza
4	10	10	6	Iluminación, fuerza

Fuente: Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla LXXX. Tablas comparativas de cálculo de conductores, Tablero 4, Área de Conejeras, Granja de Veterinaria

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	12	12	12	Iluminación
2	12	12	12	Fuerza

Fuente: Instalaciones Granja de Veterinaria

Tabla LXXXI. Tablas comparativas de cálculo de conductores, Tablero 5, Área de Aves, Granja de Veterinaria

CIRCUITO	CALIBRE INSTALADO AWG/MCM	CALIBRE POR CAPACIDAD DE CORRIENTE AWG/MCM	CALIBRE POR CAÍDA DE TENSIÓN AWG/MCM	TIPO DE CIRCUITO
1	10	12	10	Fuerza
2	10	8	10	Fuerza
3	12	14	10	Iluminación
4	12	14	14	Iluminación, fuerza
5	10	10	6	fuerza

Fuente: Instalaciones Granja de Veterinaria

4.3.2 Comparación de luminarias Granja de Veterinaria

Cabe mencionar que en Granja de Veterinaria, las instalaciones de iluminación se encuentran en malas condiciones, por ejemplo, en el área de concentrados, solamente cuenta con dos lámparas y dos focos que han sido instalados empíricamente por el encargado del sector, también el área de cochiqueras que solamente cuenta con tres lámparas y es un sector bastante amplio.

Estas instalaciones empíricas y sobrepuestas, se han creado debido a que las instalaciones originales han sufrido cortocircuitos que han dejado a estos sectores fuera de funcionamiento, según información de los señores encargados de los sectores.

Las siguientes tablas presentan los datos comparativos que se han obtenido en el estudio de las luminarias instaladas en la Granja de Veterinaria. Datos que se han recopilado en la inspección visual de las instalaciones de la Granja y los datos calculados en el análisis teórico.

Tabla LXXXII. Tablas comparativas de cálculo de Luminarias, Granja de Veterinaria

AMBIENTE	NÚMERO DE LUMINARIAS						LUMINARIAS CALCULADAS	LUMINARIAS INSTALADAS
	Cu	E	n	Φ	FPT	N		
Procesamiento lácteos	0.69	300	2	2900	0.75	5.41	5	3
Bodeguita proc. Lac.	0.35	300	2	2900	0.75	1.38	1	1
Oficina Proc. Lac.	0.45	300	2	2900	0.75	2.16	2	1
Bodega Proc. Lac.	0.47	300	2	2900	0.75	2.18	2	1
Cuarto de mezcladora	0.47	300	2	2900	0.75	2.49	2	1 reflector
Ordeño junto a lac.	0.45	300	2	2900	0.75	2.08	2	1 reflector
Ordeño	0.71	150	3	2900	0.75	3.88	4	2 reflectores
Establo	0.72	150	3	2900	0.75	4.78	5	2 reflectores
Vigilancia	0.69	100	1	1240	0.75	11.20	11	12 bombillos
Mezcladora concentrados	0.70	250	2	2900	0.75	6.74	7	1 lamp, 1 bombillo
Of. Encargado concentrados	0.39	300	2	2900	0.75	1.59	2	1 bombillo
Bodeguita 1	0.41	300	2	2900	0.75	1.73	2	1 bombillo
Bodega 2	0.56	300	2	2900	0.75	3.33	3	1 bombillo
Bodega principal	0.65	300	2	2900	0.75	5.44	5	1 bombillo
Oficina 1	0.48	300	2	2900	0.75	2.59	3	1
Oficina 2	0.64	300	2	2900	0.75	5.17	5	2
Cochiguera sector crías	0.64	150	2	2900	0.75	4.34	4	1
Cochiguera sector 1	0.70	150	2	2900	0.75	6.17	6	1
Cochiguera sector 2	0.71	150	2	2900	0.75	6.79	7	0
Cochiguera sector 3	0.61	150	2	2900	0.75	3.97	4	0
Cochiguera sector 4	0.75	150	2	2900	0.75	10.11	10	1
Bodega cochiguera	0.63	150	2	2900	0.75	2.48	2	1
Conejera	0.74	150	2	2900	0.75	5.96	6	3 reflectores
Galpones Aves	0.81	50	2	2900	0.75	5.78	6	5
Bodega Aves	0.59	150	2	2900	0.75	2.32	2	2
Baños/vestidores Aves	0.59	150	2	2900	0.75	2.32	2	1

Fuente: Instalaciones Granja de Veterinaria

5. MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA Y ARMÓNICOS

5.1 Calidad de energía

El término "calidad de energía eléctrica" se emplea para describir la variación de la tensión, corriente, y frecuencia en el sistema eléctrico. Históricamente, la mayoría de los equipos son capaces de operar satisfactoriamente con variaciones relativamente amplias de estos tres parámetros. Sin embargo, en los últimos diez años se han agregado al sistema eléctrico un elevado número de equipos, no tan tolerantes a estas variaciones, incluyendo a los controlados electrónicamente.

Los disturbios en el sistema, que se han considerado normales durante muchos años, ahora pueden causar desorden en el sistema eléctrico industrial, con la consecuente pérdida de producción. Adicionalmente, deben tomarse en cuenta nuevas medidas para desarrollar un sistema eléctrico confiable, mismas que anteriormente no se consideraron significativas.

Es importante darse cuenta de que existen otras fuentes de disturbios que no están asociadas con el suministro eléctrico de entrada. Estas pueden incluir descargas electrostáticas, interferencia electromagnética radiada, y errores de operadores. Adicionalmente, los factores mecánicos y ambientales juegan un papel en los disturbios del sistema. Estos pueden incluir temperatura, vibración excesiva y conexiones flojas.

5.1.1 Disturbios en el sistema

Los disturbios en el sistema son variaciones generalmente temporales en la tensión del sistema, que pueden causar mala operación o fallas del equipo.

La variación de frecuencia puede ocasionalmente ser un factor en los disturbios del sistema, especialmente cuando una carga es alimentada por un generador de emergencia u ocurre un desequilibrio entre la carga de la planta industrial y la generación debido a la pérdida del suministro eléctrico. Sin embargo cuando el sistema eléctrico del usuario está interconectado a una red de potencia relativamente fuerte, la variación de frecuencia resulta a veces de preocupación insignificante.

5.1.2 Disturbios por sobretensiones transitorias

Las sobretensiones transitorias se refieren a variaciones en la forma de onda de tensión. Que dan como resultado condiciones de sobretensión durante una fracción de ciclo de la frecuencia fundamental. Las fuentes comunes de estos transitorios son los rayos, operación de los dispositivos de interrupción de los sistemas eléctricos y el arqueo de conexiones flojas o fallas intermitentes.

5.1.3 Disturbios por bajo voltaje momentáneo

Las caídas de tensión momentáneas de 60 Hz. se han vuelto un problema común en los años recientes, produciendo efectos que van desde el parpadeo de relojes digitales en los hogares hasta procesos industriales interrumpidos.

Esta es una condición que típicamente ocurre cuando se inicia una falla en el sistema eléctrico y dura hasta que la falla sea eliminada por un dispositivo de sobrecorriente.

La falla puede ocurrir en la planta industrial o en el sistema de la empresa eléctrica. Este tipo de condición puede ocurrir también durante el arranque de motores grandes.

5.1.4 Interrupciones de servicio

La pérdida completa de energía en una instalación es generalmente de un orden de magnitud menos frecuente que un disturbio por voltaje bajo momentáneo. Sin embargo, si la frecuencia es suficientemente significativa, entonces deben tomarse las medidas para tener una fuente alterna disponible en base conveniente.

5.1.5 Normas aplicables a la calidad de energía

Los disturbios en el sistema fueron un factor en el diseño de sistemas de alimentación para computadoras a finales de los 60's y 70's. Sólo en los últimos 5 ó 10 años fue que los controles por computadora se han hecho más comunes.

Consecuentemente, muy pocas normas tratan con la definición de variaciones de tensión de corto tiempo aceptables, pero se ha trabajado para desarrollar normas en esta área.

Las normas significativas con respecto a variación de tensión se resumen como sigue:

- Las variaciones de tensión en estado estacionario son definidas por la norma ANSI C84.1. Para tensiones de servicio hasta de 600 V, se espera que la tensión normal de servicio esté dentro de $\pm 5\%$ de la nominal, con variaciones de tanto como $+5.8\%$ hasta -8.3% para períodos cortos. Las variaciones aceptables para otras tensiones del sistema se dan en la Norma ANSI C84.1.
- La Publicación de Normas NEMA. MG-1 motores y Generadores (Sección-12.45) establece que "los motores polifásicos de c. a. deberán operar satisfactoriamente bajo condiciones de operación a carga nominal cuando el desbalance de tensión en las terminales del motor no exceda del 1%". La sección I-14.5 de la misma norma proporciona una curva de reducción de carga para desbalances de tensión mayores:

90% con desbalance de 3% y 75% con desbalance de 5%. No se recomienda la operación de motores para desbalances de tensión de más de 5%. La Norma ANSI C84.1 recomienda que "los sistemas de suministro eléctrico deberán estar diseñados y operar para limitar el desbalance máximo de tensión al 3 % cuando se mida en el medidor de la empresa eléctrica, bajo condiciones sin carga. "

- Los voltajes bajos temporales a frecuencia fundamental, las cuales llegan a caer a un 88.3% de lo especificado por la Norma ANSI 84. 1, pueden dar como resultado la interrupción de la operación de algún equipo.

5.2 Armónicos

En un sistema de potencia ideal, el voltaje que abastece a los equipos de los clientes, y la corriente de carga resultante son perfectas ondas sinusoidales. En la práctica, sin embargo, las condiciones nunca son ideales, tan así que estas formas de onda se encuentran frecuentemente muy deformadas. Esta diferencia con la perfecta onda sinusoidal, se expresa comúnmente desde el punto de vista de la distorsión armónica de las formas de onda del voltaje y de la corriente.

La distorsión armónica en los sistemas de potencia no es un fenómeno nuevo. Esfuerzos para limitarlo a proporciones aceptables ha sido el interés de ingenieros de potencia desde los primeros días de los sistemas de distribución.

Entonces, la distorsión era ocasionada típicamente por la saturación magnética de transformadores o por ciertas cargas industriales, tales como hornos o soldadores de arco. El mayor interés eran los efectos de los armónicos sobre motores sincrónicos y de inducción, interferencia telefónica, y fallas en capacitores de potencia. En el pasado, los problemas de armónicas podían ser tolerados porque los equipos tenían un diseño conservador y las conexiones estrella/delta de los transformadores se usaron juiciosamente.

La distorsión de la sinusoidal fundamental, generalmente ocurre en múltiplos de la frecuencia fundamental. Así sobre un sistema de potencia de 60 Hz, la onda armónica tiene una frecuencia expresada por:

$$f_{\text{harmonics}} = n \times 60 \text{ Hz}$$

Donde: n es un entero.

Los armónicos son caracterizados frecuentemente por un factor de distorsión armónica (DF) definido como:

$$\text{DF} = \frac{\sqrt{\text{Sum of squares of harmonic amplitudes}}}{\text{Amplitude of the fundamental}}$$

El factor de distorsión puede usarse para caracterizar tanto la distorsión en las ondas de voltaje como de corriente. Los factores totales de distorsión armónica pueden especificarse para una gama de armónicos tal como el segundo a través del undécimo armónico.

El factor de distorsión también puede ser obtenido para armónicos sencillos o de pequeña magnitud. La distorsión armónica total (THD) es el factor de distorsión que incluye a todos los armónicos relevantes (típicamente tomado como el segundo a través del quincuagésimo armónico).

5.2.1 Importancia de los armónicos, en los sistemas actuales.

Como se mencionó recientemente, los problemas por distorsión armónica no son nuevos ni para las compañías de distribución eléctrica ni para los sistemas industriales.

Hoy día son necesarios ciertos métodos para reducir los armónicos, debido a tres razones principales:

- La proliferación en el uso de los convertidores estáticos de potencia.
- Las resonancias de red han aumentado.
- Las cargas del sistema de potencia son cada vez más sensibles al armónico.

La introducción de convertidores de potencia confiable y eficiente ha ocasionado un aumento elevado en el número de dispositivos generadores de armónicas lo que ha resultado en su dispersión sobre todo el sistema de potencia. El término " convertidor estático de potencia ", como se usa en este texto, se refiere al dispositivo semiconductor que convierte potencia de una frecuencia en potencia de otra frecuencia. Los tipos de convertidores más comunes en la industria son el rectificador, convertidor de potencia AC en DC, y el inversor que convierte de potencia DC a AC.

Además, el problema de los armónicos es agravado frecuentemente por la tendencia actual de instalar condensadores para mejorar el factor de potencia o regular el voltaje. Debido a que los capacitores se instalan en paralelo con la inductancia del sistema de potencia, entonces puede producirse una condición resonante a la frecuencia dada por:

$$f_{resonant} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Donde:

L = inductancia del sistema de potencia

C = capacitancia del capacitor instalado.

Si una corriente armónica es inyectada (desde un convertidor estático de potencia, por ejemplo) con una frecuencia cercana a la frecuencia resonante, puede entonces circular una alta corriente oscilante, la que podría quemar el fusible de los condensadores y producir voltajes armónicos altos.

Además del aumento en los generadores de armónicas y la resonancia de la red, las cargas y los sistemas eléctricos no se han quedado atrás, y en algunos casos son aun más sensibles a los armónicos. Hay un número de nuevas áreas de interés continuo:

- Computadoras, la computadora controla herramientas, máquinas, y los diversos tipos de controladores digitales los cuales son especialmente susceptibles al armónico, así como también a otros tipos de interferencia.
- Los armónicos pueden ocasionar daños calentando el dieléctrico en cables subterráneos.
- La medición de reactivos puede ser adversamente afectada por los armónicos.
- Las fallas en bancos de capacitores son frecuentemente ocasionadas por los armónicos.
- Diseños menos conservadores para máquinas de rotación y transformadores, agravan los problemas de calentamiento ocasionados por los armónicos.
- Los armónicos pueden ser especialmente problemáticos para los sistemas de comunicación.

Los actuales problemas de armónicos pueden tener más consecuencias serias y generalizadas que en el pasado. Los diseñadores y los proyectistas de sistemas deberían ser capaces de reconocer y evitar o mitigar tales problemas.

5.2.2 Efectos de los armónicos

Los efectos de los armónicos se dividen en tres categorías generales:

- Efectos sobre el sistema de potencia mismo
- Efectos sobre la carga del consumidor
- Efectos sobre circuitos de comunicación

En el sistema de potencia, las corrientes armónicas son el problema principal, ocasionando recalentamiento y pérdida de vida útil. Esto refiriéndonos a motores o transformadores. El impacto es peor cuando la resonancia de la red amplifica las corrientes armónicas. Los armónicos pueden también interferir en la operación de relees y mediciones.

Los armónicos pueden ocasionar también errores de disparo a los tiristores en equipos convertidores y en instalaciones SVC, inexactitudes en las mediciones, y falsos disparos en los dispositivos de protección. El desempeño de los equipos de los consumidores, tales como controladores de velocidad de motores y fuentes de alimentación de computadoras, puede ser adversamente afectado por los armónicos. Además, las corrientes armónicas que fluyen sobre las líneas de potencia pueden inducir ruido sobre líneas cercanas de comunicación.

La distorsión armónica de voltaje puede ocasionar esfuerzos en el aislamiento de equipos, particularmente en condensadores. Cuando los armónicos deforman el voltaje en el banco de condensadores, el voltaje pico puede ser lo suficientemente alto como para ocasionar una descarga parcial, o efecto corona, dentro de el dieléctrico del condensador. Esto puede producir eventualmente un cortocircuito entre bornes y carcasa y hacer fallar al condensador.

Las corrientes armónicas altas también ocasionan el disparo de fusibles en bancos de condensadores. Esto ocasiona la pérdida de una fuente de alimentación reactiva al sistema, lo que puede ocasionar otros problemas.

5.2.3 Fuentes de Armónicos

Los armónicos son ocasionados por cargas no lineales conectadas al sistema de potencia. Las cargas no lineales producen corrientes no sinusoidales. Los resistores, inductores, y los condensadores son dispositivos lineales. Cuando se conecta una carga resistiva en el sistema de potencia AC, se obtiene una corriente sinusoidal. Cuando se conecta una carga inductiva, se observan corrientes sinusoidales aunque con fase diferente a la carga resistiva. Hay muchos tipos de cargas no lineales que producen armónicos. La fuente más grande de armónicos son los convertidores. Los convertidores oscilan desde enormes subestaciones inversoras de 1000 MW para líneas HVDC (High Voltaje DC) hasta rectificadores de 75 W encontrados en una televisión.

Las otras fuentes no lineales de armónicos incluyen dispositivos de arco tales como hornos de arco, impedancia magnetizante de transformadores, y luces fluorescentes. La corriente armónica ocasionada por las fuentes no lineales puede ocasionar la distorsión armónica en el voltaje del sistema, lo que puede ocasionar problemas para otros dispositivos.

5.2.4 IEEE 519

Las normas estadounidenses con respecto a los armónicos han sido agrupadas por la IEEE en la norma 519: IEEE Recomendaciones Prácticas y Requerimientos para el Control de armónicas en Sistemas Eléctricos de Potencia. Existe un efecto combinado de todas las cargas no lineales sobre el sistema de distribución la cual tienen una capacidad limitada para absorber corrientes armónicas. Adicionalmente, las compañías de distribución tienen la responsabilidad de proveer alta calidad de abastecimiento en lo que respecta al nivel del voltaje y su forma de onda. IEEE 519 hace referencia no solo al nivel absoluto de armónicos producido por una fuente individual sino también a su magnitud con respecto a la red de abastecimiento.

Se debe tomar en cuenta que la IEEE 519 esta limitada por tratarse de una colección de recomendaciones prácticas que sirven como guía tanto a consumidores como a distribuidores de energía eléctrica. Donde existan problemas, a causa de la inyección excesiva de corriente armónica o distorsión del voltaje, es obligatorio para el suministrador y el consumidor, resolver estos problemas.

El propósito de la IEEE 519 es el de recomendar límites en la distorsión armónica según dos criterios distintos, específicamente:

- Existe una limitación sobre la cantidad de corriente armónica que un consumidor puede inyectar en la red de distribución eléctrica.
- Se establece una limitación en el nivel de voltaje armónico que una compañía de distribución de electricidad puede suministrar al consumidor.

Es importante notar que en la siguiente tabla se muestran únicamente los límites para armónicos impares. IEEE 519 da lineamientos para los armónicos pares limitándolos al 25% de los impares, dentro de la misma gama. El armónico par es el resultado de una onda de corriente asimétrica (con forma diferente a la positiva y negativa) que puede contener componentes DC que saturarán los núcleos magnéticos.

Para equipos de generación, IEEE 519 no discrimina en el tamaño. Los límites son más estrictos que los límites de inyección de armónicos son menores que los mostrados en la tabla.

Tabla LXXXIII. IEEE 519 Límites en la distorsión de la corriente.

Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes entre 120 - 69,000 voltios.						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
ISC/IL	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes entre 69,000 - 161,000 voltios.						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
ISC/IL	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20*	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20<50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50<100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100<1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.25	0.7	10.0
Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes > 161,000 voltios.						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
ISC/IL	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<50	2.0	1.0	0.75	0.30	0.15	2.5
50	3.0	1.5	1.15	0.45	0.22	3.75
Los armónicos pares se limitan al 25% de los límites de los armónicos impares mostrados anteriormente						
* Todo equipo de generación se limita a estos valores independientemente del valor de Isc/Il que presente						
Donde ISC = corriente Máxima de cortocircuito en el punto de acoplamiento común. IL = Máxima demanda de la corriente de carga (a frecuencia fundamental) en el punto de acoplamiento común. TDD = Distorsión total de la demanda (RSS) en % de la demanda máxima. Para condiciones con duración superior a una hora. Para períodos más cortos el límite aumenta un 50%						

5.2.5 Factor K

El factor K es una medida del calentamiento del transformador como efecto de las corrientes armónicas de la carga que alimenta, y se define como a continuación se muestra:

$$\text{factor } k = \sum (i_h)^2 h^2$$

Donde i_h se define como se muestra la siguiente ecuación

$$i_h = \frac{i_h}{\left[\sum (i_h)^2 \right]^{1/2}}$$

Donde i_h es el valor eficaz de la corriente armónica correspondiente al orden h, en valores relativos y la expresión del denominador constituye la corriente eficaz total del transformador.

El factor K es igual al 1.0 para cargas lineales, donde no hay generadores de armónicas; o sea que depende de la carga y cualquier exceso sobre 1.0 indica la presencia de corrientes armónicas. Un transformador diseñado con factor k igual a 1.0 esta destinado a alimentar solo cargas lineales, y tal es el caso de los transformadores convencionales.

La corriente eficaz total del transformador, en términos del factor k y el factor de pérdidas por corrientes de eddy, al combinar las ecuaciones anteriores se define como sigue:

$$I_{ef} = \sqrt{\frac{1 + F_{pce}}{1 + kF_{pce}}} p.u.$$

Si la corriente eficaz se expresa en valores relativos, entonces

$$\sum (ih)^2 = 1.0 p.u.$$

Para el cálculo del factor K es importante tomar en cuenta una cantidad suficiente de componentes armónicas, debido a que a medida que la frecuencia de la componente armónica se incrementa decrece su amplitud; pero el orden armónico se incrementa. Es decir, las armónicas de orden alto pueden ser también significativas; por lo que habría que considerar por lo menos hasta la 25ª armónica.

En este ejemplo, que concuerda con el comportamiento de convertidores de 6 pulsos en los cuales las armónicas triples no están presentes, el factor k resulta igual a 8.3

A continuación se muestran tablas de cálculo del factor k.

Tabla LXXXIV. Factor K

h	I_h en p. u.	$(I_h)^2$	i_h	i_h^2	$i_h^2 h^2$
1	100.000	1.000	0.960	0.922	0.922
3					
5	20.000	0.040	0.192	0.037	0.922
7	14.286	0.020	0.137	0.019	0.922
9					
11	9.091	0.008	0.087	0.008	0.922
13	7.692	0.006	0.074	0.005	0.922
15					
17	5.882	0.003	0.056	0.003	0.922
19	5.263	0.003	0.051	0.003	0.922
21					
23	4.348	0.002	0.042	0.002	0.922
25	4.000	0.002	0.038	0.001	0.922
	Total	1.084		1.000	8.300

Fuente: Francisco J. González López, **Fundamentos teóricos sobre las armónicas**, Pág. 216

En el mercado normalmente se ofrecen transformadores con factor k hasta $k = 20$ pero los valores normalizados son 1, 4, 9, 13, 20, 30, 40 y 50.

Un transformador con factor k se calcula como un transformador convencional para carga lineal y de acuerdo a los resultados del análisis respectivo se especifica para un factor k .

5.3 Instrumento utilizado para la medición de la calidad de energía y armónicos

Se utilizó el analizador de red AR5, para la medición de todos los parámetros a fin de evaluar la calidad de energía y armónicos.

5.3.1 Analizadores de redes AR.5

Los analizadores de la serie AR.5 son instrumentos de medida programable que miden y registran en memoria todos los parámetros eléctricos de la red de alimentación. El aparato está dotado de tres canales de tensión y tres de corriente y permite, por tanto, la medida de cualquier parámetro relativo a redes trifásicas equilibradas o no.

El aparato muestra los resultados de medida en una pantalla gráfica de 160*160 píxeles, pero al mismo tiempo registra dichos resultados en la memoria interna, organizada en forma de fichero configurable. Los registros pueden incluir valores promedio, máximos y mínimos de tensión, corrientes y potencias, formas de onda, energía acumulada, perturbaciones, etc.

El AR.5 es un instrumento re-programable, a partir de un cartucho exterior de manera que su software puede ser utilizado o modificado a través del canal de comunicación externo.

Esto confiere al aparato una gran flexibilidad para poder cargar en los diversos programas de medida para control energético o control de la calidad de suministro, que se describen a continuación.

5.3.2 Programas de medida

El AR.5 dispone de varios programas de medidas estándar, seleccionables indistintamente durante el arranque del instrumento. En cada uno de dichos programas se puede registrar una serie de parámetros, ya sea de forma periódica en el tiempo o a partir de determinadas condiciones de disparo. La configuración se lleva a cabo mediante menús autoguiados que aparecen en la propia pantalla.

5.3.2.1 Programa de medida estándar

Programa básico que permite medir tensiones, corrientes, potencias y energía en todas y cada una de las fases y guardar estos datos a intervalos regulares de registro.

El programa permite observar los siguientes parámetros:

- Visualización numérica en pantalla de todos los datos de tensión, corriente, potencia y demás parámetros eléctricos por fase y trifásicos en forma de tabla.
- Visualización gráfica de las formas de onda de los tres canales de tensión y corriente.

- Medir corriente de neutro utilizando cualquier de las pinzas de fase.
- Registro de memoria, a intervalos regulares programables de ficheros de datos tipo A5.M, conteniendo valores promedio, valores máximos y mínimos etc.

Estos ficheros deben tratarse posteriormente en una PC mediante el software AR.5 VISIÓN. El AR.5 equipado con este programa permite efectuar estudios detallados de compensación de energía reactiva, de consumos energéticos y obtener gráficos de valores medios máximos y mínimos de un total de 20 parámetros básicos.

5.3.3 Programa de medida de armónicos

El programa de medida de armónicos contiene todas las funciones del programa estándar de energía indicado anteriormente, más las propias de medida de armónicos, según norma armonizada IEC 61000-4-7 que se describen a continuación:

- Visualización de análisis y registro de armónicos hasta el orden 30 ó 50 (programable).
- Visualización en pantalla gráfica de forma de onda, con posibilidad de zoom.
- Visualización en pantalla de los contenidos individuales de armónicos, en forma de diagrama de barras y en forma numérica.
- Permite medir armónicos en la corriente de neutro utilizando cualquiera de las pinzas de fase.

Registro en memoria a intervalos regulares programables de ficheros de datos tipo A5.I, conteniendo todos los datos del fichero de energía más los correspondientes registros de armónicos. Estos ficheros pueden tratarse posteriormente en su PC mediante el software AR.5 VISIÓN.

Los resultados de la medida permiten hacer el diagnóstico de instalaciones con presencia de armónicos y calcular los factores de sobrecarga de condensadores y transformadores. Puede también medirse la sobrecarga de neutro en sistemas desequilibrados y obtener los datos básicos para cálculos de filtros. Otros programas disponibles:

- Programa de medida de flicker: adecuado para detectar y analizar fluctuaciones de tensión.
- Programa de medida de perturbaciones: permite la captura de cambios bruscos de la tensión en forma de impulsos o de huecos debajo de un cierto límite.
- Programa de captura rápida, Fast check: permite la captura de transitorios de corta duración (arranque de motores, etc.) obteniendo registro de todos y cada uno de los ciclos o promedios de un número muy reducido de ellos.

5.3.4 Software para el análisis de redes eléctricas

AR.5 VISIÓN es un paquete de software que se ejecuta bajo entorno WINDOWS, diseñado para leer, procesar y presentar en forma numérica y/o gráfica los registros obtenidos con un AR.5. Concretamente el software

permite comunicar a través de un canal RS-232 y cargar datos de cualquier instrumento de las familias AR.5, QNA y CVM-BP y CVM-BQ de circuito.

5.3.5 Funciones básicas del software AR.5-VISIÓN

El software permite dos grandes grupos de funciones el primero es la comunicación con la PC que permite descargar los ficheros almacenados en memoria del instrumento en cuestión y guardarlos en la PC. El segundo es la representación gráfica o numérica de los datos para el análisis de los parámetros a medir.

5.3.6 Características técnicas del AR.5

- Alimentación interna: batería 12 volts recargable, autonomía 8 hrs.
- Rango de medición de tensión fase-neutro: 20 a 500 VAC.
- Rango de medición de tensión fase-fase: 20 a 866 VAC.
- Precisión: 0.5% de la escala
- Tensión: 0.5% de la escala
- Corriente: 0.5% de la escala
- Potencias: 1% de la escala
- Capacidad de memoria: 1 Mbyte (30 parámetros cada 5 minutos durante 28 días)
- Período de registro: programable entre 1 segundo a 4 horas.

5.4 Mediciones de los edificios T2 Y M6 del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El análisis realizado permite a simple vista conocer los problemas que existen y que afectan directamente la eficiencia y la calidad de la energía en los edificios, así como los dispositivos y maquinaria instalados.

El objetivo principal de la medición realizada y el posterior análisis de los datos es obtener el comportamiento de los parámetros eléctricos principales de la red eléctrica como lo son: voltajes, corrientes, potencias, energías factor de potencia y armónicos, para determinar el estado de la misma.

5.4.1 Desarrollo del proyecto mediciones del edificio T2

Como se mencionó anteriormente se utilizó el analizador de redes marca CIRCUTOR modelo AR.5 por medio del cual se obtuvieron los parámetros en estudio, en el edificio T2

- La configuración utilizada fue la siguiente:

Período de medición: 24 horas

Intervalos de medición 15 minutos

Tipo de medición: DIRECTA

- Los datos de la red son los siguientes:

Red analizada: Sistema trifásico balanceado conexión Delta (120/240v.)

5.4.2 Resultados

5.4.2.1 Análisis de regulación y desbalance de voltaje del edificio T2

La medición de voltaje nos permite conocer las fluctuaciones que se presentan en cada fase, cada fluctuación consiste en una disminución momentánea en la magnitud del voltaje RMS con una duración que va desde 10 ms (0.6 ciclos) hasta 2.5 seg. (150 ciclos) causado por una falla en algún lugar del sistema. Las condiciones de alto o bajo voltaje pueden presentarse en circuitos durante la desconexión de cargas de gran tamaño o durante períodos de sobrecargas respectivamente.

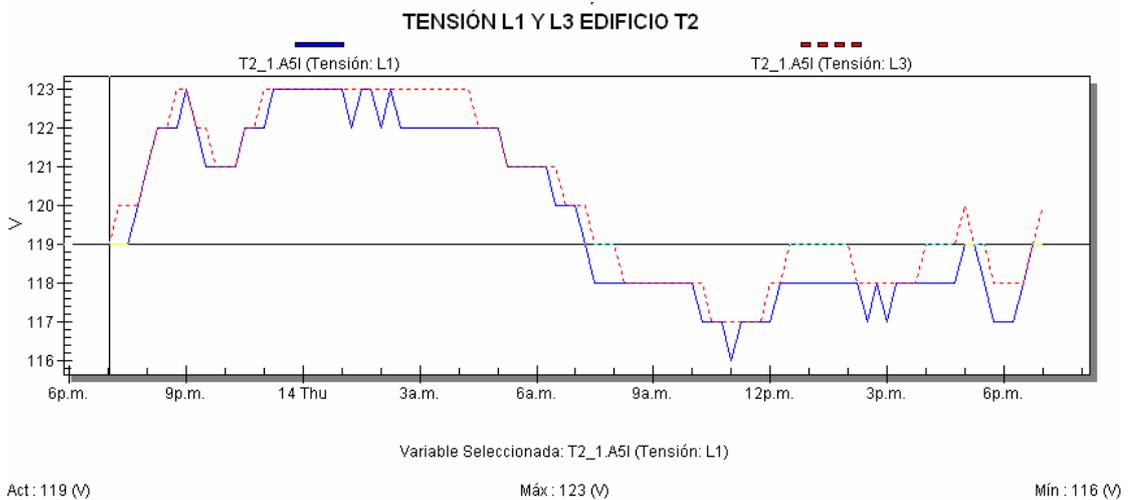
Una depresión severa se define como aquella menor que el 85% de la tensión nominal. Si estas condiciones se presentan con frecuencia o durante períodos prolongados pueden dar lugar a envejecimiento de componentes electrónicos en sistemas digitales y errores durante el almacenamiento o lectura de información, su presencia puede en algunas veces detectarse visualmente al presentarse parpadeo o disminución del nivel de iluminación en lámparas o reducción del área de despliegue en monitores de televisión o computadoras.

El edificio T2 posee una conexión delta (120/240V) por lo tanto dos de las fases (L1 y L3) con el neutro alimentan al edificio de voltaje monofásico, es

decir 120V y el voltaje medido entre las fases lo alimenta de 240V. En este tipo de conexión (Delta) el voltaje entre la línea L2 y el neutro nos da un voltaje de 208V monofásico, el cual no es utilizable, y se debe de tener cuidado a la hora de conectarlo en cargas que necesiten 120V entre fase y neutro.

Esto se representa en las gráficas siguientes en donde las tensiones de las líneas L1 y L3 no presentan un desbalance significativo y su tensión mínima es de 116V y su máxima de 123V.

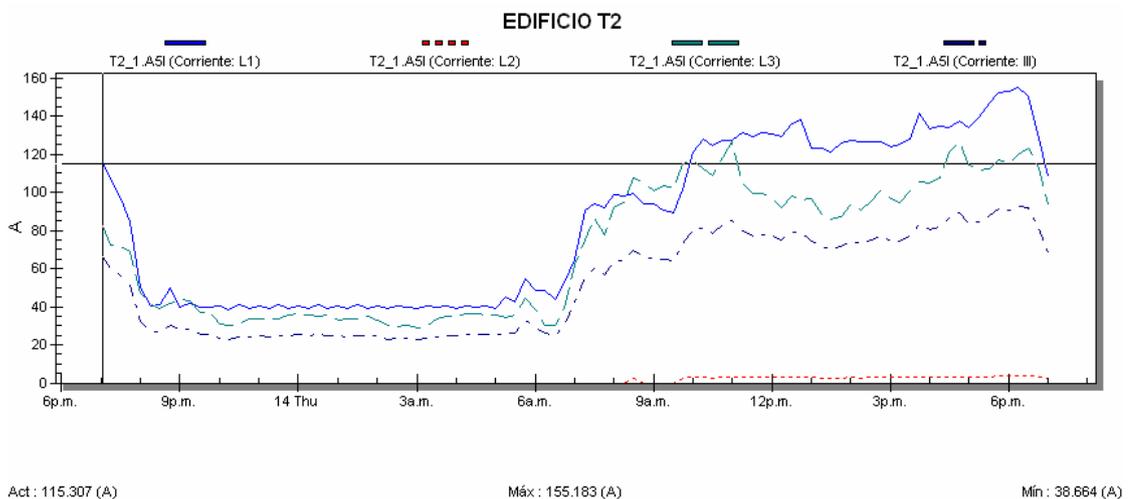
Figura 36. Tensión de fases L1 y L3 del edificio T2



Fuente: **Analizador AR.5**

Se puede observar que el consumo crece en horas de la mañana, y más aún en horas de la tarde y entrada la noche, esto es debido a que es cuando están la mayoría de las luces encendidas, ya que los salones de clases son ocupados.

Figura 38. Intensidad de L1, L2 y L3 del edificio T2



Fuente: **Analizador AR.5**

5.4.2.3 Análisis de la potencia activa del edificio T2

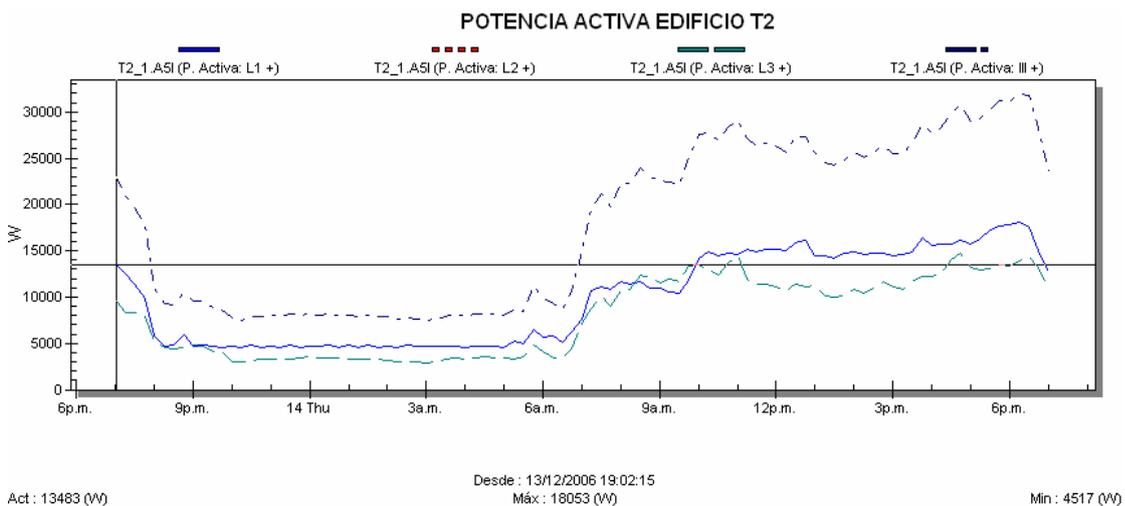
En la siguiente gráfica se puede observar que la curva de la potencia activa obedece al comportamiento de las curvas de la corriente vistas anteriormente. Los valores de consumo pico se encuentran entre las 4:00 p.m. a las 7:00 p.m.

En la gráfica se aprecia el valor de potencia activa trifásica donde el valor máximo es de 31.9 KW, el valor mínimo es de 7.4 KW, aproximadamente

La gráfica nos demuestra que en los horarios de la tarde y noche, es cuando se presenta el mayor consumo, debido a que la iluminación es conectada casi en su totalidad y representa un alto porcentaje de la carga instalada en el edificio.

Esta gráfica tiene un comportamiento igual a la gráfica de corriente y es debido a que para obtener la potencia, se necesita un valor de corriente en el mismo instante de tiempo y la relación potencia-corriente es proporcional.

Figura 39. Potencia activa de las fases L1, L2 Y L3 del edificio T2



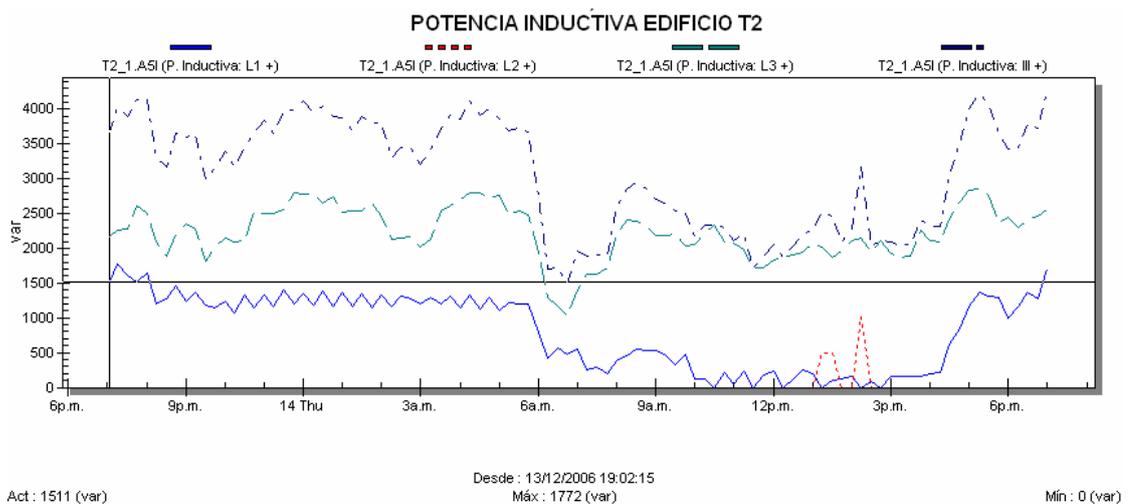
Fuente: **Analizador AR.5**

La potencia activa es la que interviene en el proceso de conversión de energía eléctrica en otra forma de energía (calor o trabajo), y es la potencia neta que consume una carga durante un período de tiempo, está dada en Watts o kWatts. También se le llama Potencia promedio o Real y está definida como $P=V I \times \cos$. (Watts). Esta potencia se disipa en forma de calor en la red o sistema.

5.4.2.4 Análisis de la potencia reactiva del edificio T2

Según sea el tipo de carga instalada la potencia reactiva puede ser de tipo inductiva o capacitiva, en la mayoría de casos existe una mayor carga inductiva que capacitiva, en el análisis de la potencia reactiva inductiva que se hizo en el edificio T2 se encontró un comportamiento no lineal en cada fase igual que en la trifásica como lo muestra la siguiente gráfica, se observa que la fase L3 tiene la mayor cantidad de potencia inductiva.

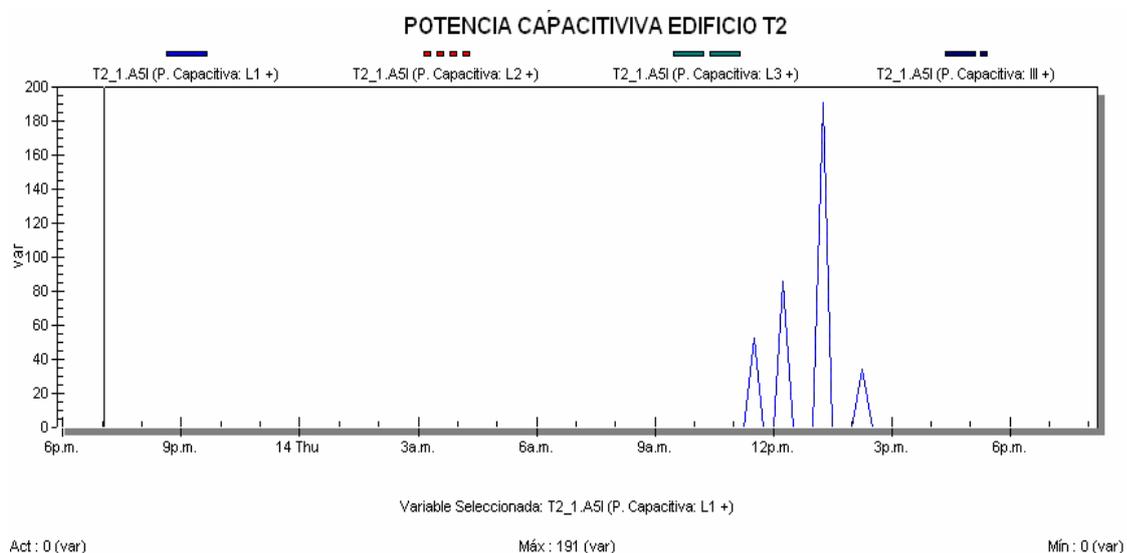
Figura 40. Potencia inductiva de las fases L1, L2 y L3 del edificio T2



Fuente: **Analizador AR.5**

En la siguiente gráfica se puede observar que el resultado de la medición de potencia capacitiva da un valor pequeño que se considera despreciable comparado con la potencia inductiva por lo que el sistema tiene carga con potencia reactiva de tipo inductivo.

Figura 41. Potencia capacitiva de las fases L1, L2 y L3 del edificio T2



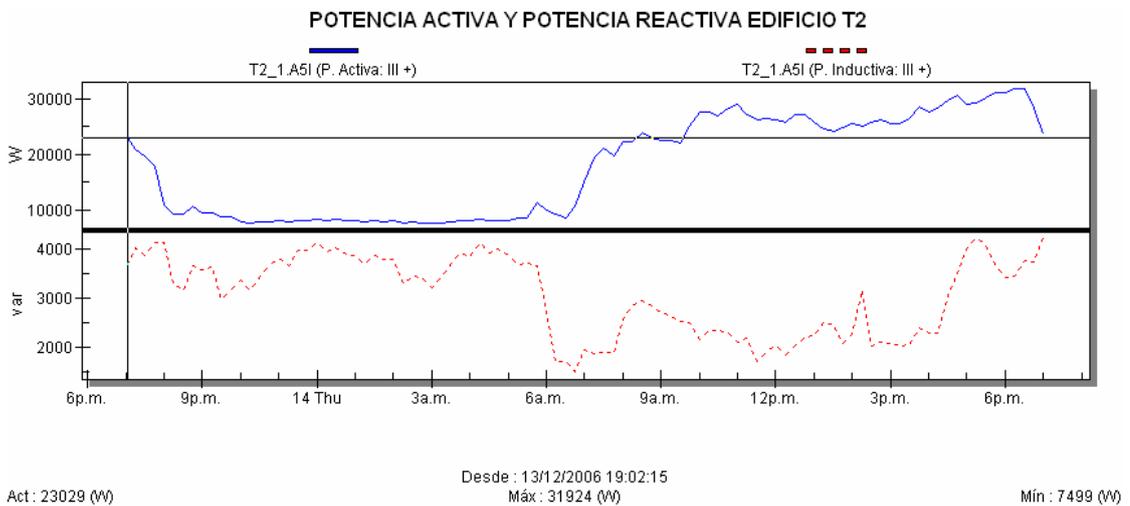
5.4.2.5 Análisis de la potencia trifásica del edificio T2

En la siguiente gráfica se muestran los resultados obtenidos de las potencias trifásicas. Se puede observar que la potencia activa es mayor que la

potencia reactiva, lo cual produce una pérdida sensible de la eficiencia del sistema ya que la potencia reactiva no produce trabajo alguno ni contribuye en la transformación de energía eléctrica a mecánica sino que se transforma únicamente en calentamiento y pérdidas.

El exceso de potencia reactiva puede provocar sobrecalentamiento en los conductores, desgaste de los devanados y aislamientos en transformadores y motores, daño a los dispositivos de control, alto consumo de potencia aparente y por ende mayor gasto en la relación de Q/Kwh.

Figura 42. Potencia activa y potencia reactiva trifásica del edificio T2



Fuente: **Analizador AR.5**

5.4.2.6 Análisis del factor de potencia del edificio T2

El factor de potencia es la relación de la potencia real o activa entre la potencia aparente. La potencia real es expresada en Watts (W), el valor aparente se expresa en voltio amperes (VA). Cuando la corriente y el voltaje son funciones senoidales y Φ el ángulo de desfasamiento entre ellos, el coseno Φ es el factor de potencia (f.p), entonces el f.p. depende del desfasamiento entre el voltaje y la corriente, que a su vez depende de la carga conectada al circuito.

La carga de una instalación está constituida principalmente por equipos eléctricos fabricados a base de bobinas (inductancias). Por esta razón es normal que predomine la carga inductiva sobre la carga capacitiva.

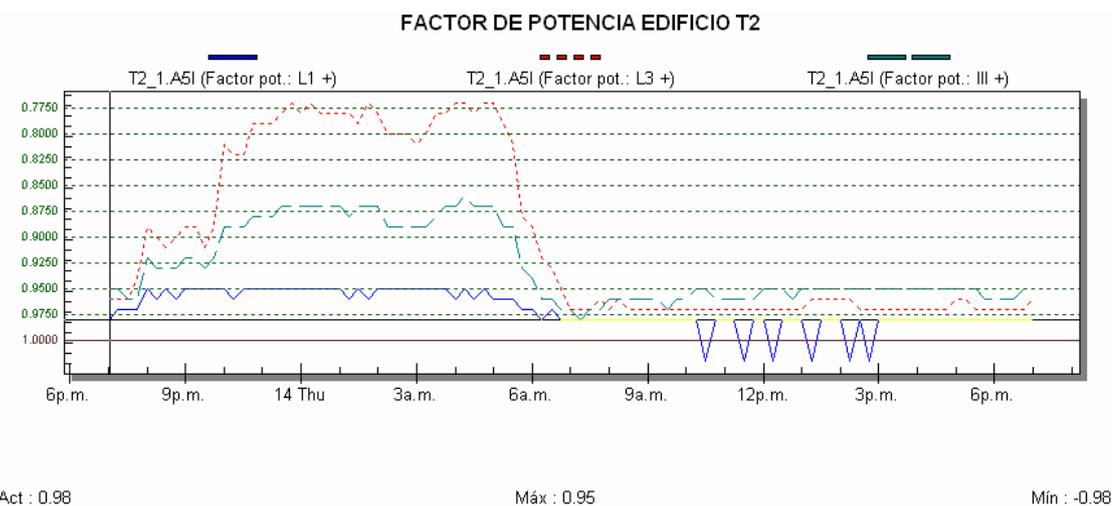
Una carga de tipo inductiva ocasiona que la corriente este atrasada con respecto al voltaje en cierto ángulo, por lo cual se dice que el f.p esta en atraso. En cargas puramente resistivas no hay diferencia de fases entre ambas ondas; por lo tanto el factor de potencia en algunas cargas será de 0 grados o la unidad.

En cargas capacitivas la corriente antecede al voltaje en cierto ángulo, por lo que se dice f.p en adelanto. Cuando se tiene un factor de potencia bajo, la corriente total que circula por las líneas será mayor que cuando se tiene un factor de potencia cercano a la unidad, por lo tanto un f.p. bajo provoca que se

incrementen las pérdidas por efecto Joule (caloríficas) en las líneas ya que crecen con el cuadrado de la corriente.

En la siguiente gráfica se observa que el edificio esta constituido principalmente de cargas inductivas, lo cual provoca un f.p. en atraso, se observa también que existe un período de tiempo donde el f.p. se mantiene casi constante y cerca de la unidad, esto se da cuando se tiene la demanda mínima, debido a que la iluminación permanece apagada en este período. Cuando no se tiene mayor consumo el valor de f.p decae como se observa en la gráfica. Cuando hay cambios de carga que son puramente resistivos como bombillas de incandescencia, esos instantes es donde el f.p es cercano a 1.

Figura 43. Factor de potencia del edificio T2



Fuente: **Analizador AR.5**

En la línea L3 se observa que es la línea que tiene mayor variación en el factor de potencia, pues alcanza valores de 0.77 y según la Empresa Electrica de Guatemala S. A. establece en sus normas para acometidas de servicio eléctrico XII edición, que en ningún caso el factor de potencia f.p del usuario debe de ser menor del 85% (f.p=0.85). Además las Normas técnicas del servicio de distribución NTSD, resolución CNEE No. 09-99 en su capítulo III, artículo 49, valor mínimo para el factor de potencia establece que el valor mínimo admitido para el factor de potencia se discrimina de acuerdo a la potencia del usuario: Usuarios con potencias de hasta 11KW el fp será de 0.85, usuarios con potencias superiores a 11 KW el fp será 0.90.

5.4.2.7 Consumo de energía del edificio T2

En la siguiente gráfica se da a conocer: el consumo de energía activa y el gasto de energía reactiva que se encontró en el sistema.

En esta gráfica puede apreciarse, que los Kwh. son de 432 y los kvar son de 74 en un período de 24 horas

De la misma forma la distorsión del voltaje que se produce en las fases tiene un promedio de 3.6%, 4.0% y 3.5%, que nos indica una distorsión menor al 5% permitida por normas técnicas.

5.4.2.9 Conclusiones

Al haber hecho las mediciones con el analizador AR5 y luego de estudiar las tablas y gráficas respectivas se concluye lo siguiente:

- En las mediciones realizadas en el edificio T2, el factor de potencia en una de sus fases presenta valores de f.p de 0.77, pero el fp trifásico se encuentra dentro del rango permitido de 0.9.
- Se debe tomar en cuenta que el edificio presenta una conexión delta en el cual el voltaje entre fase 1 y neutro, fase 3 y neutro es de 120V, mas no así el voltaje entre fase 2 y neutro que será de 208V, que al conectar esta puede dañar equipos.
- En cuanto al balance de los voltajes, entre las fases 1 y 3, se tiene un buen balance, la fase 2 nos muestra el voltaje 208 monofásico.
- En el caso de las corrientes, se observa un buen balance entre las fases de las líneas L1 y L3, en tanto que en la línea L2 no tiene carga monofásica por consiguiente tiende a permanecer en cero.
- La potencia reactiva (Kva.) es pequeña respecto a la potencia activa (Kw). La fase 3 presenta una mayor potencia reactiva inductiva comparada con la fase 1 que presenta menor potencia reactiva inductiva.

5.4.2.10 Recomendaciones

En base a los datos recabados se recomienda lo siguiente:

- Al aumentar la carga e instalar mas circuitos se recomienda no sobrecargar solamente una de las fases, sino que hacerlo equitativamente entre las fases para no perder el balance que mantiene actualmente. Se debe de tener cuidado, para no conectar carga monofásica en la tensión 208V monofásica, ya que podría dañar los equipos por sobre tensión.

5.4.3 Desarrollo del proyecto mediciones del edificio M6

Utilizando el analizador de redes marca CIRCUTOR modelo AR.5 se realizaron las mediciones en el edificio M6 y se obtuvieron los parámetros en estudio.

Las mediciones fueron realizadas en el tablero principal del edificio M6.

- La configuración utilizada fue la siguiente:

Período de medición: 24 horas

Intervalos de medición 15 minutos

Tipo de medición: DIRECTA

- Los datos de la red son los siguientes:

Red analizada: Sistema trifásico balanceado conexión Estrella (120/208v.)

5.4.4 Resultados

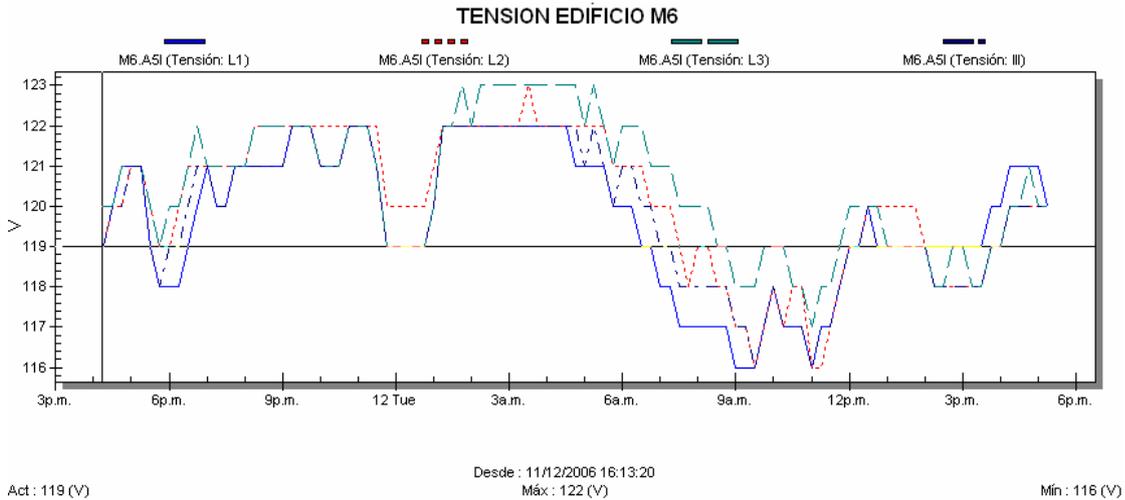
5.4.4.1 Análisis de regulación y desbalance de voltaje del edificio M6

El edificio M6 posee una conexión Estrella (120/208V), por lo tanto la tensión entre cada una de las fases y el neutro es de 120V y la tensión entre fases es de 208V

De los resultados de la siguiente gráfica se puede observar que los niveles de voltaje son bastante uniformes entre si, se ve un desbalance que no es significativo.

La figura también muestra que el voltaje tiene un valor máximo de 122 voltios y un valor mínimo de 116 v. con respecto al valor nominal de 120V.

Figura 46. Tensión de fases L1, L2 y L3 del edificio M6



Fuente: **Analizador AR.5**

5.4.4.2 Análisis de desbalance de corriente del edificio M6

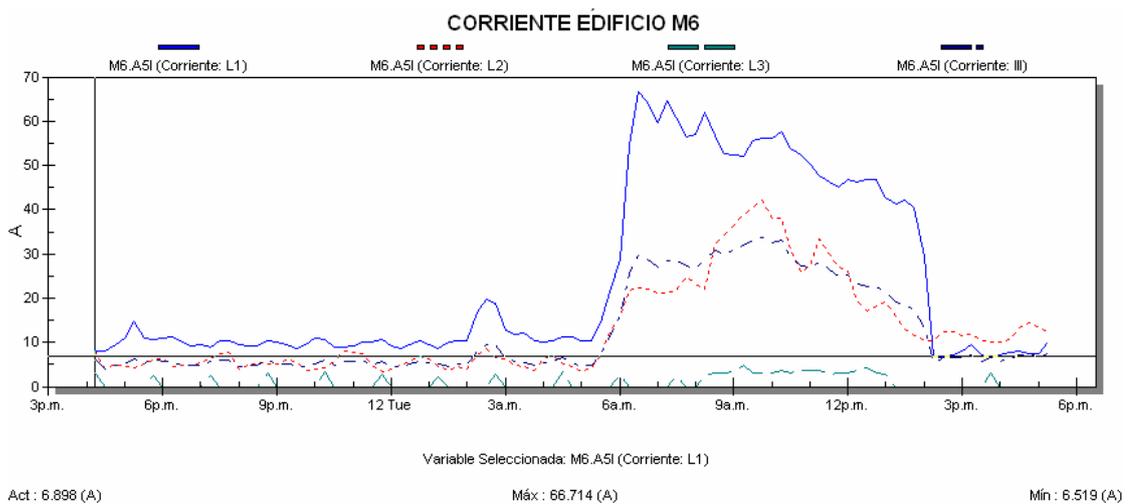
Este parámetro indica el consumo que existe dentro de cada fase de una red eléctrica en determinado tiempo.

El edificio M6, como se puede observar en la siguiente gráfica, presenta un desbalance de corriente considerable entre sus fases, por lo que las cargas no están distribuidas uniformemente. La línea L1 es la línea que presenta una mayor intensidad, especialmente entre las 7:30 am y 3:00 pm, que es el horario de oficina, manteniéndose en un valor constante en el resto del día y noche, La

línea L2 presenta una carga menor a la línea 1 siempre en el mismo horario, y la línea L3 es la que presenta menor carga durante todo el período.

Cabe mencionar que el edificio M6 esta destinado a albergar oficinas, (decanatura, secretaría, caja tesorería, etc), laboratorios (zootecnia, bromatología, fisiología) salón de actos y cubículos, que no siempre están en funcionamiento por lo que las cargas no se conectan siempre en los mismos horarios y los mismos días por lo que el desbalance puede obedecer a este factor.

Figura 47. Intensidad de L1, L2 y L3 del edificio M6



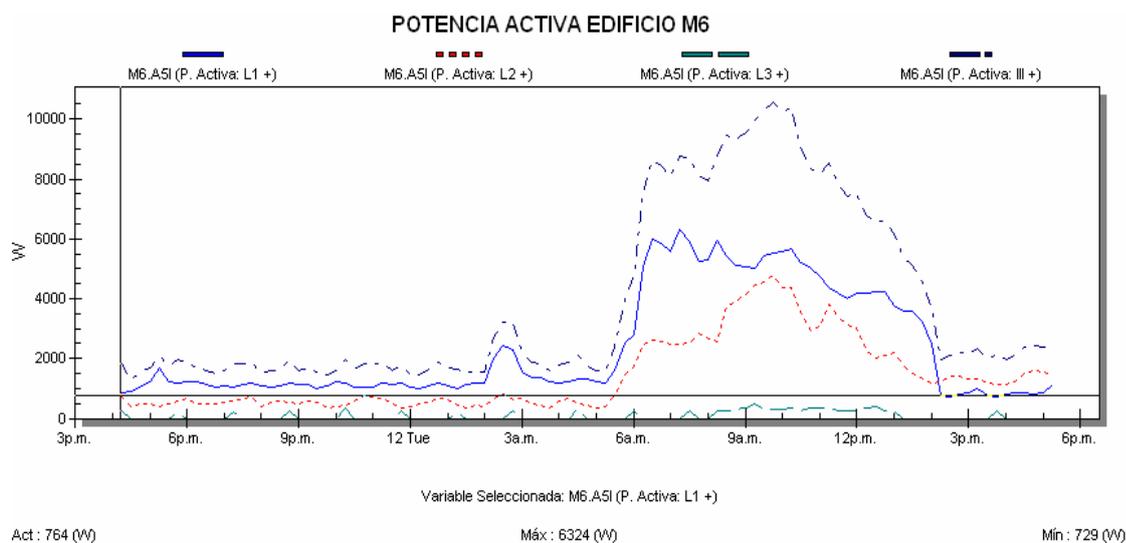
Fuente: **Analizador AR.5**

5.4.4.3 Análisis de la potencia activa del edificio M6

En la siguiente gráfica se puede observar que en horarios de la mañana partiendo de las 6:30am aproximadamente hasta horarios de la tarde 3:00 pm,

el valor de la potencia activa crece. Estas curvas obedecen al comportamiento de las curvas de la corriente vistas anteriormente. Al igual que la corriente se observa mayor potencia activa en la línea L1, seguido por la línea L2 y un mínimo en la línea L3. En las gráficas se muestran las potencias de las tres líneas, dando como resultado la potencia trifásica con un valor mínimo de 1.3KW y un valor máximo de 10.5KW.

Figura 48. Potencia activa de las fases L1, L2 y L3 del edificio M6



Fuente: **Analizador AR.5**

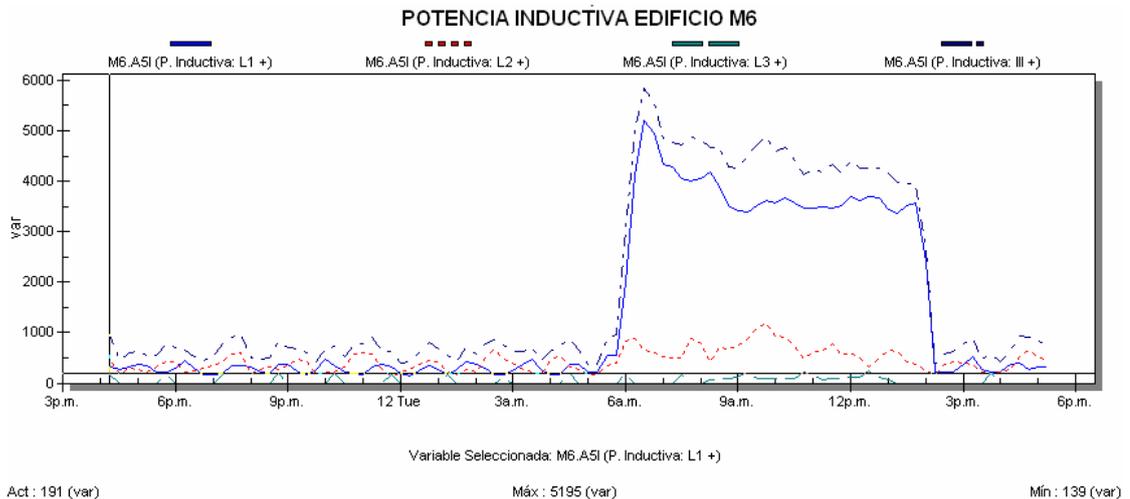
Ésta gráfica tiene un comportamiento igual a la gráfica de corriente y es debido a que para obtener la potencia, se necesita un valor de corriente en el mismo instante de tiempo y la relación potencia-corriente es proporcional.

5.4.4.4 Análisis de la potencia reactiva del edificio M6

Como se sabe la carga instalada puede ser de tipo inductiva o capacitiva, en la mayoría de los casos, existe una mayor carga inductiva.

En la siguiente gráfica se observa que la mayor potencia inductiva se encuentra en la línea L1, por otro lado, la línea L3 no presenta valores mayores de 1Kvar ya que en la medición no presentó carga conectada, la potencia trifásica reactiva presenta un valor máximo de 5.8Kvar y un valor mínimo de 0.4Kvar.

Figura 49. Potencia inductiva de las fases L1, L2 y L3 del edificio M6

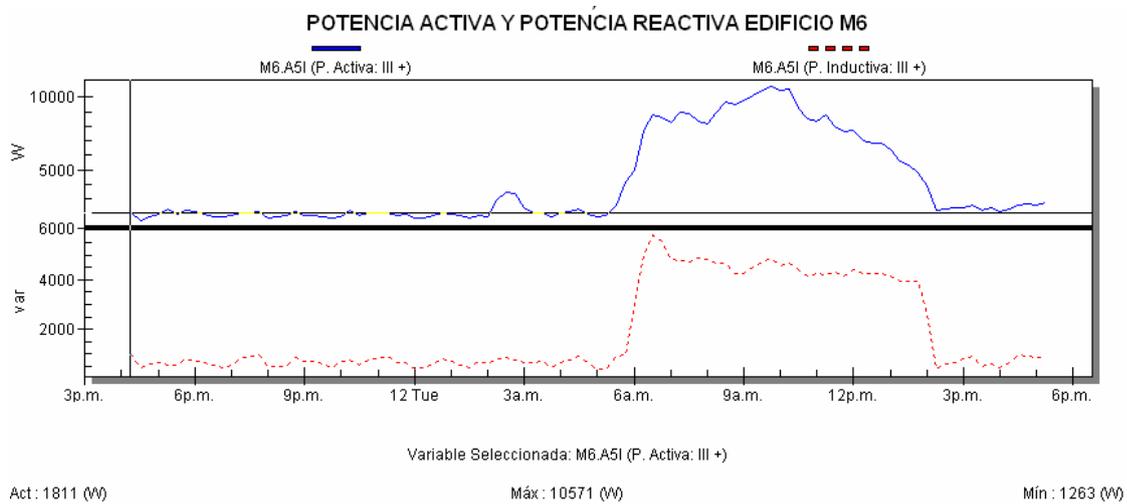


Fuente: Analizador AR.5

5.4.4.5 Análisis de la potencia trifásica del edificio M6

En la siguiente gráfica se muestran los resultados obtenidos de las potencias trifásicas. Se puede observar que la potencia activa es mayor que la potencia reactiva, lo cual produce una pérdida sensible de la eficiencia del sistema ya que la potencia reactiva no produce trabajo alguno ni contribuye en la transformación de energía eléctrica a mecánica sino que se transforma únicamente en calentamiento y pérdidas.

Figura 50. Potencia activa y potencia reactiva trifásica del edificio M6



Fuente: Analizador AR.5

El exceso de potencia reactiva puede provocar sobrecalentamiento en los conductores, desgaste de los devanados y aislamientos en transformadores y motores, daño a los dispositivos de control, alto consumo de potencia aparente y por ende mayor gasto en la relación de Q/Kwh.

5.4.4.6 Análisis del factor de potencia del edificio M6

El factor de potencia es la relación de la potencia real o activa entre la potencia aparente. La potencia real es expresada en Watts (W), el valor aparente se expresa en voltio amperes (VA). Cuando la corriente y el voltaje son funciones senoidales y Φ el ángulo de desfase entre ellos, el coseno Φ es el factor de potencia (f.p), entonces el f.p. depende del desfase entre el voltaje y la corriente, que a su vez depende de la carga conectada al circuito.

La carga de una instalación está constituida principalmente por equipos eléctricos fabricados a base de bobinas (inductancias). Por esta razón es normal que predomine la carga inductiva sobre la carga capacitiva.

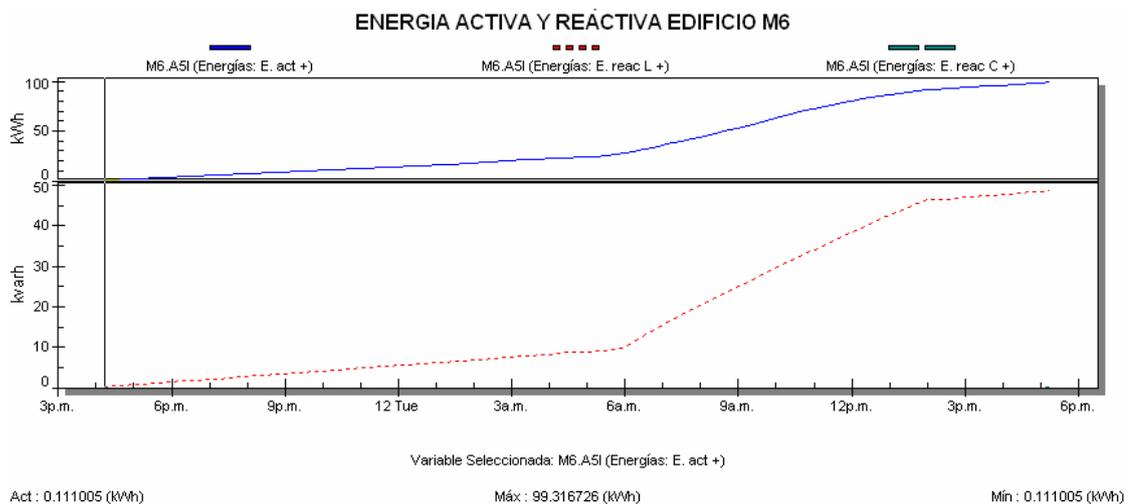
Una carga de tipo inductiva ocasiona que la corriente este atrasada con respecto al voltaje en cierto ángulo, por lo cual se dice que el f.p esta en atraso.

En la línea L1 se observa que es la línea que tiene mayor variación en el factor de potencia, pues alcanza valores de 0.66 y según la Empresa Electrica de Guatemala S. A. establece, en sus normas para acometidas de servicio eléctrico XII edición, que en ningún caso el factor de potencia f.p del usuario debe de ser menor del 85% (f.p=0.85), por lo tanto, se encuentra fuera de la norma. Sin embargo el fp trifásico se encuentra en un valor aceptable, según las normas.

5.4.4.7 Consumo de energía del edificio M6

En la siguiente gráfica se da a conocer: el consumo de energía activa y el gasto de energía reactiva que se encontró en el sistema. En esta gráfica puede apreciarse, que los Kwh. son de 99.3 y los kvarh son de 48 en un período de 24 horas

Figura 52. Energía activa y reactiva del edificio M6



Fuente: **Analizador AR.5**

En la gráfica anterior se puede observar que la forma de onda de la corriente se mantiene distorsionada, esta distorsión de corriente provocado por armónicos tiene un promedio de 30.5%, 13.1%, y 35.4% de las fases 1, 2 y 3. Según las normas Técnicas de Distribución establecen que la distorsión armónica de corriente cuando la potencia es mayor a 10 KW, para un voltaje entre 1KV y 60 KV será de 20%, con lo cual la distorsión provocada en el edificio esta fuera de esta norma establecida por la NTSD.

De la misma forma la distorsión del voltaje que se produce en las fases tiene un promedio de 4.1%, 3.8% y 3.7%, para las fases 1, 2 y 3 que nos indica una distorsión menor al 5% permitida por normas técnicas.

5.4.4.9 Conclusiones

Al haber hecho las mediciones con el analizador AR5 y luego de estudiar las tablas y gráficas respectivas se concluye lo siguiente:

- En base a las mediciones del factor de potencia del edificio M6 se observa que una de las fases presenta valores de f.p de 0.66 pero el fp trifásico se encuentra dentro del rango permitido.
- En cuanto al balance de los voltajes, entre las fases existe un buen balance de voltaje teniendo un valor máximo de 122V y un valor mínimo de 116V, respecto al nominal que es de 120V.
- En el caso de las corrientes, se observa que presenta un desbalance la línea L1 presenta mayor cantidad de carga, la línea L2 también presenta carga, no así la línea L3 que presenta mínima carga, esto debido a que el edificio funciona mayormente con oficinas, cubículos, laboratorios, y salón

de actos, que se utilizan en determinadas horas y días, y no periódicamente como en el caso de salones de clases.

- La potencia reactiva (Kva.) es pequeña respecto a la potencia activa (Kw). La fase 1 presenta una mayor potencia reactiva inductiva comparada con la fase 2 que presenta menor potencia reactiva inductiva, y la fase 3 solamente 241Var.

5.4.4.10 Recomendaciones

En base a los datos recabados se recomienda lo siguiente:

- Se debe de hacer un balance de las cargas conectadas en el edificio ya que en los resultados de las mediciones se observa un desbalance en las corrientes de las fases, y por ende en la potencia activa.

6. IMPACTO TÉCNICO RECÍPROCO DE LAS INSTALACIONES DE LOS EDIFICIOS Y DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La comisión nacional de energía eléctrica en sus normas técnicas de servicio de distribución, en el Artículo 12 señala que es obligación del distribuidor dentro de su zona de servicio prestar a sus usuarios, un servicio de energía eléctrica que cumpla con los índices o indicadores de calidad exigidos, como lo son el desbalance de tensión y la distorsión armónica. Así también los usuarios deben cumplir las normas técnicas, realizando todas las instalaciones internas, incluyendo las reparaciones en la red del distribuidor que afecte la calidad de servicio eléctrico de distribución.

Cuando el distribuidor o el consumidor no cumplan con las normas técnicas, el infractor deberá pagar al afectado una indemnización.

Para determinar el impacto técnico recíproco de los índices de calidad entre el sistema eléctrico de los edificios y el de la red de distribución, se debe realizar la medición de la calidad de energía en la acometida en cada uno de los edificios y considerar a cada edificio como una carga puntual, permaneciendo, estos sin ningún consumo de energía durante el período de medición, debiendo ser igual al período de medición realizado cuando el edificio exista un consumo de energía de forma habitual.

Debido a que en los edificios en estudio, (tanto el edificio T2 como el edificio M6), se realizan actividades, como el caso de aulas en donde se imparten clases, además de albergar las oficinas administrativas, como es el caso del edificio T2, y mayormente laboratorios, cubículos y oficinas administrativas como el caso del edificio M6, no es posible dejar fuera de servicio eléctrico dichas instalaciones durante un período determinado, por tal motivo se optó utilizar el período de medición estando cada uno de los edificios conectado, de la siguiente manera: Se dividió el período total de medición de cada uno de los edificios de tal forma que, cuando existiera mayor carga se tomaría como el período en que esta efectivamente conectado a la red de distribución y el período en el cual la carga es mínima (que sería en horas de la noche y madrugada), se asumiría como si cada uno de los edificios estuviera desconectado.

6.1 Distorsión armónica de voltaje y corriente por fase del edificio T2

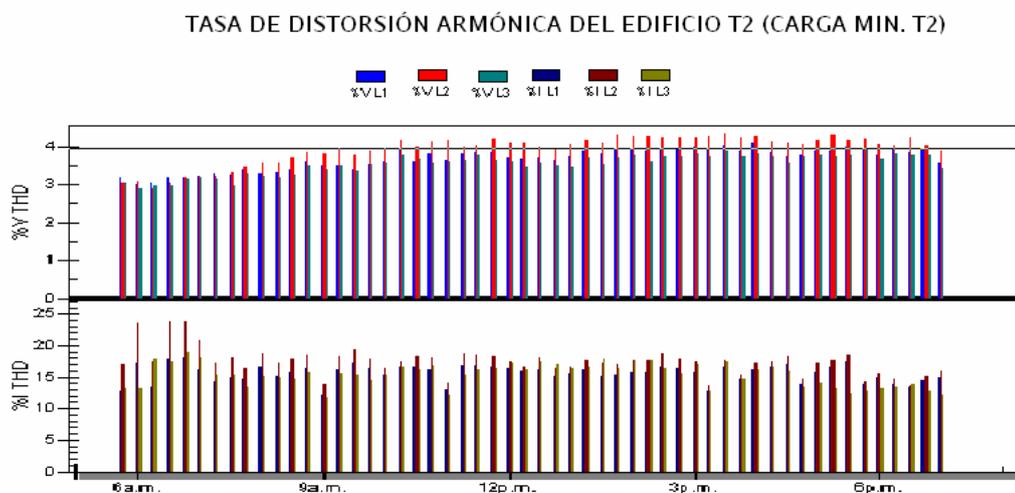
En las figuras siguientes se muestran las gráficas de la distorsión armónica total de voltaje y corriente (THDV y THDI) respectivamente para el edificio T2, en las cuales se representan las mediciones estando el edificio conectado (edificio) y desconectado o sea la red (suponiendo que el edificio esta desconectado de la red cuando presenta carga mínima).

Los períodos que se utilizaron para simular la medición, estando el edificio conectado, es el que se encuentra entre las 6:00 a.m. y 7:00 p.m. que en éste período es cuando se consume mas energía eléctrica en el edificio y el

período desconectado del edificio, es el que se encuentra entre las 7:00 p.m. y 6:00 a.m., ya que es el período en el cual hay menor consumo de energía.

Debido a que a toda hora del día y de la noche en el edificio existe un consumo de energía, los datos que se representan en la gráfica como de la red, son solamente aproximaciones a los valores reales, por consiguiente no se puede asegurar que el edificio o la empresa distribuidora este incumpliendo con las normas establecidas en los parámetros de la calidad de energía.

Figura 54. Tasa de distorsión armónica del edificio T2



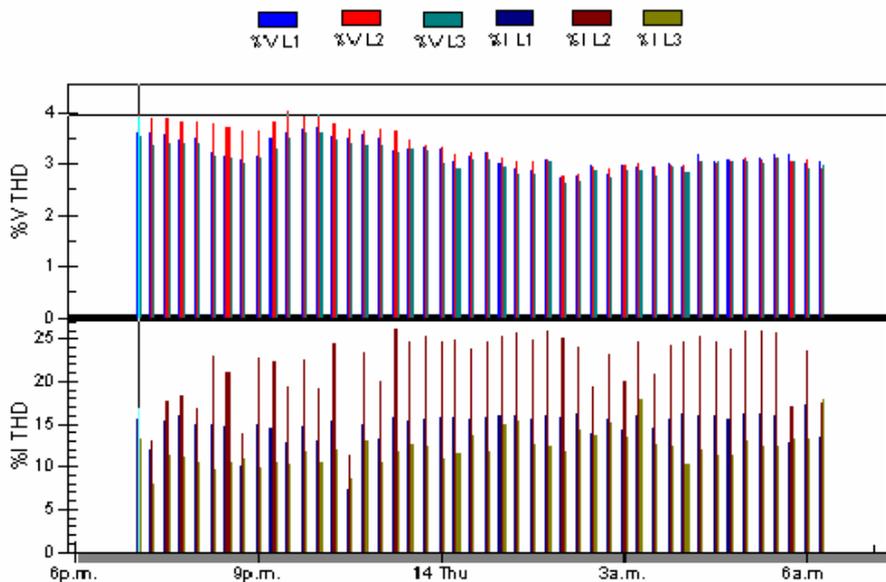
Fuente: **Analizador AR.5.**

Se puede observar en la anterior que durante este período en que se encuentra conectado el edificio a la red de distribución actuando como carga, se genera mayor distorsión armónica que se suma al sistema, esto puede darse por la gran cantidad de equipo de oficina, y otras cargas que se conectan dentro del edificio.

En el caso de la línea L2 que no tiene carga conectada se observa que la distorsión armónica de corriente tiene unos picos que superan el 20% permitidos por las normas NTSD, y las otras dos líneas están dentro del valor permitido por dichas normas.

Figura 55. Tasa de distorsión armónica de la red

TASA DE DISTORSIÓN ARMÓNICA, DE LA RED (CARGA MIN. T2)



Fuente: **Analizador AR.5.**

En la gráfica anterior, donde se asume que el edificio está desconectado se observa que la distorsión armónica de voltaje es menor que cuando esta conectado el edificio y que se encuentra dentro del 5% permitido por las normas. En el caso de la distorsión armónica de corriente se mantiene casi constante dentro del 20% permitido, con algunos picos de la línea L2 que no tiene carga monofásica conectada.

6.2 Distorsión armónica de voltaje y corriente por fase del edificio M6

En las figuras siguientes se muestran las gráficas de la distorsión armónica total de voltaje y corriente (THDV y THDI) respectivamente para el edificio M6, en las cuales se representan las mediciones estando el edificio conectado (edificio) y desconectado o sea la red (suponiendo que el edificio esta desconectado de la red cuando presenta carga mínima).

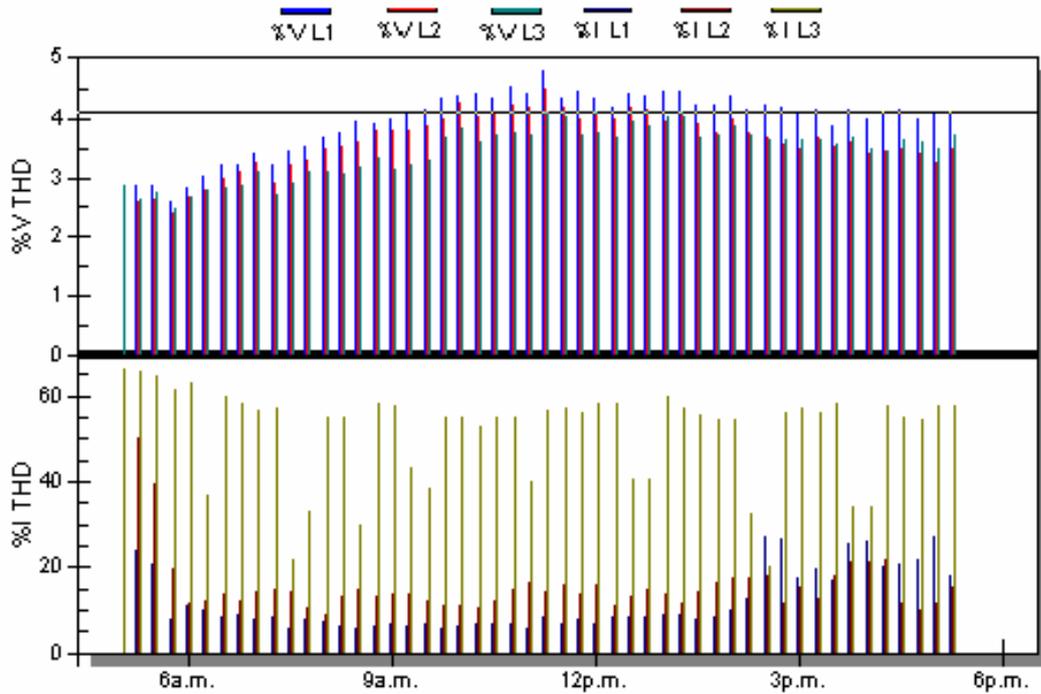
Los períodos que se utilizaron para simular la medición, estando el edificio conectado, es el que se encuentra entre las 7:00 am y 5:30 pm, que en éste período es cuando se consume mas energía eléctrica en el edificio y el período desconectado del edificio, es el que se encuentra entre las 5:30 pm y 7:00 am, ya que es el período en el cual hay menor consumo de energía.

Debido a que a toda hora del día y de la noche en el edificio existe un consumo de energía, los datos que se representan en la gráfica como de la red,

son solamente aproximaciones a los valores reales, por consiguiente no se puede asegurar que el edificio o la empresa distribuidora este incumpliendo con las normas establecidas en los parámetros de la calidad de energía.

Figura 56. Tasa de distorsión armónica del edificio M6

DISTORSIÓN ARMÓNICA EDIFICIO M6 (CARGA MIN. M6)



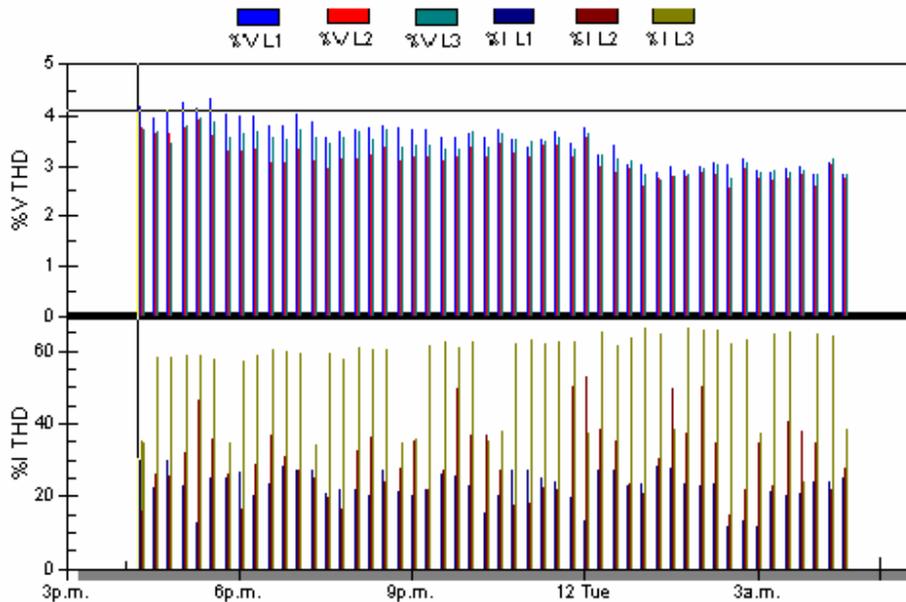
Fuente: **Analizador AR.5.**

En la gráfica anterior, donde se asume que el edificio está desconectado se observa que la distorsión armónica de voltaje es menor que cuando esta conectado el edificio y que se encuentra dentro del 5% permitido por las normas.

En cuanto a la distorsión armónica de corriente se observa que hay una diferencia notoria entre la distorsión de cada línea, la línea L3 que es la que tiene menor carga conectada presenta mayor porcentaje de distorsión, seguida de la línea L2 y por último la línea L1 que es la que tiene mayor carga, se encuentra en un valor aceptable ya que está entre el 20% según NTSD.

Figura 57. Tasa de distorsión armónica de la red

TASA DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE LA RED (CARGA MIN. 6)



Fuente: **Analizador AR.5.**

En la gráfica anterior, donde se asume que el edificio está desconectado se observa que la distorsión armónica de voltaje es menor que cuando esta conectado el edificio y que se encuentra dentro del 5% permitido por las normas. En el caso de la distorsión armónica de corriente presenta valores por encima del 20% que es el valor aceptable según las Normas Técnicas del Servicio de Distribución.

6.3 Corrección del factor de potencia de los edificios

Según la Empresa Eléctrica de Guatemala S. A. establece en sus normas para acometidas de servicio eléctrico XII edición, que en ningún caso el factor de potencia f.p del usuario debe de ser menor del 85% (f.p=0.85). Además las Normas técnicas del servicio de distribución NTSD, resolución CNEE No. 09-99 en su capítulo III, artículo 49, valor mínimo para el factor de potencia establece que el valor mínimo admitido para el factor de potencia se discrimina de acuerdo a la potencia del usuario: Usuarios con potencias de hasta 11KW el fp será de 0.85, usuarios con potencias superiores a 11 KW el fp será 0.90.

El factor de potencia se puede determinar de las mediciones realizadas en los edificios, tomando en cuenta el valor de las energías activas y reactivas que resultaron de estas mediciones, como lo indican las normas técnicas del servicio de distribución NTSD en su artículo 50, según la siguiente fórmula:

$$F_{pot_p} = \frac{EnergAct_p}{\sqrt{(EnergAc_p^2 + EnergReact_p^2)}}$$

Donde:

F_{pot_p} : Factor de potencia para el período horario (p)

$EnergAct_p$: Energía activa registrada en el período de registro para el período horario (p)

$EnergReact_p$: Energía reactiva registrada en el período de registro para el período horario (p)

Para el cálculo del banco de capacitores, si el factor de potencia resultara menor al valor permitido, se utiliza la fórmula siguiente para saber de cuantos Kvar será el banco de capacitores.

$$Kvar_c = KW \left(\frac{\sqrt{1 - fp_1^2}}{fp_1} - \frac{\sqrt{1 - fp_2^2}}{fp_2} \right)$$

Donde:

fp_1 : factor de potencia medido (bajo fp)

fp_2 : factor de potencia deseado (muy cerca de la unidad)

A continuación se determinará el factor de potencia del edificio T2 de acuerdo a lo establecido por las normas NTSD en su artículo 50, los datos de las mediciones son los siguientes.

Energía activa al final de la medición en KWh: 432.64

Energía activa al inicio de la medición en KWh: 5.07

Energía reactiva al final de la medición en KVARh: 74.085

Energía reactiva al inicio de la medición en KVARh: 0.81

Potencia máxima en KW: 31.9

Factor de potencia optimo o deseado: 0.98

Solución:

Energía medida

	Kwh	Kvarh
Final:	432.636	74.852
Inicial:	5.073	0.814
Consumos;	427.563	74.038

Ingresando datos en la fórmula:

$$F_{pot_p} = \frac{427.57}{\sqrt{(427.57^2 + 74.037^2)}} = 0.9853$$

De este resultado podemos ver que el factor de potencia, del edificio T2 es muy bueno y se encuentra dentro del rango aceptable de las normas NTSD para potencias mayores de 11KW que es de fp=0.9.

Por lo tanto no es necesario hacer el cálculo del banco de capacitares pues tiene un buen factor de potencia.

Para el edificio M6 se calcula el factor de potencia, de acuerdo a lo establecido por las normas NTSD, los datos obtenidos en las mediciones son los que se muestran a continuación:

Energía activa al final de la medición en KWh: 99.31

Energía activa al inicio de la medición en KWh: 0.11

Energía reactiva al final de la medición en KVARh: 48.64

Energía reactiva al inicio de la medición en KVARh: 0.059

Potencia máxima en KW: 11

Factor de potencia óptimo o deseado: 0.98

Solución:

Energía medida

	Kwh	Kvarh
Final:	99.31	48.64
Inicial:	0.11	0.059
Consumos;	99.20	48.58

Ingresando datos en la fórmula:

$$F_{pot_p} = \frac{99.20}{\sqrt{(99.20^2 + 48.58^2)}} = 0.898$$

Las normas técnicas de servicio de distribución NTSD establecen que para potencias hasta de 11KW se acepta un factor de potencia de 0.85, por lo que el valor resultante en el edificio M6 del factor de potencia $f_p = 0.89$ se considera aceptable y dentro de las normas establecidas.

Por consiguiente, no es necesario realizar el cálculo del banco de capacitores ya que según el estudio, no se necesita mejorar el factor de potencia.

Solo como ejemplo de cálculo: si el factor de potencia del edificio M6 hubiese resultado de 0.73 y se desearía un factor de potencia de 0.98, utilizando la fórmula de KVAR necesarios para el banco de capacitores, se obtendría el siguiente valor para el banco de capacitores:

Cálculo del banco de capacitores para mejorar el fp

Potencia Máxima Demandada (kw):	10.5
Factor de Potencia mínimo medido:	0.73
Factor de Potencia Deseado:	0.98
Kvarc necesarios para mejorar el fp:	7.6983

Se necesita un banco de capacitores de 7.7 KVAR como mínimo

7. EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LOS EDIFICIOS T2, M6 Y GRANJA DE VETERINARIA AL MERCADO MAYORISTA

7.1 Descripción del Administrador del Mercado Mayorista (AMM)

El Administrador del Mercado Mayorista es una organización creada por el gobierno de la República de Guatemala en 1996, para poner en marcha el ordenamiento de la industria eléctrica del país con la Ley General de Electricidad decreto 93-96 y su reglamento en el acuerdo gubernativo 256-97 en donde aparece la creación del Administrador del Mercado Mayorista (AMM), la cual es una institución sin fines de lucro con las siguientes funciones

- La coordinación de la operación de centrales generadoras, interconexiones internacionales y líneas de transporte al mínimo costo para el conjunto de operaciones del mercado mayorista, en un marco de libre contratación de energía eléctrica entre agentes del mercado mayorista.
- Establecer precios de mercado de corto plazo para las transferencias de potencia y energía entre generadores, comercializadores, distribuidores, importadores y exportadores; específicamente cuando no correspondan a contratos libremente pactados.
- Garantizar la seguridad y el abastecimiento de energía eléctrica en el país.

Además de las funciones anteriores el AMM debe realizar las siguientes funciones:

- Planificar anualmente la forma en que se cubrirán las necesidades de potencia y energía del sistema, tratando de optimizar el uso de los recursos energéticos disponibles. La programación anual es revisada y ajustada semanal y diariamente.
- Vigilar el comportamiento de la demanda y la operación del parque generador, así como del sistema de transporte. Asimismo, debe mantener la seguridad del suministro verificando constantemente las variables eléctricas del sistema y respetando las limitaciones de equipos e instalaciones asociadas.
- Cuantificar los intercambios de potencia y energía entre los participantes del mercado mayorista, y valorizarlos utilizando el precio de oportunidad de la energía y el precio de referencia de la potencia. Para ello, el AMM debe diseñar e implementar un sistema de medición que permita conocer en forma horaria la energía y potencia producida y/o consumida. Además, administrará los fondos que surgen de las transacciones entre los agentes que operan en el mercado mayorista.

Los agentes del mercado mayorista son: generadores, distribuidores, transportistas y comercializadores. Además de los agentes, se define también a los grandes usuarios. Cualquier agente y gran usuario es llamado en general participante.

7.2 Requisitos para poder ser agente o gran usuario del Mercado Mayorista (AMM)

Para poder ser agente o gran usuario del mercado mayorista se debe cumplir con los siguientes requisitos básicos de la tabla siguiente:

Tabla LXXXV. Requisitos básicos para poder ser agente o gran usuario del mercado mayorista

PARTICIPANTE	REQUISITO
Generadores	Potencia máxima de por lo menos 10 MW
Distribuidores	Tener por lo menos 20,000 usuarios
Transportistas	Potencia firme conectada de por lo menos 10 MW
Comercializadores	Comprar o vender bloques de energía asociada a una potencia firme de al menos 10 MW
Grandes usuarios	Demanda máxima de al menos 100KW

Fuente: Reglamento del administrador del mercado mayorista. www.AMM.org.gt

Dichos participantes están definidos en el artículo 5 del reglamento del administrador del mercado mayorista, que se describe a continuación:

Artículo 5.1 Presentar ante la AMM cuando se realicen transacciones en el mercado a termino, de conformidad con la norma de coordinación comercial No. 13, la siguiente información

Artículo 5.1.1 Una solicitud indicando que se desea incorporar al mercado a termino un contrato o modificación a un contrato vigente.

Artículo 5.1.2 Declaración jurada con el resumen de las condiciones contractuales mas importantes, tales como: tipo de contrato, precio, plazo, punto de entrega, formulas de ajuste, penalizaciones, acuerdos de programas de mantenimiento, acuerdos sobre el pago de peajes y cualquier otra información que las partes consideren conveniente con el objetivo de facilitar la administración del contrato al AMM, de conformidad con la NCC-13

Artículo 5.1.3 Presentar la planilla correspondiente firmada por la parte compradora y vendedora.

Artículo 5.2. Presentar la información correspondiente a la norma de coordinación operativa No. 1 (NCO-1), base de datos, Norma de coordinación comercial No. 1 (NCC-1), coordinación de despacho de carga, que le permitan al AMM incluir su operación en los modelos de programación y análisis de sistemas eléctricos de potencia, debiendo incluir la información correspondiente a la programación de largo plazo, programación semanal y despacho diario.

Artículo 5.3. Presentar certificación de inscripción en el registro del Ministerio de Energía y Minas, haciendo constar en la misma el requisito señalado en el Artículo 5 del reglamento del AMM, de que tiene una demanda de potencia, entendida como demanda máxima, que exceda 100 Kw. o el límite inferior fijado por el ministerio en el futuro, en cada punto de medición

Artículo 5.4. Contar con la habilitación por parte del AMM de los equipos de medición, de conformidad con lo establecido en la NCC14, sistema de medición comercial.

Artículo 5.5. La información anterior debe ser presentada al AMM a mas tardar dos días hábiles antes de la presentación de la información para la programación semanal, si se trata de contratos nuevos o los ya administrados por el AMM si presentan algún cambio en las condiciones del mismo

Artículo 5.6. Presentar cada año al AMM a partir de la fecha de inicio de operaciones en el mercado mayoristas, una declaración jurada de que su demanda excede 100 Kw. o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro

7.3 Evaluación de la incorporación de los edificios al Mercado Mayorista

Según el reglamento del Administrador de Mercado Mayorista (AMM), en el Artículo 5 inciso 3 (y como se puede apreciar en la tabla CII) especifica que

uno de los requisitos básicos para poder ser gran usuario del AMM es tener una demanda máxima de potencia que exceda 100 KW o el límite inferior fijado por el ministerio en el futuro, en cada punto de medición. Por lo tanto como se pudo apreciar en el capítulo 5 en donde se realizó el análisis de la calidad de energía y armónicos, se obtuvieron datos en los que demuestran que los edificios no llegan a tener la demanda máxima de potencia de 100KW requerida para poder ser grandes usuarios, por consiguiente no pueden optar a ser participantes en el mercado mayorista.

Una posible forma de incorporar a los edificios de la Universidad de San Carlos de Guatemala al AMM sería, presentando todos los edificios en conjunto, ya que de esa forma se obtendría la demanda máxima requerida de 100 KW que darían la opción de poder ser un participante del AMM.

CONCLUSIONES

1. Se encontraron tableros principales y de distribución en mal estado, especialmente en el edificio M6 en donde el tablero es de marca UNIVEX, éste ya no se encuentra en el mercado, por tal motivo, se han venido sobrecargando los flipones existentes, ya que al descomponerse algunos de ellos no pueden ser reemplazados.
2. La Granja de Veterinaria cuenta con instalaciones de alumbrado eléctrico en muy malas condiciones, especialmente en el área de concentrados y cochiqueras, los tableros se encuentran sucios, sin tapaderas, con flipones flojos, y en algunos casos los cables están conectados directamente a las barras sin ningún flipon. Además en el área de concentrados se utiliza energía trifásica y el tablero es bifásico, por lo tanto, una línea pasa directamente a los motores sin ninguna protección.
3. Se realizó un análisis de la calidad de energía que abarcó el estudio de la variación de tensión, los desbalances en las corrientes, el consumo de potencia activa, generación de potencia reactiva inductiva especialmente, el consumo de energía y el factor de potencia.
4. El factor de potencia se calculó en base a las mediciones de energías activas y reactivas realizadas con el analizador y la fórmula establecida por la norma NTSD, dando como resultado valores de 0.89, 0.98 de factor de potencia, que se encuentran dentro de los valores permitidos por estas normas, que dan como valor aceptable un mínimo de fp. de 0.85.

5. El calibre de los conductores de las acometidas soportan el aumento de carga instalada, sólo se encontró deficiencias en los tableros principales del edificio M6 y en la Granja de Veterinaria, para un aumento de carga se necesitan cambiar los tableros por las condiciones en que se encuentran.
6. Se realizó el diseño de puesta a tierra para los edificios, así como el cálculo del pararrayos que se debería de instalar en los edificios, ya que es un área de alta circulación de estudiantes, por lo tanto se necesita este tipo de protección.
7. En el último capítulo se analizó la factibilidad que los edificios pudieran participar en el Mercado Mayorista (AMM), con base a los datos obtenidos de los mismos y los requerimientos que solicita esta entidad, para participar como gran usuario. Dando como resultado la imposibilidad de poder hacerlo, debido a que no cumplen con la máxima demanda de potencia requerida.
8. Con base a la evaluación y al diagnóstico de las condiciones actuales de los edificio T2, M6 y la Granja de Veterinaria, se pudo observar que estas instalaciones se les ha dado poco mantenimiento, se observó que el edificio T2 presenta mejores condiciones, los tableros de distribución por ejemplo se encuentran fuera del alcance de alumnos y personal no autorizado, caso contrario ocurre en el edificio M6 donde están al alcance de cualquier persona y en la Granja de Veterinaria presentan demasiada suciedad y sin tapaderas.

RECOMENDACIONES

1. Respecto a los tableros principales y de distribución es necesario cambiar los tableros que están ya discontinuados, como es el caso del edificio M6 para evitar que se sobrecarguen otros circuitos al descomponerse alguno de los flipones (como ocurre actualmente), El cambio del tablero principal debe de ser por un tablero Trifásico de 600 Amp. de 24 polos como mínimo. En la Granja de Veterinaria es necesario instalar en el área de concentrados un tablero trifásico de 18 polos, ya que se encuentra una línea sin protección; en el área de lácteos se necesitan flipones para independizar cada circuito, ya que los circuitos llegan a un mismo flipon.
2. Es necesario balancear las cargas especialmente en el edificio M6, ya que en las mediciones se observó que existe un desbalance, pero esto no puede realizarse sin antes cambiar el tablero principal y subtableros que ya están discontinuados.
3. En cuanto a la incorporación de los edificios al mercado mayorista como gran usuario, sería bueno que se integraran todos los edificios del Campus Central, para así tener una demanda de potencia que supere el mínimo requerido por el mercado mayorista, a fin de cumplir con el requisito básico, para obtener beneficios de esta incorporación.

4. La iluminación en La Granja de Veterinaria se encuentra en malas condiciones, por lo que se debe de realizar una nueva instalación tomando en cuenta los valores que se presentan en las tablas de este estudio.
5. En el cálculo de pararrayos nuestro estudio dio como resultado que se deberían de instalar pararrayos marca INGESCO PDC modelo PDC 3.1 Nivel de protección III ($0 < E \leq 0.8$).
6. Para la puesta a tierra es necesario preparar el terreno con un intensificador de terreno GAP, para que este pueda tener una menor resistencia e instalar varillas de cobre de 5/8" x 8` calidad copperweld.
7. Es de suma importancia realizar un mantenimiento periódico a las instalaciones eléctricas, tanto en limpieza de luminarias y cambio de las defectuosas como en los tomacorrientes defectuosos o en mal estado, ya que en el caso de luminarias disminuyen sus luxes por la acumulación de suciedad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bratu Serban, Neagu y Eduardo Campero Littlewood. **Instalaciones eléctricas. Conceptos básicos y diseño.** 2ª edición. Alfaomega, 1994. 240pp
2. Enríquez Harper, Gilberto. **Manual de instalaciones eléctricas Residenciales e Industriales.** Segunda. Preedición corregida y aumentada.. Editorial Limusa. 463 pp
3. H. P. Richter. **Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas.** Compañía Editorial Continental S. A. de C.V. México 583pp
4. López Hernández, Gonzalo. **Manual para instalaciones eléctricas.** 3era edición. s.a. 187 pp
5. Gonzáles López, Francisco Javier. **Fundamentos teóricos sobre armónicos.** 1era Edición, Facultad de Ingeniería, 1999.
6. Koenigsberger, Rodolfo, **Instalaciones Eléctricas. Tesis ing. Eléctrica.** Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1982, 156 pp
7. Chávez Valverth, Rolando Darío, Análisis comparativo de los métodos de medición de resistencia en los sistemas de puesta a tierra. Trabajo de graduación de Ingeniería Eléctrica, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004, 250 pp.

APÉNDICE

Tabla B 1. Voltaje del tablero principal edificio T2

Hora de la muestra	L1 (V)	L2 (V)	L3 (V)	III (V)
19:02:15	119	209	119	149
19:15:00	119	209	120	149
19:30:00	119	210	120	149
19:45:00	120	211	120	150
20:00:00	121	211	121	151
20:15:00	122	212	122	152
20:30:00	122	212	122	152
20:45:00	122	212	123	152
21:00:00	123	213	123	153
21:15:00	122	212	122	152
21:30:00	121	211	122	151
21:45:00	121	211	121	151
22:00:00	121	210	121	150
22:15:00	121	210	121	150
22:30:00	122	212	122	152
22:45:00	122	212	122	152
23:00:00	122	212	123	152
23:15:00	123	213	123	153
23:30:00	123	214	123	153
23:45:00	123	214	123	153
00:00:00	123	214	123	153
00:15:00	123	214	123	153
00:30:00	123	214	123	153
00:45:00	123	214	123	153
01:00:00	123	214	123	153
01:15:00	122	213	123	152
01:30:00	123	214	123	153
01:45:00	123	214	123	153
02:00:00	122	214	123	153
02:15:00	123	214	123	153
02:30:00	122	213	123	152
02:45:00	122	214	123	153
03:00:00	122	213	123	152
03:15:00	122	213	123	152
03:30:00	122	213	123	152
03:45:00	122	213	123	152
04:00:00	122	213	123	152
04:15:00	122	213	123	152
04:30:00	122	213	122	152
04:45:00	122	212	122	152
05:00:00	122	212	122	152
05:15:00	121	211	121	151
05:30:00	121	212	121	151
05:45:00	121	212	121	151
06:00:00	121	212	121	151
06:15:00	121	212	121	151
06:30:00	120	211	121	150
06:45:00	120	211	120	150

Hora de la muestra	L1 (V)	L2 (V)	L3 (V)	III (V)
07:15:00	119	210	120	149
07:30:00	118	210	119	149
07:45:00	118	209	119	148
08:00:00	118	209	119	148
08:15:00	118	208	118	148
08:30:00	118	209	118	148
08:45:00	118	209	118	148
09:00:00	118	208	118	148
09:15:00	118	208	118	148
09:30:00	118	208	118	148
09:45:00	118	209	118	148
10:00:00	118	209	118	148
10:15:00	117	208	118	147
10:30:00	117	208	117	147
10:45:00	117	207	117	147
11:00:00	116	207	117	146
11:15:00	117	206	117	146
11:30:00	117	207	117	147
11:45:00	117	207	117	147
12:00:00	117	208	118	147
12:15:00	118	208	118	148
12:30:00	118	209	119	148
12:45:00	118	209	119	148
13:00:00	118	209	119	148
13:15:00	118	208	119	148
13:30:00	118	209	119	148
13:45:00	118	209	119	148
14:00:00	118	208	119	148
14:15:00	118	207	118	147
14:30:00	117	207	118	147
14:45:00	118	207	118	147
15:00:00	117	207	118	147
15:15:00	118	208	118	148
15:30:00	118	208	118	148
15:45:00	118	208	118	148
16:00:00	118	209	119	148
16:15:00	118	210	119	149
16:30:00	118	210	119	149
16:45:00	118	210	119	149
17:00:00	119	211	120	150
17:15:00	119	211	119	149
17:30:00	118	210	119	149
17:45:00	117	209	118	148
18:00:00	117	209	118	148
18:15:00	117	209	118	148
18:30:00	118	210	118	148
18:45:00	119	210	119	149
19:00:00	119	211	120	150

Tabla B 2. Corriente del tablero principal edificio T2

Hora de la muestra	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	III (A)	Hora de la muestra	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	III (A)
19:02:15	115.307	0	82.448	65.918	07:15:00	90.517	0	75.325	55.28
19:15:00	107.498	0	72.294	59.93	07:30:00	94.156	0	86.464	60.206
19:30:00	96.885	0	71.839	56.241	07:45:00	91.881	0	77.977	56.619
19:45:00	84.3	0	69.111	51.137	08:00:00	99.007	0	92.224	63.743
20:00:00	49.656	0	47.286	32.314	08:15:00	98.098	0	94.497	64.198
20:15:00	40.104	0	41.224	27.109	08:30:00	99.462	2.273	107.456	69.73
20:30:00	40.938	0	39.329	26.755	08:45:00	93.928	0	104.955	66.294
20:45:00	50.035	0	41.451	30.495	09:00:00	94.08	0	100.635	64.905
21:00:00	40.028	0	43.725	27.917	09:15:00	90.365	0	103.742	64.702
21:15:00	41.544	0	42.891	28.145	09:30:00	89.455	0	102.075	63.843
21:30:00	39.952	0	37.283	25.745	09:45:00	101.206	2.273	114.806	72.761
21:45:00	39.422	0	37.359	25.593	10:00:00	121.296	2.727	116.549	80.19
22:00:00	40.104	0	30.918	23.674	10:15:00	127.891	2.803	112.457	81.05
22:15:00	38.664	0	30.236	22.966	10:30:00	124.783	2.652	108.744	78.726
22:30:00	41.09	0	30.766	23.952	10:45:00	127.588	2.879	118.444	82.97
22:45:00	39.043	0	33.797	24.28	11:00:00	127.133	2.955	126.476	85.521
23:00:00	40.559	0	33.343	24.634	11:15:00	131.606	2.879	104.652	79.712
23:15:00	39.043	0	33.797	24.28	11:30:00	129.407	2.803	99.499	77.236
23:30:00	41.165	0	33.797	24.987	11:45:00	131.454	2.879	99.196	77.843
23:45:00	38.967	0	35.768	24.911	12:00:00	130.848	2.879	96.922	76.883
00:00:00	40.407	0	36.298	25.568	12:15:00	129.635	2.803	92.3	74.912
00:15:00	39.27	0	35.768	25.012	12:30:00	136.306	2.955	98.059	79.106
00:30:00	41.09	0	34.783	25.291	12:45:00	137.822	3.031	95.937	78.93
00:45:00	38.815	0	35.768	24.861	13:00:00	123.418	2.727	97.074	74.406
01:00:00	40.711	0	33.191	24.634	13:15:00	123.191	2.576	88.283	71.35
01:15:00	39.118	0	33.722	24.28	13:30:00	121.371	2.576	86.161	70.036
01:30:00	40.862	0	33.722	24.861	13:45:00	125.692	2.652	87.298	71.88
01:45:00	38.891	0	34.783	24.558	14:00:00	127.436	2.727	93.512	74.558
02:00:00	40.559	0	32.888	24.482	14:15:00	126.299	2.652	90.708	73.219
02:15:00	39.043	0	29.933	22.992	14:30:00	126.375	2.727	95.482	74.861
02:30:00	40.635	0	29.781	23.472	14:45:00	126.83	2.803	100.863	76.832
02:45:00	39.952	0	29.933	23.295	15:00:00	124.176	2.727	96.771	74.558
03:00:00	39.27	0	28.72	22.663	15:15:00	125.389	2.803	94.421	74.204
03:15:00	40.18	0	29.705	23.295	15:30:00	127.891	2.879	101.014	77.261
03:30:00	39.649	0	33.57	24.406	15:45:00	141.234	3.182	105.788	83.401
03:45:00	40.331	0	35.01	25.113	16:00:00	133.198	2.955	105.106	80.419
04:00:00	38.967	0	35.01	24.659	16:15:00	134.562	3.031	107.531	81.708
04:15:00	40.483	0	35.995	25.492	16:30:00	134.411	3.106	121.248	86.255
04:30:00	39.422	0	36.601	25.341	16:45:00	137.519	3.258	126.628	89.135
04:45:00	40.635	0	35.54	25.391	17:00:00	134.107	3.106	114.276	83.829
05:00:00	38.967	0	35.768	24.911	17:15:00	139.414	3.182	111.927	84.841
05:15:00	45.183	0	33.949	26.377	17:30:00	147.298	3.334	112.684	87.772
05:30:00	42.454	0	35.843	26.099	17:45:00	152.757	3.485	116.852	91.031
05:45:00	54.963	0	44.785	33.249	18:00:00	152.908	3.561	115.261	90.576
06:00:00	48.216	0	38.041	28.752	18:15:00	155.183	3.637	119.883	92.901
06:15:00	48.822	0	30.539	26.453	18:30:00	150.255	3.637	123.066	92.319
06:30:00	43.743	0	30.008	24.583	18:45:00	128.346	3.031	112.836	81.404
06:45:00	52.765	0	38.723	30.496	19:00:00	108.332	2.5	93.285	68.039
07:00:00	64.97	0	62.291	42.42					

Tabla B 3. Potencia Activa del tablero principal edificio T2

Hora de la muestra	L1 (W)	L2 (W)	L3 (W)	III (W)	Hora de la muestra	L1 (W)	L2 (W)	L3 (W)	III (W)
19:02:15	13483	0	9546	23029	07:15:00	10720	0	8788	19508
19:15:00	12562	0	8323	20885	07:30:00	11068	0	10063	21131
19:30:00	11346	0	8288	19634	07:45:00	10773	0	8995	19768
19:45:00	9904	0	7892	17796	08:00:00	11624	0	10649	22273
20:00:00	5751	0	5169	10920	08:15:00	11433	0	10787	22220
20:15:00	4708	0	4566	9274	08:30:00	11607	0	12372	23979
20:30:00	4795	0	4411	9206	08:45:00	10946	0	12062	23008
20:45:00	5925	0	4583	10508	09:00:00	10981	0	11579	22560
21:00:00	4708	0	4824	9532	09:15:00	10512	0	11941	22453
21:15:00	4830	0	4704	9534	09:30:00	10390	0	11717	22107
21:30:00	4656	0	4152	8808	09:45:00	11815	0	13285	25100
21:45:00	4587	0	4066	8653	10:00:00	14144	0	13492	27636
22:00:00	4639	0	3050	7689	10:15:00	14839	0	12924	27763
22:15:00	4517	0	3015	7532	10:30:00	14422	0	12424	26846
22:30:00	4778	0	3101	7879	10:45:00	14734	0	13578	28312
22:45:00	4587	0	3274	7861	11:00:00	14647	0	14509	29156
23:00:00	4743	0	3239	7982	11:15:00	15186	0	11993	27179
23:15:00	4604	0	3308	7912	11:30:00	14925	0	11442	26367
23:30:00	4830	0	3274	8104	11:45:00	15186	0	11407	26593
23:45:00	4604	0	3411	8015	12:00:00	15186	0	11166	26352
00:00:00	4726	0	3498	8224	12:15:00	15064	0	10632	25696
00:15:00	4622	0	3429	8051	12:30:00	15916	0	11338	27254
00:30:00	4813	0	3360	8173	12:45:00	16142	0	11131	27273
00:45:00	4587	0	3446	8033	13:00:00	14439	0	11235	25674
01:00:00	4761	0	3222	7983	13:15:00	14387	0	10149	24536
01:15:00	4604	0	3256	7860	13:30:00	14213	0	9960	24173
01:30:00	4795	0	3291	8086	13:45:00	14700	0	10080	24780
01:45:00	4587	0	3325	7912	14:00:00	14856	0	10770	25626
02:00:00	4743	0	3187	7930	14:15:00	14665	0	10390	25055
02:15:00	4604	0	2963	7567	14:30:00	14682	0	10994	25676
02:30:00	4761	0	2946	7707	14:45:00	14734	0	11614	26348
02:45:00	4691	0	2946	7637	15:00:00	14422	0	11131	25553
03:00:00	4622	0	2877	7499	15:15:00	14561	0	10890	25451
03:15:00	4708	0	2946	7654	15:30:00	14891	0	11683	26574
03:30:00	4656	0	3239	7895	15:45:00	16472	0	12200	28672
03:45:00	4726	0	3377	8103	16:00:00	15568	0	12183	27751
04:00:00	4587	0	3343	7930	16:15:00	15760	0	12510	28270
04:15:00	4726	0	3429	8155	16:30:00	15742	0	14095	29837
04:30:00	4639	0	3498	8137	16:45:00	16107	0	14698	30805
04:45:00	4743	0	3377	8120	17:00:00	15760	0	13268	29028
05:00:00	4569	0	3394	7963	17:15:00	16316	0	12975	29291
05:15:00	5282	0	3291	8573	17:30:00	17184	0	13044	30228
05:30:00	4952	0	3532	8484	17:45:00	17706	0	13509	31215
05:45:00	6481	0	4790	11271	18:00:00	17758	0	13303	31061
06:00:00	5699	0	4135	9834	18:15:00	18053	0	13871	31924
06:15:00	5820	0	3429	9249	18:30:00	17549	0	14285	31834
06:30:00	5160	0	3377	8537	18:45:00	15082	0	13165	28247
06:45:00	6237	0	4463	10700	19:00:00	12753	0	10838	23591
07:00:00	7680	0	7254	14934					

Tabla B 4. Voltaje del tablero principal edificio M6

Hora de muestra	L1 (V)	L2 (V)	L3 (V)	III (V)
04:13:20 p.m.	119	119	120	119
04:15:00 p.m.	119	119	120	119
04:30:00 p.m.	120	120	120	120
04:45:00 p.m.	121	120	121	120
05:00:00 p.m.	121	121	121	121
05:15:00 p.m.	121	121	121	121
05:30:00 p.m.	119	120	120	119
05:45:00 p.m.	118	119	119	118
06:00:00 p.m.	118	119	120	119
06:15:00 p.m.	118	120	120	119
06:30:00 p.m.	119	121	121	120
06:45:00 p.m.	120	121	122	121
07:00:00 p.m.	121	121	121	121
07:15:00 p.m.	120	121	121	120
07:30:00 p.m.	120	121	121	120
07:45:00 p.m.	121	121	121	121
08:00:00 p.m.	121	121	121	121
08:15:00 p.m.	121	122	122	121
08:30:00 p.m.	121	122	122	121
08:45:00 p.m.	121	122	122	121
09:00:00 p.m.	121	122	122	121
09:15:00 p.m.	122	122	122	122
09:30:00 p.m.	122	122	122	122
09:45:00 p.m.	122	122	122	122
10:00:00 p.m.	121	122	121	121
10:15:00 p.m.	121	122	121	121
10:30:00 p.m.	121	122	121	121
10:45:00 p.m.	122	122	122	122
11:00:00 p.m.	122	122	122	122
11:15:00 p.m.	122	122	122	122
11:30:00 p.m.	121	122	121	121
11:45:00 p.m.	119	120	119	119
12:00:00 a.m.	119	120	119	119
12:15:00 a.m.	119	120	119	119
12:30:00 a.m.	119	120	119	119
12:45:00 a.m.	119	120	119	119
01:00:00 a.m.	120	121	120	120
01:15:00 a.m.	122	122	122	122
01:30:00 a.m.	122	122	122	122
01:45:00 a.m.	122	122	123	122
02:00:00 a.m.	122	122	122	122
02:15:00 a.m.	122	122	123	122
02:30:00 a.m.	122	122	123	122
02:45:00 a.m.	122	122	123	122
03:00:00 a.m.	122	122	123	122
03:15:00 a.m.	122	122	123	122
03:30:00 a.m.	122	123	123	122
03:45:00 a.m.	122	122	123	122
04:00:00 a.m.	122	122	123	122
04:15:00 a.m.	122	122	123	122
04:30:00 a.m.	122	122	123	122

Hora de muestra	L1 (V)	L2 (V)	L3 (V)	III (V)
04:45:00 a.m.	121	122	123	122
05:00:00 a.m.	121	122	122	121
05:15:00 a.m.	121	122	123	122
05:30:00 a.m.	121	122	122	121
05:45:00 a.m.	120	121	121	120
06:00:00 a.m.	120	121	122	121
06:15:00 a.m.	120	121	122	121
06:30:00 a.m.	119	121	122	120
06:45:00 a.m.	119	120	121	120
07:00:00 a.m.	118	120	121	119
07:15:00 a.m.	118	120	121	119
07:30:00 a.m.	117	119	120	118
07:45:00 a.m.	117	118	120	118
08:00:00 a.m.	117	119	120	118
08:15:00 a.m.	117	119	120	118
08:30:00 a.m.	117	118	119	118
08:45:00 a.m.	117	118	119	118
09:00:00 a.m.	116	117	118	117
09:15:00 a.m.	116	117	118	117
09:30:00 a.m.	116	116	118	116
09:45:00 a.m.	117	117	119	117
10:00:00 a.m.	118	118	119	118
10:15:00 a.m.	117	117	119	117
10:30:00 a.m.	117	118	118	117
10:45:00 a.m.	117	118	118	117
11:00:00 a.m.	116	116	117	116
11:15:00 a.m.	117	116	118	117
11:30:00 a.m.	117	117	118	117
11:45:00 a.m.	118	118	119	118
12:00:00 p.m.	119	119	120	119
12:15:00 p.m.	119	119	120	119
12:30:00 p.m.	120	120	120	120
12:45:00 p.m.	119	120	120	119
01:00:00 p.m.	119	120	119	119
01:15:00 p.m.	119	120	119	119
01:30:00 p.m.	119	120	119	119
01:45:00 p.m.	119	120	119	119
02:00:00 p.m.	119	119	119	119
02:15:00 p.m.	119	118	118	118
02:30:00 p.m.	119	118	118	118
02:45:00 p.m.	119	118	119	118
03:00:00 p.m.	119	118	119	118
03:15:00 p.m.	119	118	118	118
03:30:00 p.m.	119	118	118	118
03:45:00 p.m.	120	119	119	119
04:00:00 p.m.	120	119	119	119
04:15:00 p.m.	121	120	120	120
04:30:00 p.m.	121	120	120	120
04:45:00 p.m.	121	120	121	120
05:00:00 p.m.	121	120	120	120
05:15:00 p.m.	120	120	120	120

Tabla B 5. Corriente del tablero principal edificio M6

Hora de muestra	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	III (A)
04:13:20 p.m.	6.898	8.032	3.106	6.012
04:15:00 p.m.	8.036	7.426	2.652	6.038
04:30:00 p.m.	8.036	3.864	0	3.966
04:45:00 p.m.	9.476	5.076	0	4.85
05:00:00 p.m.	10.841	4.622	0	5.154
05:15:00 p.m.	14.707	4.167	0	6.291
05:30:00 p.m.	10.841	5.152	0	5.331
05:45:00 p.m.	10.689	5.986	2.424	6.366
06:00:00 p.m.	10.841	6.592	0	5.811
06:15:00 p.m.	11.295	4.47	0	5.255
06:30:00 p.m.	9.931	4.698	0	4.876
06:45:00 p.m.	9.097	4.925	0	4.674
07:00:00 p.m.	9.552	5.304	0	4.952
07:15:00 p.m.	8.945	6.137	2.424	5.835
07:30:00 p.m.	10.234	7.501	0	5.911
07:45:00 p.m.	10.31	7.653	0	5.987
08:00:00 p.m.	9.628	3.864	0	4.497
08:15:00 p.m.	9.173	4.925	0	4.699
08:30:00 p.m.	9.324	5.455	0	4.926
08:45:00 p.m.	10.234	5.076	2.955	6.088
09:00:00 p.m.	9.931	5.152	0	5.027
09:15:00 p.m.	9.628	6.062	0	5.23
09:30:00 p.m.	8.642	5.758	0	4.8
09:45:00 p.m.	9.552	3.637	0	4.396
10:00:00 p.m.	10.992	3.94	0	4.977
10:15:00 p.m.	10.537	4.167	3.485	6.063
10:30:00 p.m.	8.87	5.834	0	4.901
10:45:00 p.m.	8.945	7.956	0	5.633
11:00:00 p.m.	9.097	7.804	0	5.633
11:15:00 p.m.	10.082	7.501	0	5.861
11:30:00 p.m.	10.082	4.773	0	4.951
11:45:00 p.m.	10.537	3.409	2.728	5.558
12:00:00 a.m.	9.324	4.016	0	4.446
12:15:00 a.m.	8.642	4.849	0	4.497
12:30:00 a.m.	9.628	5.758	0	5.128
12:45:00 a.m.	10.462	6.744	0	5.735
01:00:00 a.m.	9.628	6.365	0	5.331
01:15:00 a.m.	8.642	4.395	2.273	5.103
01:30:00 a.m.	9.931	3.713	0	4.548
01:45:00 a.m.	10.462	4.47	0	4.977
02:00:00 a.m.	10.234	4.016	0	4.75
02:15:00 a.m.	16.83	7.122	0	7.984
02:30:00 a.m.	19.711	8.638	0	9.449
02:45:00 a.m.	18.877	6.592	2.652	9.373
03:00:00 a.m.	12.812	6.365	0	6.392
03:15:00 a.m.	11.75	4.925	0	5.558
03:30:00 a.m.	12.054	4.47	0	5.508
03:45:00 a.m.	10.462	3.713	0	4.725
04:00:00 a.m.	10.082	6.289	0	5.457
04:15:00 a.m.	10.234	7.198	0	5.81
04:30:00 a.m.	11.295	5.001	3.485	6.593

Hora de muestra	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	III (A)
04:45:00 a.m.	11.295	4.546	0	5.28
05:00:00 a.m.	10.462	3.485	0	4.649
05:15:00 a.m.	10.234	4.091	0	4.775
05:30:00 a.m.	14.328	7.198	0	7.175
05:45:00 a.m.	21.53	12.503	0	11.344
06:00:00 a.m.	28.656	15.912	2.803	15.79
06:15:00 a.m.	54.508	21.823	0	25.443
06:30:00 a.m.	66.714	22.353	0	29.689
06:45:00 a.m.	64.44	22.05	0	28.83
07:00:00 a.m.	59.739	21.065	0	26.934
07:15:00 a.m.	64.743	21.065	0	28.602
07:30:00 a.m.	60.952	21.747	2.576	28.425
07:45:00 a.m.	56.404	25.081	0	27.161
08:00:00 a.m.	56.934	23.263	0	26.732
08:15:00 a.m.	62.09	21.899	2.5	28.829
08:30:00 a.m.	56.859	32.28	2.955	30.698
08:45:00 a.m.	52.765	34.174	3.106	30.015
09:00:00 a.m.	52.461	36.22	3.41	30.697
09:15:00 a.m.	52.082	39.024	4.774	31.96
09:30:00 a.m.	55.721	40.464	3.031	33.072
09:45:00 a.m.	56.252	42.131	2.955	33.779
10:00:00 a.m.	56.252	38.039	3.031	32.44
10:15:00 a.m.	57.692	38.115	3.561	33.122
10:30:00 a.m.	53.826	31.068	2.955	29.283
10:45:00 a.m.	52.31	25.688	3.789	27.262
11:00:00 a.m.	50.263	27.203	3.789	27.085
11:15:00 a.m.	47.837	33.341	3.637	28.271
11:30:00 a.m.	46.321	29.931	2.879	26.377
11:45:00 a.m.	45.108	27.127	2.955	25.063
12:00:00 p.m.	46.851	26.142	2.955	25.316
12:15:00 p.m.	46.321	19.474	3.713	23.169
12:30:00 p.m.	46.927	17.125	4.092	22.714
12:45:00 p.m.	46.927	18.11	2.955	22.664
01:00:00 p.m.	42.757	19.171	2.652	21.526
01:15:00 p.m.	41.165	15.988	0	19.051
01:30:00 p.m.	42.303	13.109	0	18.47
01:45:00 p.m.	40.559	11.593	0	17.384
02:00:00 p.m.	29.339	10.229	0	13.189
02:15:00 p.m.	6.747	10.457	0	5.734
02:30:00 p.m.	6.519	12.351	0	6.29
02:45:00 p.m.	7.277	12.351	0	6.542
03:00:00 p.m.	7.96	11.593	0	6.517
03:15:00 p.m.	9.552	11.896	0	7.149
03:30:00 p.m.	7.05	10.229	0	5.759
03:45:00 p.m.	6.519	10.002	3.031	6.517
04:00:00 p.m.	7.126	10.002	0	5.709
04:15:00 p.m.	7.808	10.684	0	6.164
04:30:00 p.m.	7.96	13.336	0	7.098
04:45:00 p.m.	7.353	14.473	0	7.275
05:00:00 p.m.	7.581	13.412	0	6.997
05:15:00 p.m.	9.931	12.275	0	7.402

Tabla B 6. Potencia Activa del tablero principal edificio M6

Hora de muestra	L1 (W)	L2 (W)	L3 (W)	III (W)
04:13:20 p.m.	764	772	275	1811
04:15:00 p.m.	868	720	241	1829
04:30:00 p.m.	886	377	0	1263
04:45:00 p.m.	1059	497	0	1556
05:00:00 p.m.	1233	463	0	1696
05:15:00 p.m.	1702	411	0	2113
05:30:00 p.m.	1233	497	0	1730
05:45:00 p.m.	1198	566	224	1988
06:00:00 p.m.	1216	652	0	1868
06:15:00 p.m.	1233	463	0	1696
06:30:00 p.m.	1112	480	0	1592
06:45:00 p.m.	1042	480	0	1522
07:00:00 p.m.	1094	514	0	1608
07:15:00 p.m.	1025	583	224	1832
07:30:00 p.m.	1146	686	0	1832
07:45:00 p.m.	1164	703	0	1867
08:00:00 p.m.	1094	394	0	1488
08:15:00 p.m.	1059	514	0	1573
08:30:00 p.m.	1077	566	0	1643
08:45:00 p.m.	1164	514	275	1953
09:00:00 p.m.	1112	497	0	1609
09:15:00 p.m.	1112	566	0	1678
09:30:00 p.m.	1007	532	0	1539
09:45:00 p.m.	1094	360	0	1454
10:00:00 p.m.	1216	377	0	1593
10:15:00 p.m.	1198	429	344	1971
10:30:00 p.m.	1025	600	0	1625
10:45:00 p.m.	1042	772	0	1814
11:00:00 p.m.	1059	738	0	1797
11:15:00 p.m.	1164	686	0	1850
11:30:00 p.m.	1146	463	0	1609
11:45:00 p.m.	1181	326	258	1765
12:00:00 a.m.	1059	394	0	1453
12:15:00 a.m.	990	480	0	1470
12:30:00 a.m.	1094	549	0	1643
12:45:00 a.m.	1181	669	0	1850
01:00:00 a.m.	1094	617	0	1711
01:15:00 a.m.	1007	446	206	1659
01:30:00 a.m.	1146	360	0	1506
01:45:00 a.m.	1181	429	0	1610
02:00:00 a.m.	1164	394	0	1558
02:15:00 a.m.	2015	686	0	2701
02:30:00 a.m.	2415	789	0	3204
02:45:00 a.m.	2293	617	258	3168
03:00:00 a.m.	1529	652	0	2181
03:15:00 a.m.	1355	497	0	1852
03:30:00 a.m.	1372	446	0	1818
03:45:00 a.m.	1216	360	0	1576
04:00:00 a.m.	1181	600	0	1781
04:15:00 a.m.	1216	652	0	1868
04:30:00 a.m.	1303	463	344	2110

Hora de muestra	L1 (W)	L2 (W)	L3 (W)	III (W)
04:45:00 a.m.	1303	429	0	1732
05:00:00 a.m.	1233	343	0	1576
05:15:00 a.m.	1198	411	0	1609
05:30:00 a.m.	1615	772	0	2387
05:45:00 a.m.	2502	1441	0	3943
06:00:00 a.m.	2780	1750	258	4788
06:15:00 a.m.	5056	2488	0	7544
06:30:00 a.m.	6012	2608	0	8620
06:45:00 a.m.	5855	2574	0	8429
07:00:00 a.m.	5595	2454	0	8049
07:15:00 a.m.	6324	2454	0	8778
07:30:00 a.m.	5890	2522	241	8653
07:45:00 a.m.	5264	2849	0	8113
08:00:00 a.m.	5299	2643	0	7942
08:15:00 a.m.	5959	2557	258	8774
08:30:00 a.m.	5421	3741	275	9437
08:45:00 a.m.	5091	3930	292	9313
09:00:00 a.m.	5073	4153	327	9553
09:15:00 a.m.	5021	4445	482	9948
09:30:00 a.m.	5456	4565	292	10313
09:45:00 a.m.	5508	4771	292	10571
10:00:00 a.m.	5577	4376	292	10245
10:15:00 a.m.	5681	4359	361	10401
10:30:00 a.m.	5195	3552	275	9022
10:45:00 a.m.	5021	2952	361	8334
11:00:00 a.m.	4726	3089	361	8176
11:15:00 a.m.	4378	3810	361	8549
11:30:00 a.m.	4170	3381	275	7826
11:45:00 a.m.	4013	3140	275	7428
12:00:00 p.m.	4204	3020	275	7499
12:15:00 p.m.	4170	2265	361	6796
12:30:00 p.m.	4222	2008	379	6609
12:45:00 p.m.	4239	2093	275	6607
01:00:00 p.m.	3770	2179	241	6190
01:15:00 p.m.	3579	1802	0	5381
01:30:00 p.m.	3596	1493	0	5089
01:45:00 p.m.	3231	1321	0	4552
02:00:00 p.m.	2467	1184	0	3651
02:15:00 p.m.	747	1218	0	1965
02:30:00 p.m.	729	1390	0	2119
02:45:00 p.m.	816	1390	0	2206
03:00:00 p.m.	851	1304	0	2155
03:15:00 p.m.	1007	1338	0	2345
03:30:00 p.m.	781	1184	0	1965
03:45:00 p.m.	729	1149	275	2153
04:00:00 p.m.	799	1149	0	1948
04:15:00 p.m.	851	1235	0	2086
04:30:00 p.m.	851	1510	0	2361
04:45:00 p.m.	816	1613	0	2429
05:00:00 p.m.	834	1527	0	2361
05:15:00 p.m.	1129	1407	0	2536

ANEXO

Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala

Tabla A 2. Coeficientes de utilización

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985												
Separación no superior a: "h" por altura de montaje.		Techo	80%			50%			10%			0%
		Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
Categoría III h = 1.3  Lámparas T-12. 430 ó 800 mA. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	RCL*											
	1	0.86	0.83	0.80	0.78	0.76	0.73	0.69	0.67	0.66	0.64	
	2	0.75	0.70	0.66	0.69	0.65	0.61	0.61	0.58	0.56	0.54	
	3	0.67	0.60	0.55	0.61	0.56	0.52	0.54	0.51	0.48	0.46	
	4	0.39	0.52	0.47	0.54	0.49	0.44	0.48	0.45	0.41	0.39	
	5	0.52	0.45	0.39	0.48	0.42	0.38	0.43	0.39	0.35	0.33	
	6	0.46	0.39	0.34	0.43	0.37	0.32	0.38	0.34	0.30	0.28	
	7	0.41	0.34	0.29	0.38	0.32	0.28	0.34	0.30	0.26	0.25	
	8	0.37	0.30	0.25	0.34	0.28	0.24	0.31	0.28	0.23	0.21	
	9	0.33	0.26	0.22	0.31	0.25	0.21	0.28	0.23	0.20	0.18	
10	0.30	0.23	0.19	0.28	0.22	0.18	0.25	0.21	0.17	0.16		
Categoría II h = 1.3  3 lámparas T-12. 430 ó 800 mA. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	1	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73	0.71	0.64	0.63	0.62	0.59	
	2	0.75	0.70	0.65	0.67	0.63	0.59	0.57	0.55	0.52	0.50	
	3	0.66	0.60	0.55	0.59	0.54	0.50	0.51	0.48	0.45	0.42	
	4	0.59	0.52	0.46	0.52	0.47	0.43	0.45	0.41	0.38	0.36	
	5	0.51	0.44	0.39	0.46	0.40	0.36	0.40	0.36	0.33	0.30	
	6	0.46	0.39	0.33	0.41	0.35	0.31	0.36	0.31	0.28	0.26	
	7	0.41	0.34	0.29	0.37	0.32	0.27	0.32	0.28	0.24	0.23	
	8	0.37	0.30	0.25	0.33	0.27	0.23	0.29	0.24	0.21	0.19	
	9	0.33	0.26	0.21	0.30	0.24	0.20	0.26	0.21	0.18	0.16	
	10	0.30	0.23	0.19	0.27	0.21	0.18	0.23	0.19	0.16	0.14	

Fuente: Eduardo Campero, Instalaciones Eléctricas. Pág. 59

Tabla A 3. Reflectancias efectivas de cavidad

Reflectancia base de piso o techo de 90%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	89	88	87	87	86	85	83	82	80	79	77	75	73	68	65
80	88	87	86	85	83	80	77	75	72	70	69	59	61	55	51
70	88	86	84	82	80	76	72	68	64	61	58	53	49	42	36
50	86	84	80	77	75	68	62	57	52	48	44	38	34	27	22
30	85	81	77	73	69	61	53	47	42	37	33	28	24	18	15
10	84	79	74	69	64	55	47	40	34	31	25	20	16	12	09
0	82	76	73	67	62	51	43	36	30	26	22	16	11	06	04

Reflectancia base de piso o techo de 80%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	79	79	78	78	77	75	74	73	72	71	70	68	66	62	59
80	78	77	76	75	74	72	69	67	65	63	61	58	55	50	46
70	78	76	75	73	72	68	64	61	58	55	53	48	44	38	33
50	77	74	71	69	67	61	56	51	47	43	40	35	31	25	21
30	76	72	68	65	62	54	48	42	37	33	30	25	22	17	14
10	74	70	65	61	57	49	41	35	30	26	22	18	15	11	08
0	72	68	57	57	55	46	38	32	27	24	20	14	10	05	03

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Reflectancia base de piso o techo de 30%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	31	31	32	32	33	34	35	36	37	38	38	39	39	40	40
80	31	31	31	31	32	33	33	32	33	33	33	33	33	33	32
70	30	30	30	30	30	30	29	29	29	29	28	28	27	26	24
50	29	29	28	28	27	25	24	24	22	21	21	19	18	16	14
30	29	28	26	25	24	22	20	18	17	15	14	13	11	09	08
10	28	26	25	23	22	18	16	14	12	10	09	08	06	04	03
0	27	25	23	22	20	17	14	12	10	09	07	05	04	02	01

Reflectancia base de piso o techo de 20%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	21	22	23	24	25	26	28	29	30	32	33	35	36	37	37
80	20	21	21	22	23	24	25	26	27	27	28	29	30	30	29
70	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	23	24	24	23	22
50	20	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	15	13
30	19	19	18	18	17	16	15	14	13	12	11	10	10	08	07
10	19	18	17	16	15	13	11	10	09	08	07	06	05	03	03
0	17	16	15	14	13	11	09	08	07	05	07	04	02	01	01

Fuente: Eduardo Campero, Instalaciones Eléctricas Pág. 71

Tabla A 4. Factores de corrección del coeficiente de utilización para reflectancias efectivas de cavidad del suelo diferentes del 20%

Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 80%										
Ref pared	Relación de cavidad del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.08	1.07	1.05	1.05	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02
30%	1.08	1.06	1.04	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01
10%	1.07	1.05	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 70%										
Ref pared	Relación de cavidad del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02
30%	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01
10%	1.06	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 50%										
Ref pared	Relación de cavidad del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.05	1.04	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
30%	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01
10%	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 10%										
Ref pared	Relación de cavidad del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
30%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
10%	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Eduardo Campero, Instalaciones Eléctricas Pág. 73

Tabla A 5. Número de conductores de acuerdo al diámetro de 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
	Cantidad de conductores									
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
1000						1	1	1	1	3

Fuente: *Nacional Electrical Code NEC*

Tabla A 6. Lámparas fluorescentes

Tabla de lámparas fluorescentes				
Producto	Largo		Watts	Lúmenes
F20T12/CW	24"	609.6 mm	20	1240
F20T112/WW	24"	609.6 mm	20	1260
F20T12/D	24"	609.6 mm	20	1075
F30T12/D	24"	609.6 mm	20	1900
F40CW	48"	1219.2 mm	40	3100
F40D	48"	1219.2 mm	40	2700
F40CW/RS/SS	48"	1219.2 mm	34	2775
F40WW/RS/SS	48"	1219.2 mm	34	2825
F40D/RS/DD	48"	1219.2 mm	34	2350
F48T12/CW	48"	1219.2 mm	39	2940
F48T12/D	48"	1219.2 mm	39	2500
F48T12/CW/SS	48"	1219.2 mm	32	2550
F72T12/CW	72"	1828.8 mm	55	4500
F72T12/D	72"	1828.8 mm	55	3900
F96T12/CW	96"	2438.4 mm	75	6300
F96T12/WW	96"	2438.4 mm	75	6400
F96T12/D	96"	2438.4 mm	75	5400
F96T12/CW/SS	96"	2438.4 mm	60	5400
F96T12/WW/SS	96"	2438.4 mm	60	5500
F96T12/D/SS	96"	2438.4 mm	60	4700

Fuente: Carlos Arriaga, **manual para el laboratorio de instalaciones eléctricas**

Tabla A 7. Resistencia eléctrica del conductor.

Calibre AWG o MCM	Conductor de cobre						Conductor de aluminio					
	Tubería magnética			Tubería no magnética			Tubería magnética			Tubería no magnética		
	R	X	Z	R	X	Z	R	X	Z	R	X	Z
14	.131	.070	.313	.313	.006	.131	--	--	--	--	--	--
12	.196	.069	.196	.196	.005	.196	--	--	--	--	--	--
10	.123	.067	.123	.123	.005	.123	--	--	--	--	--	--
8	.078	.066	.079	.079	.005	.079	--	--	--	--	--	--
6	.049	.065	.049	.049	.005	.049	.083	.005	.063	.063	.004	.063
4	.031	.005	.032	.031	.004	.032	.053	.005	.053	.053	.004	.053
2	.020	.005	.021	.020	.004	.029	.033	.004	.031	.033	.004	.034
1	.016	.005	.017	.016	.004	.016	.027	.004	.027	.027	.003	.027
1/0	.013	.005	.013	.012	.004	.013	.021	.004	.021	.027	.003	.021
2/0	.010	.005	.011	.010	.004	.011	.017	.004	.021	.017	.003	.017
3/0	.008	.005	.009	.009	.004	.009	.014	.004	.011	.014	.003	.014
4/0	.007	.004	.008	.007	.003	.007	.011	.004	.011	.011	.003	.011
250	.005	.004	.007	.005	.003	.007	.009	.004	.009	.009	.003	.010
300	.005	.004	.007	.005	.003	.006	.009	.004	.008	.008	.003	.009
350	.003	.004	.006	.003	.003	.005	.006	.004	.007	.007	.003	.007
400	.003	.004	.006	.003	.003	.005	.005	.003	.006	.006	.003	.007
450	.003	.004	.006	.003	.003	.004	.004	.003	.005	.005	.003	.006
500	.003	.004	.005	.002	.003	.004	.004	.003	.005	.005	.003	.005
600	.002	.004	.005	.002	.003	.003	.003	.003	.004	.004	.003	.005

Fuente: *Nacional Electrical Code NEC*

Tabla A 8. Determinación del coeficiente ambiental C₁

Localización relativa de estructuras	C₁
Estructura localizada en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de la misma altura o de mayor altura	0.25
Estructuras rodeadas por estructuras bajas	
Estructuras aisladas: no hay otras estructuras en una distancia menor de 3H	1
Estructura aislada en la cumbre de la colina o promontorio	2

Fuente: Tabla B2, NF C17-102

Tabla A 9. Determinación del coeficiente estructural C₂

Coeficiente estructural			
Techo	Metal	Común	Inflamable
Estructura			
Metal	0.5	1	2
Común	1	1	2.5
Inflamable	2	2.5	3

Fuente: Tabla B5, NF C17-102

Tabla A 10. Determinación del coeficiente de contenido de estructura C₃

Contenido de estructura	
Sin valor y no inflamable	0.5
Valor común o normalmente inflamable	1
Alto valor o particularmente inflamable	2
Valor excepcional, irremplazable o altamente inflamable, explosivo	3

Fuente: Tabla B6, NF C17-102

Tabla A 11. Determinación del coeficiente de contenido de estructura C₄

Ocupación de Estructura	
Desocupado	0.5
Normalmente ocupado	1
Evacuación dificultosa o riesgo de pánico	3

Fuente: Tabla B7, NF C17-102

Tabla A 12. Determinación del coeficiente de consecuencia, caída de rayo C₅

Consecuencia de caída de rayo	
Continuidad de servicio no requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	1
Continuidad de servicio requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	5
Consecuencia en el ambiente	10

Fuente: Tabla B8, NF C17-102

Tabla A 13. Valores críticos de E inefectivo

E Inefectivo calculado	Nivel de protección asociado	Corriente pico I(KA)	Distancia de iniciación D (m)
$E > 0.98$	Nivel I + Medidas asociadas	---	---
$0.95 < E \leq 0.98$	Nivel I	2.8	20
$0.8 < E \leq 0.95$	Nivel II	9.5	45
$0 < E \leq 0.8$	Nivel III	14.7	60

Fuente: Tabla B10, NF C17-102

Tabla A 14. Radios de protección del pararrayos Pulsar de Helita

Radios de protección de pararrayos Pulsar de Helita, según la norma NFC17-102									
Nivel de protección	Nivel I D = 20 metros			Nivel II D = 45 metros			Nivel III D = 60 metros		
PULSAR	25	40	60	25	40	60	25	40	60
T(s)	25	40	60	25	40	60	25	40	60
H(metros)	Rp (metros)								
2	17	24	32	23	30	40	26	33	44
3	25	35	48	34	45	59	39	50	65
4	34	46	64	46	60	78	52	57	87
5	42	58	79	57	75	97	65	84	107
6	43	58	79	58	57	97	66	84	107
8	43	59	79	59	77	98	67	85	108
10	44	59	79	61	77	99	69	87	109
15	45	59	80	63	79	101	72	89	111
20	45	60	80	65	81	102	75	92	113
45	45	60	80	70	85	105	94	98	119
60	45	60	80	70	85	105	85	100	120
<p>D: distancia de cebado T: avance en el cebado resultado de las pruebas de evaluación H: altura de la punta Pulsar encima del área a proteger Rp: radio de protección dentro de un plano horizontal localizado a una distancia vertical h de la punta del Pulsar</p>									

Fuente: Catálogo Helita

Tabla A 15. Radios de protección de pararrayos Ingesco PDC

Radios de protección de pararrayos Ingesco PDC, según normas UNE 21186-96 NF C 17-102. UNE-EN 50164-1					
Modelo	PDC 3.1	PDC 3.3	PDC 4.3	PDC 5.3	PDC 6.3
Nivel I D = 20 metros	25 metros	45 metros	54 metros	63 metros	70 metros
Nivel II D = 45 metros	43 metros	65 metros	74 metros	84 metros	92 metros
Nivel III D = 60 metros	50 metros	75 metros	85 metros	95 metros	102 metros
Referencias	101000	101001	101003	101005	101008
<p>Nivel de protección calculado, según el anexo B de las normas UNE 21186 y NF C 17-102 D: distancia de cebado Rp: radio de proyección dentro de un plano horizontal, localizado a una distancia vertical h de la punta del Ingesco PDC</p>					

Fuente: Catálogo Ingesco

