



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

DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CAMPO MARTE

Diego José Saquil Bran

Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, enero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL
CAMPO MARTE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

Diego José Saquil Bran

ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, ENERO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
EXAMINADOR	Ing. Walter Giovanni Álvarez Marroquín
EXAMINADOR	Ing. Fernando Alfredo Moscoso Lira
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CAMPO MARTE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 05 de febrero de 2018.

Diego José Saquil Bran

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 13 de octubre de 2021.
Ref:EPS.DOC.218.10.2021.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández,

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Diego José Saquil Bran** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **201212792** y CUI **2370 95777 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CAMPO MARTE"**.

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"
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
ASESOR SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Ingeniería y EPS
Área de Ingeniería Eléctrica de Ingeniería

c.c. Archivo
KIER/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala 13 de octubre de 2021.
Ref.EPS.D.433.10.2021.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CAMPO MARTE"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Diego José Saquil Bran**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA



REF. EIME 155 2021.

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; DIEGO JOSÉ SAQUIL BRAN titulado: DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CAMPO MARTE, procede a la autorización del mismo.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 25 DE OCTUBRE 2021.

Facultad de Ingeniería

Decanato
24189101-
24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.039.2022

La Decana 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 REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL CAMPO MARTE**, presentado por: **Diego José Saquil Bran**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ingra. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, enero de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida.
Mi madre	Guisela Saquil, por todo su esfuerzo y apoyo incondicional en el trayecto de mi vida.
Mi tío	Otto Saquil, por ser como un padre y enseñarme con firmeza.
Mi tío	Byron Saquil por su apoyo incondicional.
Mis abuelos	Emilia Bran (q.e.p.d.) y Jesús Bran Morales (q.e.p.d.), por darme crianza con humildad y enseñarme a salir avante ante cualquier vicisitud.
Mi sobrino	José Andrés Rodríguez para que luche por sus sueños.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrir sus puertas y darnos la oportunidad de tener una carrera profesional
Facultad de Ingeniería	Por todos los conocimientos brindados a lo largo de mi carrera.
Mi madre	Por esfuerzo, entrega y tiempo invertido para que cumpla mis objetivos.
Mis tíos	Por brindarme siempre su apoyo.
Ing. Kenneth Estrada	Por su asesoría y apoyo en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XIX
GLOSARIO	XXI
RESUMEN	XXXI
OBJETIVOS.....	XXXIII
INTRODUCCIÓN	XXXV
1. ANTECEDENTES GENERALES DEL MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTES.....	1
1.1. Historia	1
1.2. Misión	1
1.3. Visión.....	2
1.4. Funciones	2
1.5. Dependencias.....	3
1.6. Dirección General del Deporte y la Recreación	3
1.6.1. Centro deportivo Campo Marte.....	4
1.6.1.1. Historia Campo Marte	4
1.6.1.2. Ubicación Campo Marte	5
1.6.1.3. Áreas disponibles	5
2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS	7
2.1. Instalación eléctrica	7
2.2. Niveles de voltaje	7
2.3. Sistema eléctrico de potencia.....	8
2.4. Sistema de generación eléctrica.....	9

2.5.	Sistema de transmisión eléctrica.....	9
2.6.	Sistema de distribución eléctrica.....	9
2.7.	Usuarios.....	10
2.8.	Acometida eléctrica.....	10
2.8.1.	Acometidas aéreas.....	10
2.8.2.	Acometidas subterráneas.....	11
2.8.3.	Acometida de servicio en alta tensión.....	11
2.8.4.	Acometidas de servicio en media tensión.....	11
2.8.5.	Acometidas de servicio en baja tensión.....	11
2.9.	Carga.....	11
2.10.	Medición primaria.....	12
2.11.	Medición secundaria.....	12
2.12.	Medidor.....	12
2.13.	Demanda.....	12
2.14.	Potencia contratada.....	13
2.15.	Transformador.....	13
2.15.1.	Principio de funcionamiento de transformador.....	13
2.15.2.	Clasificación de transformadores por nivel de voltaje.....	13
2.15.3.	Tipos de transformadores.....	14
2.15.3.1.	Transformadores de potencia.....	14
2.15.3.2.	Transformadores de distribución.....	14
2.15.3.3.	Transformadores secos.....	15
2.15.3.4.	Transformadores de medición.....	15
2.15.3.5.	Transformadores de corriente.....	15
2.15.3.6.	Transformadores de potencial.....	15
2.15.4.	Grupo de conexiones.....	16
2.16.	Tablero de distribución.....	20
2.17.	Interruptor principal.....	20

2.18.	Tableros secundarios	20
2.19.	Interruptores ramales.....	20
2.20.	Canalización y tubería eléctrica.....	21
2.20.1.	Tipos de tubería y canalización	21
2.21.	Conductor eléctrico.....	21
2.21.1.	Calibre	22
2.22.	Selección de conductores eléctricos	24
2.22.1.	Por ampacidad.....	24
2.22.2.	Por caída de tensión.....	25
2.23.	Elemento de conexión eléctrica.....	27
2.23.1.	Tomacorrientes.....	28
2.23.2.	Interruptores	29
2.23.3.	Cajas rectangulares y octagonales.....	31
2.24.	Cajas de registro	32
2.25.	Contactador.....	33
2.25.1.	Funcionamiento interno	33
2.25.2.	Diagrama de fuerza y control.....	34
2.25.3.	Selección	35
2.25.4.	Mando y señalización	36
2.25.5.	Cuadro de mando y control	36
2.25.5.1.	Accesorios de montaje	36
2.25.5.2.	Guardamotores.....	37
2.25.5.3.	Relés de sobrecarga.....	37
2.25.5.4.	Arrancadores	38
2.26.	Diagrama Unifilar.....	38
2.26.1.	Simbología.....	38
2.27.	Sistemas de puesta a tierra	42
2.27.1.	Resistencia de puesta a tierra	42
2.27.2.	Resistividad del terreno	44

2.27.3.	Método de Wenner	44
2.27.4.	Método de Schlumberger	45
2.27.5.	Equipotencialidad	47
2.27.6.	Diseños de puesta a tierra.....	48
2.28.	Pararrayos Atmosféricos	49
2.29.	Supresor de transientes	49
2.30.	Grupo electrógeno.....	49
2.30.1.	Potencia KW y KVA.....	50
2.30.2.	Uso	50
2.30.3.	Niveles de ruido.....	51
2.30.4.	Tipos de arranque	51
2.30.5.	Selección.....	52
2.31.	Transferencias manuales	53
2.31.1.	Selección.....	53
2.32.	Transferencias automáticas	54
2.32.1.	Selección.....	55
2.33.	Instrumentos de medición	55
2.33.1.	Cámara termográfica.....	55
2.33.1.1.	Tipos de cámaras termográficas	56
2.33.1.2.	Termograma	56
2.33.1.3.	Principio de funcionamiento	57
2.33.1.4.	Emisividad	57
2.33.1.5.	Aplicaciones	58
2.33.2.	Medición de calidad de energía.....	58
2.33.2.1.	Valores eléctricos por medir	60
2.33.3.	Luxómetro	61
2.33.3.1.	Partes de un luxómetro	61
2.34.	Iluminación	62
2.34.1.	Cálculo según el método de los lúmenes	62

2.34.2.	Software de diseño de iluminación	63
2.34.3.	Software existente	64
2.35.	Banco de capacitores	64
2.36.	Normativa para acometidas en Guatemala	67
2.36.1.	Normas Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (Acometidas).....	67
2.36.1.1.	Requisitos constructivos para acometidas de servicio en media tensión	67
2.36.2.	Reglamento de la Ley General de Electricidad.....	72
2.36.3.	Normas Técnicas de diseño y operación de las instalaciones de Distribución (CNEE).....	72
2.36.3.1.	Artículo 18. Distancias Mínimas de Seguridad	72
2.36.3.2.	Artículo 33. Resistencia a tierra.....	75
2.37.	Tarifas Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.	76
2.37.1.	Baja tensión simple social -BTSS-.....	77
2.37.2.	Baja tensión simple -BTS-	77
2.37.3.	Baja tensión simple horaria -BTSH-.....	78
2.37.4.	Baja tensión simple autoprodutores -BTSA-	78
2.37.5.	Baja tensión simple prepago -BTSP-	78
2.37.6.	Baja tensión horaria con demanda -BTHD-	79
2.37.7.	Media tensión horaria con demanda -MTHD-.....	79
2.37.8.	Baja tensión con demanda auto productores - BTDA-.....	79
2.37.9.	Media tensión con demanda autoprodutores - MTDA-	80
2.37.10.	Alumbrado público -AP-.....	80

2.37.11.	Alumbrado privado o publicitario nocturno -APPN-	80
2.37.12.	Vigilancia señalización o comunicaciones -VSC-	81
3.	MARCO METODOLÓGICO	83
3.1.	Delimitación del campo de estudio.....	83
3.2.	Recursos humanos disponibles	84
3.3.	Recursos materiales disponibles.....	84
3.4.	Formato para recolección de datos.....	85
3.4.1.	Medición primaria	85
3.4.2.	Centro de transformación principal.....	85
3.4.3.	Voltajes en terminales centro de transformación.....	86
3.4.4.	Transformadores secos.....	87
3.4.5.	Mediciones en transformadores secos secundarios	88
3.4.6.	Tablero de distribución	89
3.4.7.	Gabinetes de control y mando.....	90
4.	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL.....	91
4.1.	Estudio de campo	91
4.1.1.	Acometida	92
4.1.2.	Cable subterráneo.....	95
4.1.3.	Identificación de cuartos eléctricos.....	97
4.1.3.1.	Cuarto eléctrico de potencia.....	97
4.1.3.2.	Cuarto eléctrico principal de distribución	102
4.1.3.3.	Cuarto eléctrico bombas.....	105
4.1.3.4.	Cuarto eléctrico de iluminación 1	108
4.1.3.5.	Cuarto eléctrico de iluminación 2	111

	4.1.3.6.	Cuarto eléctrico de iluminación 3.....	113
	4.1.4.	Caracterización de cargas	115
	4.1.5.	Mediciones con analizador de red marca <i>Fluke</i> modelo 435 II	118
	4.1.5.2.	Corrientes	121
	4.1.5.3.	Frecuencia	123
	4.1.5.4.	Distorsión armónica THDV	123
	4.1.5.5.	Factor de potencia	124
	4.1.5.6.	Potencia.....	125
	4.1.6.	Regulador de energía reactiva.....	125
4.2.		Inspección sistemas de puesta a tierra	128
	4.2.1.	Verificación existencia varilla de puesta a tierra ...	128
	4.2.2.	Aterrizaje efectivo en cuartos eléctricos	128
	4.2.3.	Configuraciones utilizadas actualmente	130
4.3.		Diagrama unifilar	131
	4.3.1.	Identificación de circuitos principales y ramales ...	132
	4.3.2.	Distribución de cuartos eléctricos	132
	4.3.3.	Diagrama unifilar instalaciones eléctricas Campo Marte	132
5.		CONDICIONES ACTUALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	135
	5.1.	Inspección visual de equipos eléctricos.....	135
	5.2.	Estado de transformadores secos	137
	5.3.	Voltaje de salida en transformadores secos	142
	5.4.	Enclavamiento de contactores.....	142
	5.5.	Funcionamiento de botonería	143
	5.6.	Hurto de cable	143
	5.7.	Tendido de cables secundarios	144

5.8.	Cajas de registro	145
5.9.	Circuitos de fuerza e iluminación áreas administrativas y uso general	148
5.9.1.	Planta instalaciones eléctricas módulo sanitarios ..	150
5.9.2.	Planta de instalaciones eléctricas clínica médica..	152
5.9.3.	Planta instalaciones eléctricas módulo guardianía	154
5.9.4.	Planta instalaciones eléctricas módulo kiosco.....	156
5.9.5.	Planta instalaciones eléctricas módulo academia deportiva/psicología	157
6.	DISEÑO PROPUESTO PARA ILUMINACIÓN EXTERIOR	161
6.1.	Diseño de iluminación exterior	161
6.2.	Diseño en DIALux para espacios abiertos	161
6.3.	Resultados de diseño.....	169
7.	DISEÑO PROPUESTO CIRCUITO DE FUERZA	173
7.1.	Cálculo alimentación lado secundario transformador principal.....	173
7.2.	Caída de tensión en cuartos eléctricos	173
7.2.1.	Cuarto de bombas.....	174
7.2.2.	Cuarto eléctrico 1	175
7.2.3.	Cuarto eléctrico 2	175
7.2.4.	Cuarto eléctrico 3	176
7.3.	Cálculo de tableros trifásicos	176
7.3.1.	Tablero de distribución 1 cuarto principal.....	176
7.3.2.	Tablero de distribución 2 cuarto principal.....	177
7.4.	Distancia propuesta para ductos	178

CONCLUSIONES	179
RECOMENDACIONES	181
BIBLIOGRAFÍA.....	183
APÉNDICES	185

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del campo marte.....	5
2.	Sistema eléctrico de potencia	8
3.	Conexión de los devanados del transformador trifásico.....	17
4.	Grupo de conexiones índice de desfase 0 y 5	19
5.	Grupo de conexiones índices 6 y 11	19
6.	Gráfica caída de tensión	27
7.	Tipos de tomacorriente.....	28
8.	Caja rectangular.....	31
9.	Caja octagonal	32
10.	Funcionamiento interno del contactor	33
11.	Operación bobina de contactor	34
12.	Circuito de potencia y control.....	35
13.	Simbología para plano domiciliario	39
14.	Simbología para sistemas de distribución	40
15.	Simbología para sistemas de control y automatización.....	41
16.	Método de Wenner de las 4 picas	45
17.	Método de Schlumberger de las 4 picas	46
18.	Ecuaciones para superficies equipotenciales.....	47
19.	Campo eléctrico	47
20.	Sistemas propuestos para red de tierras.....	48
21.	Transferencia manual.....	53
22.	Banco de capacitores en baja tensión.....	65
23.	Banco de capacitores en media tensión.....	66

24.	Suministro en media tensión para cargas entre 225 y 000KVA.....	1 70
25.	Alimentación primaria media tensión EEGSA.....	71
26.	Formato para adquisición de datos transformador de potencia	86
27.	Corrientes máximas de corto circuito.....	86
28.	Formato para obtención de características en centros de	89
29.	Vista general Campo Marte	91
30.	Ubicación del campo marte	92
31.	Acometida primaria Campo Marte	93
32.	Medición primaria acometida Campo Marte	94
33.	Caja de registro acometida subterránea	95
34.	Cable de acometida subterránea.....	95
35.	Disposición de cable subterráneo.....	96
36.	Condición actual de caja de registro y cable URD.....	96
37.	Distribución cuartos eléctricos	97
38.	Elevación cuarto eléctrico de potencia.....	98
39.	Cuarto eléctrico de potencia	98
40.	Transformador tipo subestación tanque conservador	99
41.	Características eléctricas transformador tipo subestación.....	99
42.	Detalle conexión lado primario transformador	100
43.	Conexión lado secundario transformador	100
44.	Placa del transformador tipo subestación marca SIEMENS.....	101
45.	Placa de transformador tipo subestación marca SIEMENS.....	102
46.	Canalización en cuarto de distribución principal	103
47.	Centro de carga cuarto eléctrico principal.....	103
48.	Gabinete de flipones principales.....	104
49.	Centro de carga 2	104
50.	Módulo de compensación energía reactiva	105
51.	Cuarto de bombas	105

52.	Módulo de control en cuarto de bombas	106
53.	Contactador en módulo de control principal.....	106
54.	Instalaciones de fuerza en cuarto eléctrico de bombas.....	107
55.	Estado de instalación de fuerza en cuarto eléctrico de bombas	107
56.	Estado físico de bombas	108
57.	Gabinetes en cuarto de iluminación 1	108
58.	Elementos internos de gabinete de control en cuarto de iluminación 1	109
59.	Protecciones y contactores en cuarto eléctrico de iluminación 1	109
60.	Disposición de elementos en gabinete de control cuarto eléctrico 1..	110
61.	Transformador seco en cuarto de iluminación 1	110
62.	Gabinete de control área 1 en cuarto de control 2	111
63.	Gabinete de control área 2 cuarto de iluminación 2	111
64.	Módulo analógico de voltaje y potencia.....	112
65.	Transformador seco en cuarto de iluminación 2	112
66.	Gabinete de control área 1 cuarto de iluminación 3	113
67.	Elementos de protección y contactador en cuarto eléctrico de iluminación 3	113
68.	Caja de registro en cuarto de iluminación 3	114
69.	Transformador seco en cuarto de iluminación 3	114
70.	Detalle de elementos en centro de carga área 1.....	115
71.	Detalle de elementos en centro de carga área 2.....	116
72.	Conexión de entradas analizador de red Fluke modelo 435 II	118
73.	Conexión de analizador a un sistema de distribución de 3 fases.....	118
74.	Lectura de datos en analizador de red	119
75.	Compilación de datos obtenidos en mediciones	119
76.	Gráfica medición de voltajes en fase A	120
77.	Gráfica medición de voltaje en fase B.....	120
78.	Gráfica medición de voltaje en fase C.....	121

79.	Gráfica medición de corriente en fase A	121
80.	Gráfica medición de corriente en fase B	122
81.	Gráfica medición de corriente en fase C	122
82.	Gráfica valores de frecuencia medidos	123
83.	Gráfica valores de distorsión armónica medidos	124
84.	Gráfica valores de factor de potencia medidos	124
85.	Gráfica para valores de potencia (KVA) obtenidos	125
86.	Regulador de energía reactiva CRA-L7D	126
87.	Diagrama de instalación CRA-L7D	127
88.	Conexión CRA-L7D	127
89.	Varilla de cobre cuarto de potencia.....	129
90.	Varilla de cobre cuarto de potencia.....	129
91.	Varilla de cobre cuarto de potencia.....	130
92.	Configuración delta sistema de puesta a tierra	131
93.	Diagrama unifilar instalaciones eléctricas Campo Marte	133
94.	Estado crítico en cuadro interruptores y plafoneros.....	136
95.	Ausencia de plafonero y bombillo	137
96.	Transformador seco EATON 75KVA	138
97.	Transformador seco Jefferson Electric	139
98.	Figura 98. Transformador seco SIEMENS 45KVA.....	139
99.	Figura 99. Transformador seco SIEMENS 2KVA.....	140
100.	Transformador seco ACME Electric.....	140
101.	Transformador seco SIEMENS 75KVA.....	141
102.	Transformador seco SIEMENS 0.5KVA.....	141
103.	Instalación cable aéreo secundario.....	144
104.	Instalación cable secundario sin canalización	145
105.	Detalle cajas de registro	146
106.	Estado interno para caja de registro área cuarto eléctrico principal	147

107. Estado interno caja de registro acometida principal	147
108. Plano de iluminación y simbología módulo de administración	148
109. Plano de fuerza y simbología módulo de administración	149
110. Plano de iluminación y simbología módulo de sanitarios	150
111. Plano de fuerza y simbología módulo de sanitarios	151
112. Plano de iluminación y simbología clínica médica	152
113. Plano de fuerza y simbología clínica médica	153
114. Plano de iluminación y simbología módulo de guardianía.....	154
115. Plano de fuerza y simbología módulo de guardianía.....	155
116. Plano de fuerza y simbología módulo de kiosco	156
117. Plano de iluminación y simbología módulo academia deportiva/psicología 1er. nivel.....	157
118. Plano de iluminación y simbología módulo academia deportiva/psicología 2do. Nivel	158
119. Plano de fuerza y simbología módulo academia deportiva/psicología 1er. nivel.....	159
120. Plano de fuerza y simbología módulo academia deportiva/psicología 2do. nivel	160
121. Área para diseño de iluminación	162
122. Valores obtenidos de iluminación.....	162
123. Luminaria para diseño.....	163
124. Dimensiones de luminaria propuesta	163
125. Distribución fotométrica.....	164
126. Información general luminaria seleccionada	164
127. Vista en 3D de diseño propuesto	165
128. Vista en 3D de diseño propuesto acercamiento a luminarias.....	166
129. Vista en 3D de diseño propuesto acercamiento a valores obtenidos.....	166
130. Vista en 3D de diseño propuesto distribución de lúmenes.....	167

131. Vista en 3D de diseño propuesto ángulo de iluminación	167
132. Disposición de luminarias	168
133. Disposición de soportes	168
134. Distribución de iluminación	169
135. Arreglo de luminarias valores entregados por software, parte 1	170
136. Arreglo de luminarias valores entregados por software, parte 2	170
137. Valores entregados en simulación, parte 1	171
138. Valores entregados en simulación, parte 2	171
139. Cálculo alimentación lado secundario transformador	173
140. Caída de tensión alimentación cuarto de bombas	174
141. Caída de tensión alimentación cuarto eléctrico 1	175
142. Caída de tensión alimentación cuarto eléctrico 2	175
143. Caída de tensión alimentación cuarto eléctrico 3	176
144. Diseño tablero 1 distribución en cuarto principal	177
145. Diseño tablero 2 distribución en cuarto principal	177
146. Criterios separación entre ductos	178
147. Distribución de ductos	178

TABLAS

I. Comparación calibres A.W.G. y mm ²	23
II. Capacidad amperimétrica de conductores	24
III. Factores de corrección por temperatura para conductores eléctricos	25
IV. Aplicaciones de tomacorrientes	29
V. Aplicaciones de interruptores en baja tensión	30
VI. Comparativo de uso y potencia generadores	52
VII. Tipo de carga según potencia en media tensión	69
VIII. Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores sobre vías férreas, el suelo o agua	73

IX.	Distancias mínimas de seguridad verticales entre conductores y cables soportados por diferentes estructuras.....	73
X.	Valores máximos permitidos de resistencia de red de tierras de una subestación en función de su capacidad.....	76
XI.	Adquisición de datos para elementos de medición primaria	85
XII.	Voltajes y corrientes en alta tensión transformador tipo subestación.....	87
XIII.	Voltajes en baja tensión transformador tipo subestación	87
XIV.	Caracterización de transformadores secos	88
XV.	Formato para valores de voltaje de salida en transformadores secos ...	88
XVI.	Identificación de elementos en gabinetes de control.....	90
XVII.	Relación de transformación medición primaria.....	93
XVIII.	Valores de voltaje y corriente en lado primario de transformador tipo subestación	101
XIX.	Valores de voltaje y corriente en lado secundario de transformador tipo subestación	101
XX.	Detalle de elementos en gabinete de control en cuarto iluminación 1..	117
XXI.	Detalle de elementos en gabinete de control en cuarto de iluminación 2	117
XXII.	Detalle de elementos en gabinete de control en cuarto de iluminación 3	117
XXIII.	Transformadores secos en cuartos eléctricos.....	138
XXIV.	Voltaje medido en transformadores secos	142
XXV.	Distribución y características de instalación luminarias.....	169
XXVI.	Distancias entre cuartos eléctricos.....	174

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
γ	Conductividad de un conductor
Fp	Factor de potencia
KVA	Kilo Volt Ampere
THHN	Material termoplástico resistente a la alta temperatura
mm²	Milímetros cuadrados
e	Voltaje de aplicación

GLOSARIO

Acometida	Derivación de la red local del servicio respectivo que llega hasta el registro de corte del inmueble. Se entenderá la acometida como el conjunto de conductores y accesorios entre el punto de conexión eléctrico al sistema de uso general y los bornes de salida del equipo de medición.
Acometida subterránea	Ductos subterráneos, cajas de inspección, tuberías, conductores y accesorios, que conectan un centro de distribución o una red de distribución subterránea con el punto de entrega de la energía eléctrica al usuario.
AMM	Administrador del Mercado Mayorista.
Área	Concepto métrico que puede permitir asignar una medida a la extensión de una superficie. Matemáticamente se expresa con unidades de medida denominadas unidades de superficie.
ATS	<i>Automatic transfer switch</i> . Siglas en inglés para el interruptor automático de transferencia. Comúnmente denominada transferencia automática.
A.W.G.	American Wire Gauge. Calibre de cable americano.

Bobina	Conocido también como solenoide. Es un componente pasivo de un circuito eléctrico que almacena energía en forma de campo magnético a través del fenómeno conocido como inducción.
Cable	Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas.
Cable multiconductor	Está conformado por conductores aislados unos de otros, de colores diferentes y además cuentan con una chaqueta protectora que los cubre.
Caja de inspección	Caja para unir tramos de canalización, usada en el tendido y derivación de los conductores de las redes e instalaciones subterráneas.
Caja para medidores	Gabinete provisto de una tapa o puerta, diseñado para instalarse empotrado o semi empotrado.
Canalización	Adecuación del terreno donde se instalan los ductos para las redes subterráneas.
Capacidad de carga	Corriente que puede soportar un conductor o aparato de maniobra sin sufrir sobrecarga térmica o dinámica.
Capacidad de corriente	Corriente máxima que puede transportar un conductor continuamente en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.

Capacidad nominal	El conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas.
Capacitor	Elemento pasivo de un circuito eléctrico que tiene la capacidad de guardar energía en forma de campo eléctrico.
Centros de transformación	Conjunto de elementos que sirven para la distribución de energía mediante la transformación de tensión.
Circuito	Lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con protección contra sobretensiones y sobre corrientes.
Circuito principal	Es el que normalmente está en capacidad de alimentar la totalidad de la carga contratada.
Circuito ramal	En el sistema de instalaciones interiores, es una parte que se extiende más allá del último dispositivo de protección de sobrecorriente situado en el tablero de distribución del usuario.
Comercializador	Persona cuya actividad principal es la comercialización de energía eléctrica.

Conductividad	Es la medida inversamente proporcional a la resistividad.
Conductor	Es el nombre dado a aquellos materiales a través de los cuales se transporta la energía eléctrica.
Conductor de línea	Denominación que comúnmente se le da a un conductor de fase.
Conductor neutro	Denominación que se le da al conductor que sirve de referencia en un circuito eléctrico de corriente alterna.
Contacto abierto	Contacto eléctrico utilizado en circuitos de control. Su posición normal es de apertura, cambiando de estado al recibir una señal de corriente, voltaje o por medio de un accionamiento mecánico.
Contacto cerrado	Contacto eléctrico utilizado en circuitos de control. Normalmente presenta un estado de cierre, el cual se apertura por un accionamiento mecánico o por medio de una señal de corriente o voltaje.
Corriente eléctrica	Desplazamiento de electrones a través de un cuerpo. Su unidad fundamental es el electrón.
Cortocircuito	Incremento brusco de intensidad en la corriente eléctrica de una instalación. Es debido a la unión directa de dos conductores de distinta fase, o de conductor de fase a conductor de neutro o tierra.

Descarga Atmosférica	Comúnmente se conoce como rayo. Se presenta cuando se forman grandes concentraciones de carga eléctrica en las capas de la atmósfera inmediatamente inferiores a la estratósfera. Se origina con la acumulación de cargas de un campo eléctrico que se ha creado entre una nube y la tierra, o entre nubes.
Descarga electrostática	Fenómeno que hace que circule una corriente eléctrica repentina y momentánea entre dos cuerpos de distinto potencial eléctrico.
Diagrama unifilar	Representación gráfica y ordenada de los elementos existentes en una instalación eléctrica.
Electroimán	Tipo de imán cuyo funcionamiento se da por medio de la inducción magnética. Al estar presente una corriente eléctrica a través de un conductor espiralado se genera un campo magnético.
Electrón	Parte esencial del átomo. Este, gira alrededor del núcleo y se denomina con una carga negativa. Parte fundamental de la electricidad.
Empalme	Conexión eléctrica destinada a unir dos partes de conductores, para garantizar continuidad eléctrica y mecánica.

Fase	Denominación que se da a un conductor que lleva una intensidad de corriente con un determinado ángulo de desviación. Dentro de los sistemas eléctricos comunes se encuentran, sistema monofásico, bifásico y trifásico.
Guardamotor	Tipo de protección eléctrica que se utiliza en circuitos de automatización. Este tipo de protección actúa bajo efectos de cortocircuito y sobrecarga.
Iluminación	Todo elemento que se utilizan para dar luz.
Incandescencia	Fenómeno mediante el cual los materiales sólidos y líquidos, al calentarse, emiten radiación visible a temperaturas superiores a 1 000°K.
Ionización	Fenómeno físico o químico por medio del cual se producen iones. Estos son átomos o moléculas cargadas eléctricamente debido a la falta o exceso de electrones respecto a un átomo o molécula neutra.
KVA	Unidad de potencia aparente. Utilizada para representar una carga eléctrica. Contiene los valores de potencia reactiva y activa.
Lámpara	Convertidor de energía. El propósito principal de una lámpara es la transformación de energía eléctrica en radiación electromagnética visible.

Longitud	Magnitud física que expresa la distancia entre dos puntos. Su unidad en el sistema internacional es el metro.
Lumen	Unidad del sistema internacional que se utiliza para cuantificar el flujo luminoso, es decir una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.
Luminiscencia	Es un proceso de emisión de luz que se produce cuando un cuerpo u objeto recibe la energía de una radiación incidente. No necesariamente por medio de la elevación de temperatura.
Lux	Unidad de iluminancia del sistema internacional, que equivale a la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de 1 lumen por metro cuadrado.
NEC	Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos de Norte América
Ohm	Unidad de medida en el sistema internacional de la resistencia eléctrica. Su nombre se deriva del apellido del físico alemán George Ohm.
Pararrayo	Instrumento que se utiliza para atraer un rayo ionizado del aire o descarga atmosférica con la finalidad de conducir la descarga hacia tierra.
Potencia eléctrica	Medida que cuantifica la cantidad de trabajo que realiza un equipo eléctrico.

Puesta a tierra	Conjunto de elementos por medio de los cuales se realiza un efectivo aterrizaje de toda instalación eléctrica. Este conjunto debe ser adecuado para cada necesidad de instalación.
Resistencia eléctrica	Propiedad de un material para oponerse al paso de corriente eléctrica. Su valor es directamente proporcional a la resistividad del material y la longitud, e inversamente proporcional al área transversal.
Resistividad	Es la medida de la capacidad que tiene un cuerpo de permitir el paso de electrones a través de él. La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material.
Sobrecarga eléctrica	Fenómeno causado por sobrepasar los límites establecidos de potencia. Lo cual conduce a un sobrecalentamiento en los equipos y conductores eléctricos.
Supresor de transientes	Elemento de protección por medio del cual se descargan efectivamente a tierra elevaciones instantáneas de voltaje.
Telurómetro	Instrumento de medición por medio del cual se obtienen indirectamente los valores de resistividad de un terreno. La medición se hace por medio de

distintos métodos, acorde a las limitaciones del terreno.

Temperatura

Magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo.

Transformador

Máquina eléctrica estática que reduce o incrementa el voltaje, por medio de inducción magnética.

Transformador de medición

Transformador que se utiliza para obtener señales de de voltaje y corriente medibles por un contador de forma precisa.

Transformador seco

Tipo de transformador que utiliza la circulación natural del aire como medio de enfriamiento. No está sumergido en aceite.

Transiente

Elevación abrupta de voltaje que se da de forma instantánea.

Voltaje

Magnitud que cuantifica la diferencia de potencial entre dos puntos determinados.

Watt

Unidad de medida del sistema internacional de potencia activa. Hace referencia al trabajo físico visible.

RESUMEN

Se realizó el diagnóstico de las instalaciones eléctricas del Campo Marte, para lo cual se identificaron los circuitos y elementos que componen la misma. Se ubicaron los cuartos eléctricos dentro del recinto. Identificando el tipo de acometida y distribución de alimentación.

Dentro de los cuartos eléctricos se realizó la caracterización de cargas ya que no se cuenta con un diagrama unifilar. Las variables eléctricas fueron sometidas a estudio por medio de un analizador de red. Este se colocó en el cuarto principal de distribución por tres días. De lo cual se obtuvieron datos útiles para determinar el comportamiento de los valores de corriente, voltaje, potencia, factor de potencia y armónicos.

Se realizó también la verificación de los elementos que componen los circuitos de fuerza e iluminación dentro de los cuartos eléctricos.

Las áreas de caminamiento y calzada vehicular cuentan con iluminación de tecnología obsoleta y en muchos de los casos las luminarias ya no están funcionando. Por lo que se elaboró un diseño de iluminación para un área exterior donde se simularon valores de entrada similares a los que se tienen en los caminamiento y calzada vehicular interna. Con estos valores se selecciona una lámpara para realizar el diseño y se muestran las características de la misma. Esto para que pueda ser comparada con las luminarias que se encuentran en el mercado local y pueda ser sustituida por una tecnología reciente.

OBJETIVOS

General

Realizar un diagnóstico y rediseño de las instalaciones eléctricas del Campo Marte.

Específicos

1. Identificar las condiciones y todos los elementos en mal estado pertenecientes a las instalaciones eléctricas del Campo Marte.
2. Medir las variables eléctricas típicas para sistemas de baja tensión por medio de las cuales se puedan obtener datos cuantificables para ser sometidos análisis.
3. Proponer un diseño integral para aquellas áreas de la instalación eléctrica que hayan sido afectadas por distintos factores.

INTRODUCCIÓN

La instalación eléctrica es el conjunto de circuitos eléctricos con el objetivo de conducir y distribuir la corriente eléctrica desde su punto de origen (servicio eléctrico) hasta la última salida eléctrica. Las instalaciones eléctricas se pueden clasificar según la tensión y según el uso.

La tensión eléctrica o diferencia de potencial es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. Dicho de otra forma, es el voltaje con que la electricidad pasa de un cuerpo a otro, por eso le solemos llamar voltaje y su unidad de medida es el voltio.

Actualmente, las instalaciones del Campo Marte pertenecen a una dirección del Ministerio de Cultura y Deportes, específicamente a la Dirección General del Deporte y la Recreación. “El Ministerio de Cultura y Deportes, tiene bajo su control el desarrollo del deporte no federado y de la recreación y debe ejecutar sus acciones bajo la Ley Nacional del Deporte Decreto 76 76-97 Título III Deporte no Federado.¹

El Campo Marte cuenta con varias áreas de recreación, así como áreas de parqueos, casetas administrativas y operativas. Cada una de las distintas áreas se sirve del consumo de energía eléctrica para su funcionamiento y operación; es por eso de suma vitalidad que las instalaciones eléctricas se encuentren en condiciones adecuadas para brindar el mejor servicio en todos los aspectos de servicio del recinto.

¹ Ministerio de Cultura y Deportes Guatemala. *MICUDE*. <https://mcd.gob.gt/>. Consulta: 25 de enero de 2021.

1. ANTECEDENTES GENERALES DEL MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTES

1.1. Historia

El Ministerio de Cultura y Deportes fue fundado en 1986, siendo su fundador y primer trasero, el reconocido artista guatemalteco Elmar Rojas, durante la administración del entonces elegido presidente Vinicio Cerezo. La misión de la creación del ministerio fue el fortalecimiento de la identidad de Guatemala, fomentando la policultura del país, mediante la protección, promoción y divulgación de valores artísticos, culturales y sociales de Guatemala.²

Con la creación del Ministerio de Cultura y Deportes de Guatemala, se transfirieron ocho dependencias que correspondían al Ministerio de Educación, entre estas el Instituto de Antropología e Historia y los Museos Oficiales de Guatemala, constituyendo así un muy importante acontecimiento de la historia del país, sentando bases en una infraestructura desarrollada por grupos artísticos oficiales, por medio de la Dirección General de Bellas Artes.

1.2. Misión

Fortalecemos y promovemos la identidad guatemalteca y la cultura de paz, en el marco de la diversidad cultural y el fomento de la interculturalidad, mediante la protección, promoción y divulgación de los valores y manifestaciones culturales de los pueblos que conforman la nación guatemalteca, a través de una institucionalidad sólida y mediante mecanismos de desconcentración, descentralización, transparencia y participación ciudadana, a efecto de contribuir a lograr un mejor nivel de vida para la población guatemalteca³.

² Ministerio de Cultura y Deportes Guatemala. *Historia*. <https://mcd.gob.gt/>. Consulta: 20 de enero de 2021.

³Ministerio de Cultura y Deportes Guatemala. *Misión*. <https://wikiguate.com.gt/ministerio-de-cultura-y-deportes/>. Consulta: 20 de enero de 2021.

1.3. Visión

El Ministerio de Cultura y Deportes es una institución gubernamental moderna, eficiente y eficaz, rectora del desarrollo cultural del país y que contribuye al fomento de la actividad deportiva y recreativa. Implementa políticas públicas que responden a los Acuerdos de Paz y al Plan Nacional de Desarrollo Cultural a largo plazo. Su accionar está orientado al fortalecimiento de la cultura de paz, de la identidad guatemalteca y la consolidación de un Estado multicultural y multilingüe⁴.

1.4. Funciones

En el artículo 31 de la ley del organismo ejecutivo se detallan las funciones del Ministerio de Cultura y Deportes.

Le corresponde atender lo relativo al régimen jurídico aplicable a la conservación y desarrollo de la cultura guatemalteca y el cuidado de la autenticidad de sus diversas manifestaciones; la protección de los monumentos nacionales y de los edificios, instituciones y áreas de interés histórico o cultural y el impulso de la recreación y del deporte no federado ni escolar; para ello, tiene a su cargo las siguientes funciones:

- Formular, ejecutar y administrar descentralizadamente la política de fomento, promoción y extensión cultural y artística, de conformidad con la ley.
- Formular, ejecutar y administrar descentralizadamente la política de preservación y mantenimiento del patrimonio cultural de la Nación, de conformidad con la ley.
- Administrar descentralizadamente o contratar la operación de los medios de comunicación oficiales de radio y televisión.
- Promover y difundir la identidad cultural y valores cívicos de la Nación en

⁴ Ministerio de Cultura y Deportes Guatemala. *Visión*. <https://wikiguate.com.gt/ministerio-de-cultura-y-deportes/>. Consulta: 20 de enero de 2021.

el marco de su carácter pluriétnico y multicultural que los caracteriza.

- Crear y participar en la administración de los mecanismos financieros adecuados para el fomento, promoción y extensión cultural y artística.
- Propiciar la repatriación y la restitución del Estado de los bienes culturales de la Nación, sustraídos o exportados ilícitamente.
- Impulsar de forma descentralizada la recreación y el deporte no federado y no escolar.

1.5. Dependencias

El Ministerio de Cultura y Deportes cuenta actualmente con cuatro Direcciones para llevar a cabo su trabajo:

- Dirección General de las Artes
- Dirección General de Patrimonio Cultural
- Dirección General del Deporte y la Recreación
- Dirección General de Desarrollo Cultural y Fortalecimiento de las Culturas

1.6. Dirección General del Deporte y la Recreación

“El Ministerio de Cultura y Deportes, tiene bajo su control el desarrollo del deporte no federado y de la recreación, y debe ejecutar sus acciones bajo la Ley Nacional del Deporte Decreto 76 76-97 Título III Deporte no Federado”⁵.

⁵ Ministerio de Cultura y Deportes Guatemala. *MICUDE*. https://es.wikipedia.org/wiki/Ministerio_de_Cultura_y_Deportes. Consulta: 22 de enero de 2021.

1.6.1. Centro deportivo Campo Marte

Actualmente, el Campo Marte se encuentra asignado a la Dirección General del Deporte y la Recreación.

1.6.1.1. Historia Campo Marte

Desde hace más de 130 años, el Campo Marte ha marcado parte de la historia de la Ciudad de Guatemala. Con canchas de fútbol y baloncesto, un diamante de béisbol y áreas deportivas, este sitio es uno de los parques recreativos más históricos y emblemáticos del país.

“Alrededor de 1885 durante el último año de gobierno del presidente Justo Rufino Barrios, se crearon varios lugares. Entre ellos, el cantón La Independencia, en donde se levantaron pequeños sectores para ser utilizado en diversas actividades”⁶.

No obstante, el principal objetivo de su construcción fue para la Exposición Centroamericana de 1897 para que ahí se hicieran las maniobras de todas las delegaciones militares que llegaron al país. Posteriormente, estos campos fueron utilizados por los militares del Ejército de Guatemala. Así mismo, por 1914 sirvió como sede de la Academia de Aviación. Este lugar se utilizó como pista de aterrizaje de las primeras aeronaves y práctica de maniobras⁷.

Durante esa época, este espacio también sirvió para la Escuela Militar de Equitación, así como para la instalación de torres de telégrafos. Se sabe que por la década de 1920 hubo un encuentro deportivo de fútbol. Después de dicho suceso, se abrieron espacios para la práctica de otros deportes como el baloncesto, voleibol, softbol y béisbol. Años después, aproximadamente en 1935 se construyó la Tribuna Militar, la cual fue una obra arquitectónica de Manuel Moreno⁸.

⁶ Ministerio de Cultura y Deportes Guatemala. *Historia*. <https://mcd.gob.gt/>. Consulta: 28 de enero de 2021.

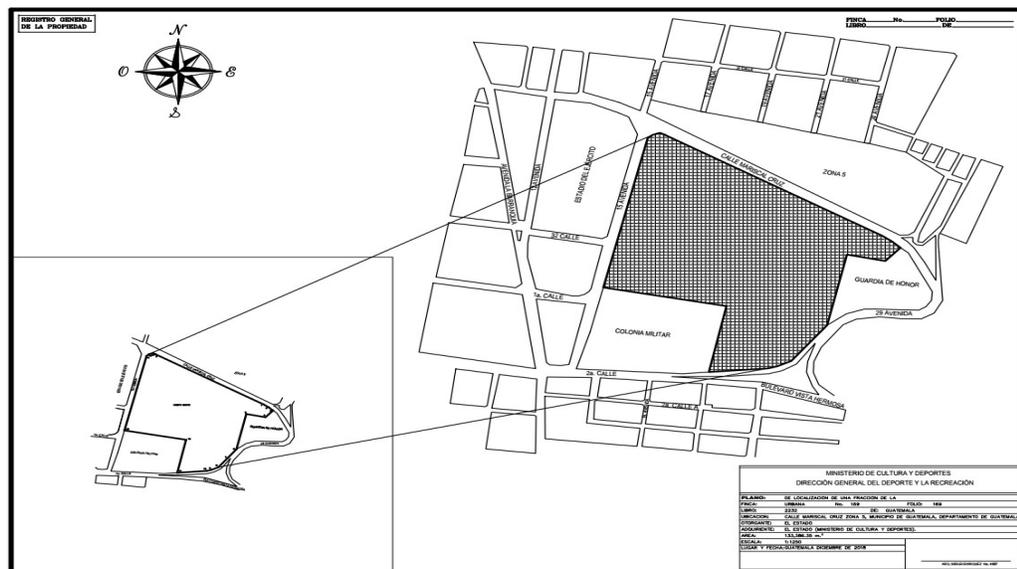
⁷ Ibid.

⁸ Ibid.

1.6.1.2. Ubicación Campo Marte

El Campo de Marte se encuentra ubicado en la 32a. calle final, 15a. avenida, zona 5.

Figura 1. Ubicación del campo marte



Fuente: Planos administrativos. Departamento Técnico Administrativo.

1.6.1.3. Áreas disponibles

Actualmente, el Campo Marte cuenta con las siguientes áreas recreativas y deportivas:

- Nueve canchas de papi-fútbol 11 de cemento.
- Dos campos de fútbol 11, uno de grama y uno de tierra.
- Dos canchas juveniles de tierra para 8 personas.
- Una cancha polideportiva.

- Tres canchas de baloncesto.
- Dos canchas de voleibol, una de cemento y una de tierra.
- Un campo de béisbol.
- Un campo de softbol.
- Oficinas administrativas.
- Vestidores.
- Servicios sanitarios.
- Tres áreas de parqueo.
- Dos áreas de juego para niños (juegos metálicos y de madera).
- Cinco kioscos para celebraciones.
- Área física.
- Clínica Médica.
- Garita de ingreso.
- Iluminación.

2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

2.1. Instalación eléctrica

La instalación eléctrica es el conjunto de circuitos eléctricos con el objetivo de conducir y distribuir la corriente eléctrica desde su punto de origen (servicio eléctrico) hasta la última salida eléctrica. Las instalaciones eléctricas se pueden clasificar según la tensión y según el uso.

La conexión o circuito eléctrico es la interconexión de elementos o más con una trayectoria cerrada y la finalidad principal de llevar energía eléctrica desde los elementos productores hasta los elementos consumidores.

2.2. Niveles de voltaje

La tensión eléctrica o diferencia de potencial es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. Dicho de otra forma, es el voltaje con que la electricidad pasa de un cuerpo a otro, por eso le solemos llamar voltaje y su unidad de medida es el voltio.

Si dos puntos A y B que tienen diferencia de potencial se unen a través de un conductor, se produce un flujo de electrones. El punto de mayor potencial A cede parte de su carga al punto de menor potencial B mediante conductor hasta que ambos igualen su potencial eléctrico. Este traslado de cargas es lo que se conoce como corriente eléctrica.

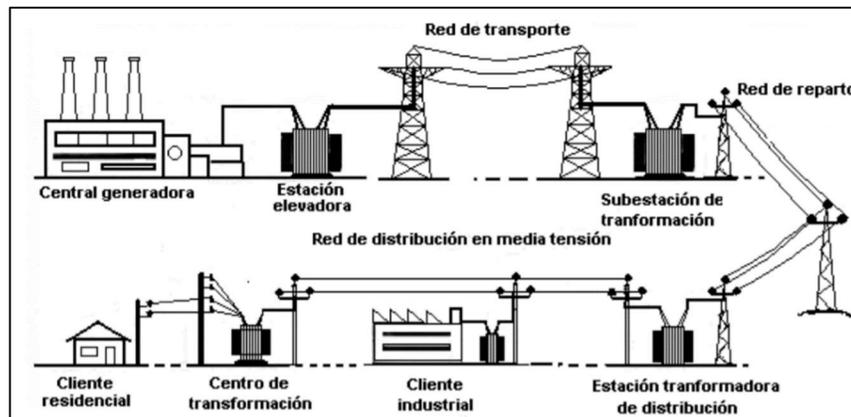
De forma general, se pueden clasificar los niveles de voltaje de la siguiente forma:

- Alta tensión: $> 60\text{kV}$
- Media tensión: $< 60\text{kV}$ y $> 1\text{kV}$
- Baja tensión: $< 1\text{kV}$

2.3. Sistema eléctrico de potencia

Una red eléctrica interconectada está constituida por todos los elementos necesarios para generar, transportar y distribuir energía eléctrica.

Figura 2. Sistema eléctrico de potencia



Fuente: *Electricasas*. <https://www.electricasas.com/sistema-de-suministro-electrico/>.

Consulta: 5 de julio de 2021.

2.4. Sistema de generación eléctrica

La electricidad se crea en centrales capaces de obtener energía eléctrica a partir de energías primarias. Las llamadas energías primarias renovables son el viento, la radiación solar, las mareas, entre otros, y las no renovables son el carbón, el gas natural y el petróleo.

Las empresas construyen centros de generación de energía y son propietarias totalmente o en parte de las llamadas centrales eléctricas y las infraestructuras. Estas venden la energía generada a las compañías que las comercializan.

2.5. Sistema de transmisión eléctrica

La red de transporte de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo. Para ello, los volúmenes de energía eléctrica producidos deben ser transformados, elevándose su nivel de tensión. La corriente viaja entonces por las líneas primarias de alta tensión.

2.6. Sistema de distribución eléctrica

Dicho sistema tiene la finalidad de llevar energía eléctrica a los usuarios finales. Estos elementos comprenden dos modalidades, aquellas que se hacen de forma aérea por medio cables que se mantienen sostenidos a través de estructuras metálicas o postes para conducir la y también de forma subterránea la cual tiene un costo mucho mayor que el anterior.

2.7. Usuarios

Es el consumidor de energía eléctrica. Su potencia puede clasificarse en distintos rangos, lo cual hace que se pacten distintas características de oferta y demanda.

Los usuarios se pueden clasificar, de forma general en: grandes, medianos y pequeños usuarios.

2.8. Acometida eléctrica

Es el punto por medio del cual se sirve de energía eléctrica una instalación. Está compuesta por diferentes elementos, los cuales hacen posible la conducción de corriente y voltaje para disponer de potencia cualquier instalación eléctrica.

De forma general, las acometidas se pueden clasificar en:

- Acometidas aéreas
- Acometidas subterráneas
- Acometidas según nivel de voltaje

2.8.1. Acometidas aéreas

Suelen estar a media altura, a unos 7 metros, sostenidas por apoyos que pueden ser torres metálicas o postes de madera y cemento. Por lo general cuentan con un único conductor por fase y hasta cuatro circuitos por cada apoyo.

2.8.2. Acometidas subterráneas

Transportan la energía de media tensión por debajo de la tierra. Están formadas por cable con un aislamiento.

2.8.3. Acometida de servicio en alta tensión

Este tipo de acometida se aplica para los servicios cuya tensión de suministro sea mayor a sesenta kilovoltios, 60kV.

2.8.4. Acometidas de servicio en media tensión

Dicha acometida corresponde al usuario que solicita un nuevo servicio en media tensión. Esto aplica para todos los nuevos servicios a usuarios cuya tensión de suministro, en el punto de entrega, sea 13,2kV.

2.8.5. Acometidas de servicio en baja tensión

Esta acometida se aplicará para todos los servicios cuya tensión de suministro sea menor o igual a 1 000 voltios.

2.9. Carga

Se denomina carga a todo equipo que consuma potencia. La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

2.10. Medición primaria

Utilizada para realizar medición y conteo del consumo de energía eléctrica en valores de media y alta tensión. Para su aplicación se utilizan transformadores de corriente y transformadores de potencial de media y alta tensión, que reducen los valores a unidades medibles por un medidor autocontenido.

2.11. Medición secundaria

Dicha medición se utiliza para cuantificar consumos energéticos en valores inferiores a 1 000V y en rangos de corriente de hasta 200 amperios. Se utiliza en usuarios que no sobrepasan consumos de 200 amperios. En esta medición se utilizan transformadores de corriente de baja tensión, inferiores a 600 voltios.

2.12. Medidor

Elemento de acometida que se encarga de medir la energía eléctrica KWh. Por medio del cual se establece facturación a los usuarios. Actualmente los medidores son eléctricos y se clasifican por el nivel de voltaje, clase, formas de conexión, unidireccionales, bidireccionales y elementos extra de comunicación.

2.13. Demanda

Es la carga promedio solicitada a la fuente de suministro en el punto de recepción durante un intervalo de tiempo.

2.14. Potencia contratada

Es la cantidad de energía que se puede utilizar para alimentar un número máximo de cargas. Dicha potencia contratada varía según las necesidades de instalación y los valores estándar de clasificación para contratar dicha demanda.

2.15. Transformador

Un transformador es un equipo que convierte la energía eléctrica de un voltaje a otro, este puede ser reductor o elevador. Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética y tiene circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.

2.15.1. Principio de funcionamiento de transformador

El transformador lleva a cabo la conversión de voltaje por medio de inducción magnética. El principio del transformador se basa en la transferencia de la energía eléctrica por inducción de un arrollamiento a otro. Dicho funcionamiento sigue las siguientes leyes: Ley de inducción de Faraday y Ley de Lenz.

2.15.2. Clasificación de transformadores por nivel de voltaje

Existen diferentes tipos de transformadores. Una forma muy general de clasificarlos es por medio de la aplicación del voltaje, siendo estos como sigue:

- Transformadores de potencia
- Transformadores de distribución

- Transformadores de baja tensión
- Transformadores de medición

2.15.3. Tipos de transformadores

Para aplicaciones de distribución y potencia, se describen los siguientes:

2.15.3.1. Transformadores de potencia

Los transformadores de potencia se utilizan generalmente en la red de transmisión para aumentar o disminuir el nivel de voltaje. Funciona principalmente durante cargas altas o pico y tiene la máxima eficiencia en o cerca de la carga completa. Los transformadores de distribución reducen el voltaje para fines de distribución a usuarios domésticos o comerciales. Tiene buena regulación de voltaje. El transformador de potencia generalmente tiene una clasificación de MVA más alto (> 200MVA) y se usa en aplicaciones escalonadas y descendentes en transmisión. El transformador de potencia está diseñado para una máxima eficiencia al 100 % de la carga, ya que siempre funciona al 100 % de la carga estando cerca de la estación generadora.

2.15.3.2. Transformadores de distribución

El transformador de distribución se utiliza en redes de media tensión y está diseñado para una máxima eficiencia con una carga del 60 % al 70 %, ya que normalmente no funciona a plena carga todo el tiempo. Su carga depende de la demanda de distribución.

2.15.3.3. Transformadores secos

En un transformador tipo seco, el aceite es reemplazado por la circulación de aire. Exactamente aplica el principio de la corriente convencional de aire, donde el aire caliente sube, dejando un vacío que es ocupado por aire fresco del exterior. Los transformadores secos se clasifican en:

- Transformadores secos de baja tensión.
- Transformadores secos de media tensión.

2.15.3.4. Transformadores de medición

Los transformadores de medida traducen las intensidades y tensiones de las líneas de M.T. a valores medibles por contadores y protecciones.

2.15.3.5. Transformadores de corriente

El transformador de corriente o intensidad se utiliza para obtener una corriente menor pero proporcional a la que discurre por una línea de alimentación; los transformadores de corriente permiten que altas intensidades se reduzcan a valores aceptables para la mayoría de los dispositivos, menos de 5 amperios.

2.15.3.6. Transformadores de potencial

Es un transformador devanado especialmente, con un primario de alto voltaje y un secundario de baja tensión. Es un transformador de instrumento utilizado para la transformación de voltaje a un valor medible más bajo.

2.15.4. Grupo de conexiones

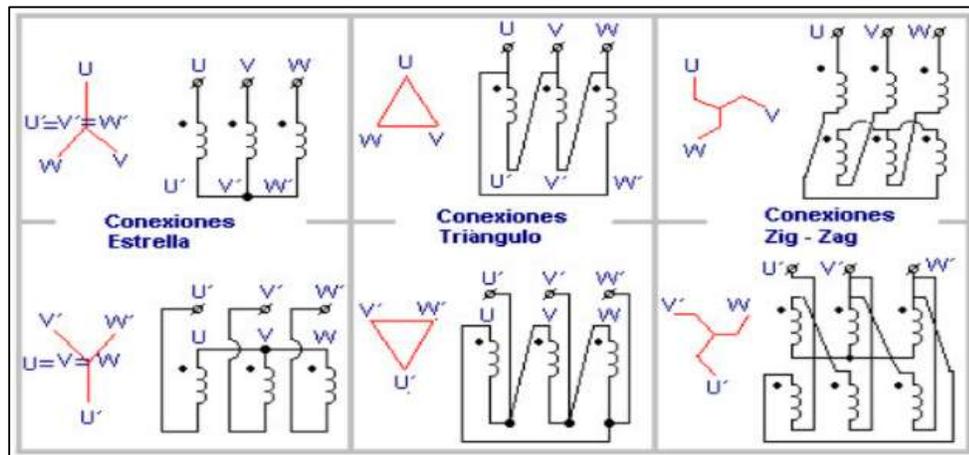
Según la Norma IEC 60076, las características de los transformadores deben estar indicadas en una placa adosada a ellos, de esta manera es posible visualizar rápidamente la información más relevante de este equipo.

Cuando se selecciona el transformador adecuado para una subestación exterior o interior, se definen las características que indica la imagen. Entre las más destacadas para transformadores trifásicos están: la potencia, tensión primaria, tensión secundaria, nivel de aislamiento primario y secundario, altura de operación, grupo de conexión y otras, también se muestra el diagrama de conexiones del transformador.

- En un transformador trifásico se deben conectar los tres bobinados primarios y los tres bobinados secundarios, para ello se tienen las siguientes conexiones:
 - Conexión estrella: en esta conexión se unen en un mismo punto los tres extremos de los devanados que poseen la misma polaridad, se cuenta con dos formas de conexión de tipo: U, V, W y U', V', W'.
 - Conexión triángulo o delta: en esta conexión se unen consecutivamente los extremos de polaridad opuesta de cada dos devanados hasta cerrar el circuito, según sea esta forma de conexión resultan dos configuraciones.
 - Conexión Zigzag: es una conexión particular para el lado de menor tensión. Consiste en subdividir en dos partes iguales los devanados secundarios, una parte se conecta en estrella y luego cada extremo

se une en serie con las bobinas invertidas de las fases adyacentes, se sigue un orden cíclico definido.

Figura 3. **Conexión de los devanados del transformador trifásico**



Fuente: Promotores Eléctricos, S.A. *PROMELSA*. <http://blog.promelsa.com.pe/post/como-interpretamos-el-grupo-de-conexion-en-transformadores-trifasicos-de-distribucion>. Consulta: 05 de julio 2021.

Cuando se realiza la conexión efectiva de los bobinados del transformador, esta se describe mediante una nomenclatura que se coloca en la placa o cualquier documento referente a ese equipo. Esta nomenclatura es el grupo de conexión.

En la nomenclatura del grupo de conexión se utilizan letras y números. Para una conexión triángulo o delta se simboliza con la letra D, para la conexión estrella se simboliza con la letra Y; asimismo, para el lado de alta tensión estas letras serán en mayúscula y para el lado de media-baja tensión serán en minúsculas. Además, acompañará al final el índice horario (número) que indica

los desfases en múltiplos de 30 °C, de tal forma que 30 °C corresponde a 1,60 °C corresponde a 2,90 °C corresponde a 3 y así sucesivamente.

Entre los grupos de conexión más frecuente en el país, se tienen Dyn5, YNyn6, YNd5, Dd6, entre otros. Estas configuraciones obedecen al beneficio que cada grupo de conexión puede brindar en el circuito general de la subestación; por ejemplo, compensan los desequilibrios de las cargas secundarias, utilizan el neutro accesible de la conexión estrella para obtener una tensión monofásica, mitigan la asimetría en las cargas, entre otras.

La Norma IEC 60076-1, indica en su capítulo 6 lo siguiente:

La conexión en estrella, triángulo o zig-zag de un conjunto de arrollamientos de fase de un transformador trifásico o de los arrollamientos de la misma tensión de transformadores monofásicos que constituyen un banco trifásico se indicarán con las letras mayúsculas Y, D o Z, para el arrollamiento de alta tensión AT y con letras minúsculas y, d o z para los arrollamientos de tensión media y baja BT. Si está accesible un punto neutro de una conexión en estrella o zig-zag, la indicación será YN, yn o ZN, zn, respectivamente⁹.

En un transformador trifásico los arrollamientos independientes, que no están conectados entre sí dentro del transformador, sino que tienen ambos extremos de los arrollamientos de fase accesibles se indicarán por III AT o iii tensión media o baja.

Para un par de arrollamientos auto conectados, el símbolo del arrollamiento de menor tensión se indica por auto o a Ejemplo: YNauto o YNa o YNa0, ZNa11".

Los símbolos de letras para los distintos arrollamientos de un transformador se anotan en orden descendiente de tensión asignada. La letra de conexión de

⁹ COMISIÓN Electrotécnica Internacional. Norma IEC 60076-1: Transformadores de Potencia. Ginebra, Suiza, 1993. 31 p.

cualquier arrollamiento de tensión intermedia o baja estará seguida inmediatamente por el índice horario de su desfase, véase la definición 3.10.6.

Figura 4. Grupo de conexiones índice de desfase 0 y 5

ÍNDICE DE DESFASE	SÍMBOLO DE ACOPLAMIENTO	SINCRIFASIONADO		ESQUIEMAS DE CONEXIONES		RELACION DE TRANSFORMACION
		A LA TENSION	BAJA TENSION	ALTA TENSION	BAJA TENSION	
0 (0°)	Dd0					$\frac{N_1}{N_2}$
	Yy0					$\frac{N_1}{N_2}$
	Dz0					$\frac{2}{3} \frac{N_1}{N_2}$
5 (150°)	Dy5					$\frac{1}{\sqrt{3}} \frac{N_1}{N_2}$
	Yd5					$\sqrt{3} \frac{N_1}{N_2}$
	Yz5					$\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{N_1}{N_2}$

Fuente: Promotores Eléctricos, S.A. *PROMELSA*. <http://blog.promelsa.com.pe/post/como-interpretamos-el-grupo-de-conexion-en-transformadores-trifasicos-de-distribucion>. Consulta: 05 de julio 2021.

Figura 5. Grupo de conexiones índices 6 y 11

ÍNDICE DE DESFASE	SÍMBOLO DE ACOPLAMIENTO	SINCRIFASIONADO		ESQUIEMAS DE CONEXIONES		RELACION DE TRANSFORMACION
		A LA TENSION	BAJA TENSION	ALTA TENSION	BAJA TENSION	
6 (180°)	Dd6					$\frac{N_1}{N_2}$
	Yy6					$\frac{N_1}{N_2}$
	Dz6					$\frac{2}{3} \frac{N_1}{N_2}$
11 (330°)	Dy11					$\frac{1}{\sqrt{3}} \frac{N_1}{N_2}$
	Yd11					$\sqrt{3} \frac{N_1}{N_2}$
	Yz11					$\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{N_1}{N_2}$

Fuente: Promotores Eléctricos, S.A. *PROMELSA*. <http://blog.promelsa.com.pe/post/como-interpretamos-el-grupo-de-conexion-en-transformadores-trifasicos-de-distribucion>. Consulta: 05 de julio 2021.

2.16. Tablero de distribución

Es un elemento de una instalación eléctrica, el cual permite alojar los elementos de protección y distribuir los circuitos ramales. Constan esencialmente de barras y elementos de confinamiento para aislar los circuitos del exterior. Su capacidad usualmente es para valores de baja tensión en 600V y amperajes de barras de hasta 2 000 amperios.

2.17. Interruptor principal

Elemento de protección que se utiliza para interrumpir el centro de transformación y las cargas ramales. Regularmente los interruptores principales son de capacidades superiores a los 800 amperios.

2.18. Tableros secundarios

También llamados centros de carga; estos tableros se utilizan para alojar circuitos ramales de pequeño consumo; en ellos se realizan derivaciones de fuerza e iluminación, normalmente constan con capacidades en barras de hasta 400 amperios, en voltajes inferiores a 600 voltios.

2.19. Interruptores ramales

Protecciones secundarias utilizadas en equipos de consumo bajo a medio. Elementos que protegen los equipos de sobrecargas y cortocircuitos. Regularmente son utilizados en cuadros con consumos máximos de 150 amperios en voltajes de hasta 240 voltios.

2.20. Canalización y tubería eléctrica

Medio por el cual se direccionan y protegen los conductores eléctricos, constan esencialmente de tubos de distintos materiales y características cuyo objetivo principal es proteger los conductores de cualquier daño mecánico o corrosión.

2.20.1. Tipos de tubería y canalización

Existen diferentes tipos de canalizaciones eléctricas, dentro de las cuales podemos encontrar:

- Poliducto
- Tubería PVC para canalización eléctrica
- Tubería conduit
- Tubería EMT *Electrical Metaling Tube*
- Tubería IMC
- Tubos flexibles de plástico
- Tubos flexibles metálicos
- Tubo LT *liquidtight*
- Canaletas plásticas
- Canaleta tipo escalerilla
- Bandejas
- Escalerillas

2.21. Conductor eléctrico

Material que ofrece una baja resistencia al paso de corriente eléctrica y es un medio por el cual se transportan los electrones. Esta característica se debe a

que sus átomos, caracterizados por la presencia de escasos electrones, permitan que la energía se esparza libremente de un átomo a otro.

Un conductor eléctrico está compuesto, básicamente por un material conductor y un recubrimiento aislante. El material conductor puede ser de distintos tipos, siendo los más comunes el cobre y el aluminio. Esto se debe a su conductividad y un relativo bajo costo de procesamiento; el material aislante ofrece una alta resistencia a la conducción de corriente, este se utiliza para evitar el contacto con partes expuestas y riesgo de un choque eléctrico cuando es manipulado por los operadores.

2.21.1. Calibre

El calibre de un conductor define el tamaño de la sección transversal del material conductor del cual está elaborado un cable.

Existen dos formas para expresar el calibre de un cable. El calibre puede ser expresado en mm^2 o en A.W.G. (American Wire Gauge). Si el calibre se expresa en AWG, mientras mayor es el número designado, menor es la sección transversal del conductor.

En la medida en que se incrementa el grosor del cable, en ese mismo orden incrementa la capacidad amperimétrica.

Tabla I. **Comparación calibres A.W.G. y mm²**

Calibre	
A.W.G.	mm ²
18	0,823
16	1,31
14	2,08
12	3,31
10	5,261
8	8,367
6	13,3
4	21,15
2	33,62
1/0	53,49
2/0	67,43
3/0	85,01
4/0	107,2
250MCM	127
300MCM	152
350MCM	177
400MCM	203
500MCM	253
600MCM	304

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2010.

2.22. Selección de conductores eléctricos

Existen dos formas de realizar la selección y cálculo de conductores eléctricos de una instalación, siendo los siguientes:

2.22.1. Por ampacidad

El calibre de los conductores está estandarizado por el grosor; en la medida en que incremente el calibre, así incrementará la capacidad de conducción de corriente. Un conductor se selecciona únicamente por capacidad de corriente cuando la distancia a la cual se instalará de la fuente es pequeña.

A continuación, se presenta la capacidad amperimétrica de los conductores según su calibre:

Tabla II. Capacidad amperimétrica de conductores

Calibre AWG/ kcmil	Temperatura máxima admisible en el conductor. Operación continua					
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
	Tipos TW* UF*	Tipos RHW*, THW*, THW*, THW-LS, THHW-LS, THWN*, XHHW* USE*	Tipos SA, SIS, FEP*, FEPB, RHH*, RHW-2, THW-2, THHW*, THHW-LS, TT, THWN-2, THHN*, USE- 2, XHHW-2, XHHW*	Tipos TW* UF*	Tipos RHW*, THW*, THHW*, THW-LS, THHW-LS, THWN*, XHHW* USE*	Tipos SA, SIS, FEP*, FEB*, RHH*, RHW-2, THW-2, THHW*, THHW-LS, TT, THWN-2, THHN*, USE-2, XHHW-2
	Cobre			Aluminio		
18	....	....	14	....	....	....
16	....	....	18	....	....	....
14	20*	20*	25*	....	....	....
12	25*	25*	30*	20*	20*	25*
10	30	35*	40*	25*	30*	35*
8	40	50	55	30	40	45
6	55	65	75	40	50	60
4	70	85	95	55	65	75
2	95	115	130	75	90	100
1	110	130	150	85	100	115
1/0	125	150	170	100	120	135
2/0	145	175	195	115	135	150
3/0	165	200	225	130	155	175
4/0	195	230	260	150	180	205
250	215	255	290	170	205	230
300	240	285	320	190	230	255
350	260	310	350	210	250	280
400	280	335	380	225	270	305
500	320	380	430	260	310	350
600	355	420	475	285	340	385
750	400	475	535	320	385	438
1000	455	545	615	375	445	500

Fuente: *Cables de energía y telecomunicaciones.*

<https://www.centelsa.com/archivos/11b912de.pdf>. Consulta: 5 de julio de 2021.

Así también, se hace necesario conocer los factores de corrección por temperatura para realizar el cálculo de un conductor por medio de su capacidad amperimétrica.

Tabla III. **Factores de corrección por temperatura para conductores eléctricos**

Temperatura Ambiente °C	Para una temperatura ambiente diferente de 30°C, multiplique los valores que aparecen arriba, por el factor de corrección apropiado que aparece abajo.					
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41

Fuente: *Factores de corrección por temperatura para conductores eléctricos.*

<https://www.sectorelectricidad.com/12345/factores-de-correccion-por-temperatura-ambiente-como-se-obtienen/>. Consulta: 5 de julio de 2021.

2.22.2. Por caída de tensión

Para calcular la sección del conductor por caída de tensión se recurre a las siguientes fórmulas:

- Para un sistema monofásico

$$S = \frac{2 * P * L}{\gamma * U * e}$$

Donde:

S = sección del conductor en mm²

L = longitud de la línea en m

U = caída de tensión máxima admisible en expresada en voltios

γ = conductividad del conductor en m/(Ω *mm²)

e = voltaje de aplicación en voltios

- Para un sistema trifásico

$$S = \frac{P * L}{\gamma * U * e}$$

Donde:

S = sección del conductor en mm²

L = longitud de la línea en m

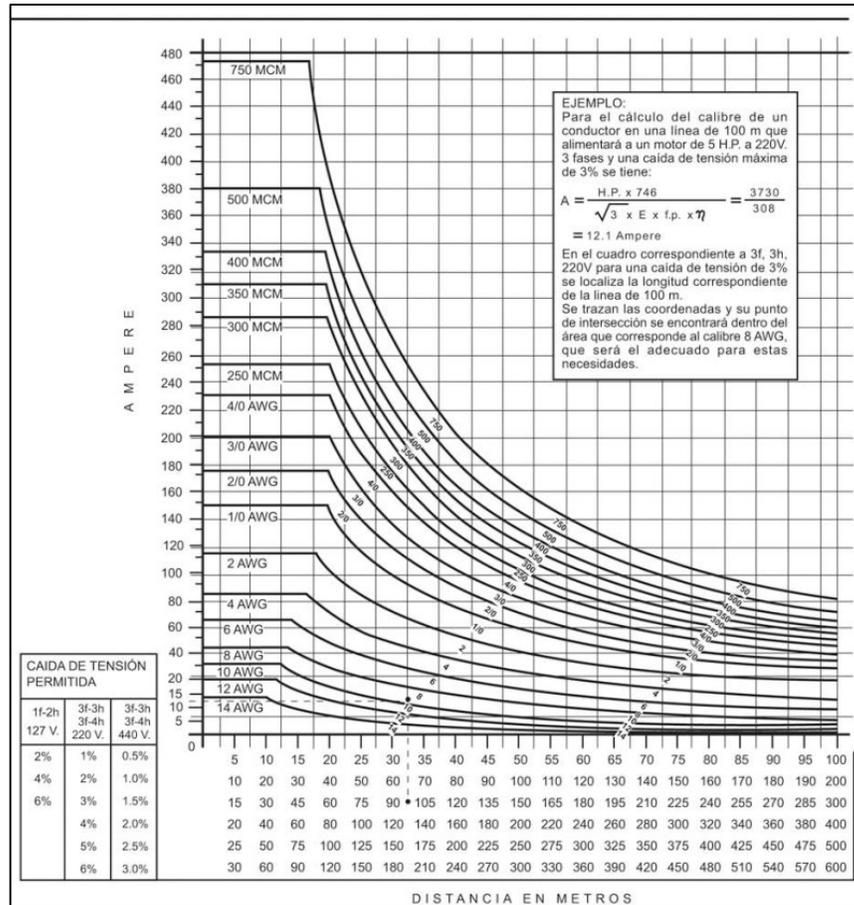
U = caída de tensión máxima admisible en expresada en voltios

γ = conductividad del conductor en m/(Ω *mm²)

e = voltaje de aplicación en voltios

Se muestra la figura 6 de caída de tensión en función del calibre y distancia.

Figura 6. Gráfica caída de tensión



Fuente: *Gráfica caída de tensión*. <https://es.scribd.com/doc/86455642/Grafica-Caida-de-Tension>. Consulta: 5 de julio de 2021.

2.23. Elemento de conexión eléctrica

Los elementos de conexión constituyen accesorios habilitados para realizar la instalación, conexión, desconexión e interrupción de funcionamiento de equipos.

En instalaciones de baja tensión, se utilizan de forma general los siguientes elementos.

2.23.1. Tomacorrientes

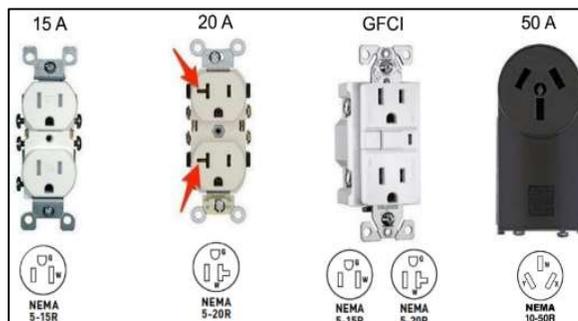
Permiten establecer una conexión segura entre el equipo y el voltaje disponible en el mismo.

Generalmente se sitúa en la pared, de forma superficial o empotrado en la misma. Consta como mínimo de dos piezas metálicas que reciben a sus complementarias macho y permiten la circulación de la corriente eléctrica.

Existe una amplia gama de tomacorrientes para las distintas aplicaciones, dentro de los cuales se puede encontrar:

- Tomacorriente para sistemas monofásicos de 15 amperios
- Tomacorriente para sistemas monofásicos de 20 amperios
- Tomacorrientes GFCI
- Tomacorrientes para 50 amperios

Figura 7. Tipos de tomacorriente



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Paint 2010.

Tabla IV. **Aplicaciones de tomacorrientes**

Estándar	Capacidad	Aplicación
NEMA 5-15R	15 amperios	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos en 120V • Electrodomésticos • Equipos portátiles • Uso general en residencias
NEMA 5-20R	20 amperios	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos en 120/240V • Cocina y lavandería • A/C de ventana • Garage
GFCI NEMA 5-15R GFCI NEMA 5-20R	15 o 20 amperios	<ul style="list-style-type: none"> • Baños • Cocina • Cerca de fuentes de agua
NEMA 10-50R	50 amperios	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos en 240V • Cocina • Lavandería • Garage

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2010.

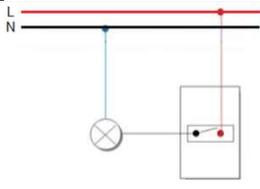
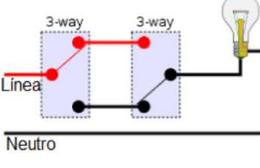
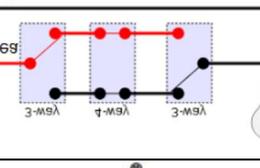
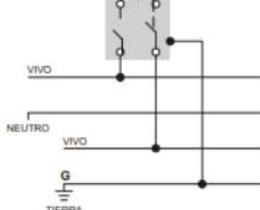
2.23.2. Interruptores

Son elementos que permiten desviar o interrumpir el paso de corriente eléctrica. Un interruptor eléctrico es un dispositivo que sirve para abrir y cerrar circuitos eléctricos en condiciones normales de carga, generalmente de forma manual.

En instalaciones donde se utiliza un voltaje inferior a mil voltios y específicamente en instalaciones residenciales, se utilizan interruptores para distintas aplicaciones. Dentro de los cuales podemos encontrar los siguientes:

- Interruptor simple
- Interruptor de 3 vías
- Interruptor de 4 vías
- Interruptor de doble polo

Tabla V. **Aplicaciones de interruptores en baja tensión**

Interruptor	Aplicación	Conexión
Simple	Encender o apagar una luminaria desde un mismo punto	
3 vías	Encender o apagar una luminaria desde dos puntos distintos	
4 vías	Encender o apagar una luminaria desde tres puntos distintos	
Doble polo	Interrumpir dos elementos desde un mismo punto	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2010.

2.23.3. Cajas rectangulares y octagonales

Este tipo de cajas se utilizan para instalar elementos como interruptores, tomacorrientes y plafoneros.

Dichas cajas facilitan el montaje en curva y derivaciones, así como la inspección de las instalaciones. También permiten modificaciones en la instalación y halado de los cables.

Existen cajas rectangulares y octagonales de plástico y metal.

Figura 8. **Caja rectangular.**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Paint 2010.

Figura 9. **Caja octagonal**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Paint 2010.

2.24. Cajas de registro

Las cajas de conexión eléctricas son accesorios que sirven para realizar distribuciones, derivaciones o cambios de dirección de cables eléctricos. Es uno de los componentes principales de una instalación eléctrica los cuales también pueden ser empleados como registros.

Estas cajas pueden ser elaboradas según la necesidad de instalación, en ellas se alojan conductores eléctricos y facilitan la inspección del estado de estos. Para aplicaciones de cajas de registro que contengan conductores eléctricos energizados, deben de ser identificadas en color rojo.

Las cajas de registro facilitan el acceso a los conductores para realizar mantenimientos o cambios futuros.

2.25. Contactor

El contactor es un interruptor accionado por electroimán, mandado a distancia, preparado para grandes frecuencias de trabajo y que vuelve a la posición de reposo cuando la fuerza de accionamiento deja de actuar sobre él, los contactos del contactor tienen la capacidad de abrir y cerrar circuitos en carga.

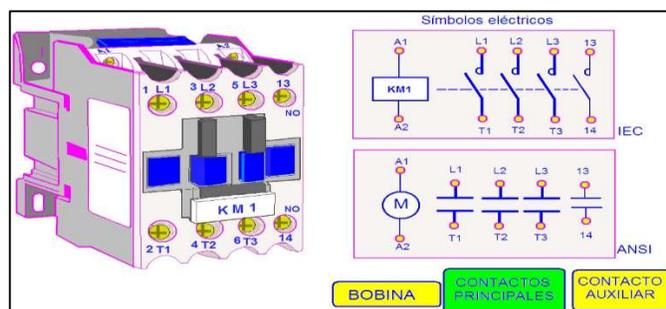
El contactor no realiza funciones de protección.

2.25.1. Funcionamiento interno

Internamente un contactor consta de una bobina, electroimán y de terminales que se accionan al excitar dicha bobina.

Cuando a la bobina se le aplica voltaje de línea o voltaje de aplicación de la bobina, se crea un campo magnético que atrae la armadura, cerrando los contactos y así permite el paso de corriente al motor haciéndolo girar. La corriente pasa de L1, L2, L3 a T1, T2, T3.

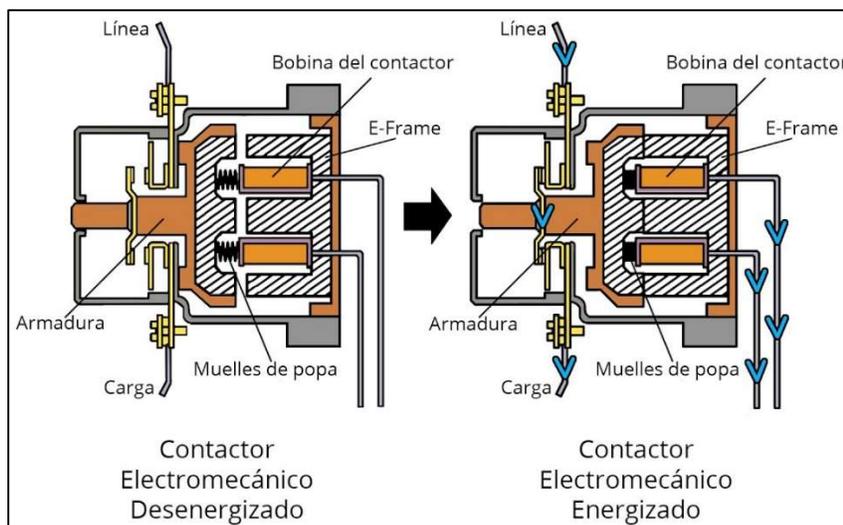
Figura 10. **Funcionamiento interno del contactor**



Fuente: COPAROMAN. <https://coparoman.blogspot.com/2015/07/contactor-electromagnetico.html>. Consulta 10 de julio de 2021.

Cuando a la bobina se le quita el voltaje, el campo magnético desaparece y la armadura regresa a su posición original con ayuda de un resorte, *spring*, los contactos se separan evitando que el motor reciba corriente y éste se detiene.

Figura 11. **Operación bobina de contactor**



Fuente: *Operación bobina de contactor.*

<https://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>. Consulta: 12 de julio de 2021.

2.25.2. Diagrama de fuerza y control

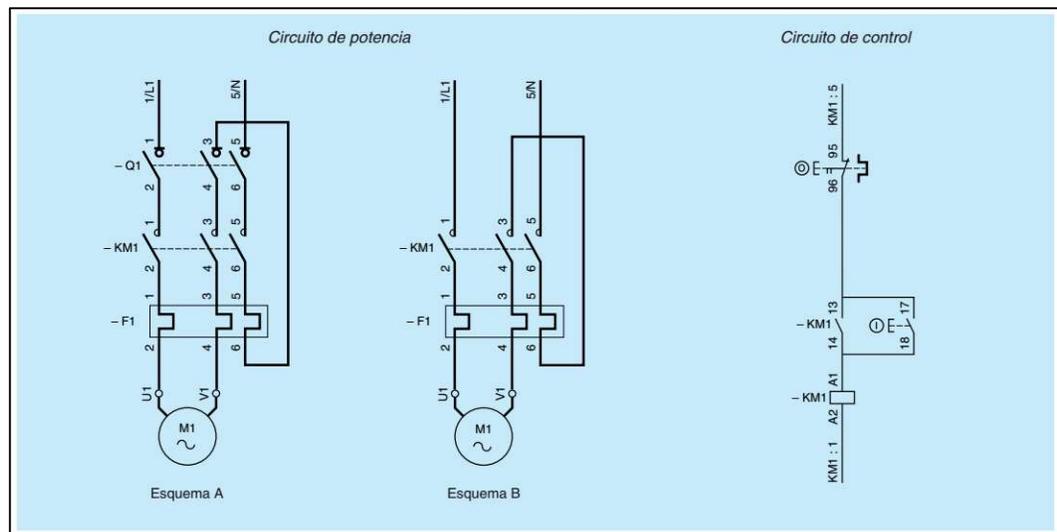
Para entender de forma clara un circuito que involucre elementos de control y automatización se hace necesario representarlos de forma gráfica elaborando un diagrama unifilar. Para este tipo de aplicaciones resulta útil dividirlo en dos diagramas unifilares, llamados:

- Circuito de fuerza: se plasman todos los elementos relacionados con el manejo de potencia y fuerza.
- Circuito de control: diagrama se colocan todos los elementos de control,

como contactos, bobinas, *timers*, entre otros.

Se presenta a continuación un ejemplo de diagrama de fuerza y control:

Figura 12. **Circuito de potencia y control**



Fuente: *Circuito de potencia y control*. <https://es.scribd.com/doc/96292832/Esquemas-Schneider>. Consulta: 05 de julio de 2021.

2.25.3. Selección

Para realizar la selección de un contactor, se deben de tomar en cuenta los siguientes valores, los cuales se basan principalmente en las condiciones de servicio del mismo:

- Voltaje nominal del equipo
- Corriente nominal del equipo
- Voltaje de bobina del contactor

- Corriente de corte del motor
- Normativa (NEMA/IEC)

2.25.4. Mando y señalización

En automatización los dispositivos de mando y señalización se utilizan para el correcto funcionamiento de los circuitos, unos elementos eléctricos de accionamiento manual tales como pulsadores, conmutadores giratorios, setas de emergencia, entre otros.

Como elementos eléctricos de accionamiento mecánico se utilizan los interruptores finales de carrera.

También se incluyen las lámparas de señalización, carteles luminosos y señales acústicas, que se utilizan en los procesos automatizados industriales que sirven para ver en qué estado se encuentra el sistema en cada momento además de alertar de cualquier anomalía o paro que se produzca.

2.25.5. Cuadro de mando y control

Constituido por elementos de automatización en gabinetes como centros de mando. Dentro de los cuales se puede encontrar:

2.25.5.1. Accesorios de montaje

Dentro de los accesorios más importantes para armado de un gabinete de control se encuentra el accesorio estándar de montura, conocido como riel DIN.

2.25.5.2. Guardamotores

El guardamotor es un dispositivo electromecánico exclusivo para el comando de motores que se compone de un relé térmico más un contactor. De esta manera se puede energizar manualmente (o por línea) desde una botonera de arranque y parada.

Los guardamotores incluyen un relé de sobrecargas llamado protector térmico que se dispara de acuerdo a curvas de calibración apropiadas cuando la corriente alcanza valores peligrosos durante tiempos máximos bien determinados.

Las características principales de los guardamotores, al igual que de otros interruptores automáticos magnetotérmicos, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

2.25.5.3. Relés de sobrecarga

Los relés de sobrecarga térmicos son dispositivos electromecánicos de protección económicos para el circuito principal. Protegen de manera fiable los motores en caso de que ocurra una sobretensión o un fallo de fase. El relé de sobrecarga térmico puede constituir una solución de arranque compacta junto a contactores.

2.25.5.4. Arrancadores

El cuadro general de un arrancador está conformado principalmente por un contactor más protección, operado por medio de elementos de mando.

Un arrancador está conformado principalmente por el conjunto de guardamotor más contactor o contactor más relé de sobrecarga; son utilizados en arranques directos de motores junto a botoneras que ayudan a realizar la operación de forma remota.

2.26. Diagrama Unifilar

Representación gráfica simplificada de todos los elementos que constituyen una instalación eléctrica. Toman en cuenta las interconexiones que existen entre los circuitos y dan un orden y panorama general de la distribución de cargas. Son útiles para futuras modificaciones.

2.26.1. Simbología

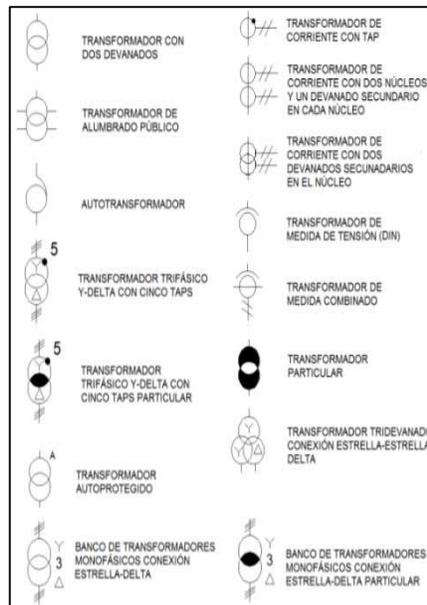
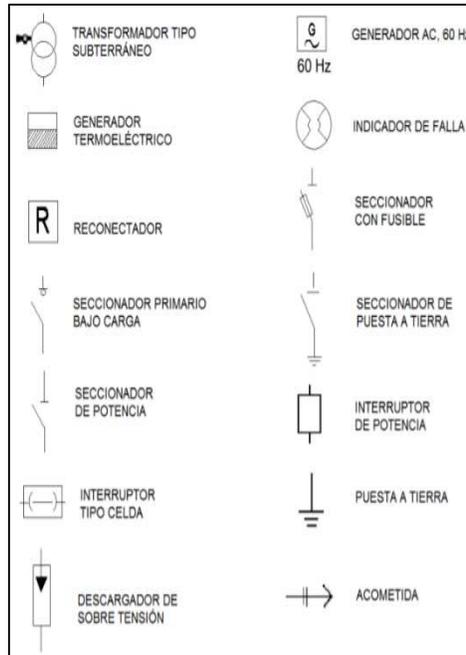
A continuación, se representa la comparativa entre simbología para distintos niveles de voltajes y sus aplicaciones. Estos símbolos son utilizados en planos, diagramas unifilares y esquemas eléctricos:

Figura 13. Simbología para plano domiciliario

	TABLERO DE DISTRIBUCION		RETORNO
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO		LT
	TOMACORRIENTE DOBLE		CANALIZACION EN CIELO
	INTERRUPTOR SIMPLE		CANALIZACION ENTERRADA O EN PARED
	INTERRUPTOR DOBLE		INTERRUPTOR SIMPLE TRES VIAS
	INTERRUPTOR Y TOMACORRIENTE SIMPLE		INTERRUPTOR SIMPLE CUATRO VIAS
	L1 o L2		INTERRUPTOR DOBLE TRES VIAS
	LN		PUENTES

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Figura 14. **Simbología para sistemas de distribución**



Fuente: *Simbología para sistemas de distribución*. <https://www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-lineas-distribucion-electrica.htm>.

Consulta: 25 de julio de 2021.

Figura 15. Simbología para sistemas de control y automatización

Naturaleza de los símbolos gráficos	Normas europeas	Normas EE.UU.
Contacto de cierre "NA" Potencia-Control		
Contacto de apertura "NC" Potencia-Control		
Contacto temporizado al accionamiento		
Contacto temporizado al desaccionamiento		
Cortocircuito fusible		
Relé de protección		
Bobinas		
Seccionadores		
Disyuntores		
Motores		

Fuente: *Simbología para sistemas de control y automatización*. <https://www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-lineas-distribucion-electrica.htm>.

Consulta: 25 de julio de 2021.

2.27. Sistemas de puesta a tierra

Según IEEE un sistema de puesta a tierra es la conexión conductora, por medio de la cual un circuito o equipo eléctrico se conecta a tierra, o algún cuerpo de dimensión relativamente grande que cumple la función de tierra.

2.27.1. Resistencia de puesta a tierra

Existen diferentes métodos para realizar la medición de una toma de tierra existente, dentro de los cuales encontramos los siguientes:

- Medida de tierra de 3 polos, método del 62 %: requiere el uso de dos electrodos o picas auxiliares para permitir la inyección de corriente y la referencia de potencial 0 V. La posición de dos electrodos auxiliares, con respecto a la toma de tierra a medir $E(X)$, es determinante. Para realizar una medida correcta, la toma auxiliar de referencia de potencial (S) no tiene que estar clavada en las zonas de influencia de las tierras E y H, creadas por la circulación de la corriente (i).
- Estadísticas de campo han demostrado que el método ideal para garantizar la mayor precisión de medida consiste en colocar la pica S a 62 % de E en la recta EH. Conviene luego asegurarse de que la medida no varía o poco moviendo la pica S a $\pm 10\%$, S' y S a cada lado de su posición inicial en la recta EH. Si la medida varía, significa que S se encuentra en la zona de influencia. Se debe por lo tanto aumentar las distancias y volver a realizar las medidas.

- Método de medida en triángulo dos picas: este método requiere el uso de dos electrodos auxiliares o picas, este método se utiliza cuando el método descrito anteriormente no puede aplicarse no se puede conseguir una alineación o un obstáculo impide un alejamiento suficiente de H. Consiste en: clavar las picas S y H al igual que la toma de tierra E, formando las picas S y H un triángulo equilátero, luego efectuar una primera medida colocando S por un lado, luego una segunda medida colocando S por el otro lado.
- Método de 4 polos: la medida de tierra de 4 polos se basa en el mismo principio que la medida de 3 polos, pero con una conexión adicional entre la tierra a medir E y el instrumento de medida. Así, este método permite obtener una mejor resolución 10 veces mejor que la medida 3 P y librarse de la resistencia de los cables de medida. Esta función es ideal para las medidas de resistencia de tierra muy débiles y por consiguiente, conviene especialmente para los transportistas y distribuidores de energía que necesitan medir resistencias de tierra de pocos ohmios.
- Medida con pinza de tierra: la pinza de tierra tiene la ventaja de utilizarse de modo sencillo y rápido, ya que con sólo abrazar el cable conectado a la tierra se conoce el valor de la tierra, así como el valor de las corrientes que circulan por él. Una pinza de tierra consta de dos devanados, un devanado generador y un devanado receptor. El devanado generador de la pinza induce una tensión alterna a nivel constante E entorno al conductor abrazado; una corriente $I = E / R$ bucle circula entonces a través del bucle resistivo. El devanado receptor mide esta corriente. Conociendo E e I, se deduce la resistencia de bucle.

2.27.2. Resistividad del terreno

Para instalar un sistema de puesta a tierra es esencial su planeación completa y cuidadosa. La primera consideración en cualquier sistema de aterrizado es la tierra misma. La tierra en sí está compuesta por materiales de muy alta resistencia comparada con la de los metales, por eso, toda corriente que fluya a través de la tierra tiene una considerable disminución de voltaje en una corta distancia.

Mediante este término se define a la resistencia específica del suelo a cierta profundidad, pudiendo ser un estrato del suelo, se obtiene indirectamente mediante mediciones realizadas en un determinado campo, su magnitud se expresa en $\Omega \times m$ y es inversa a la conductividad.

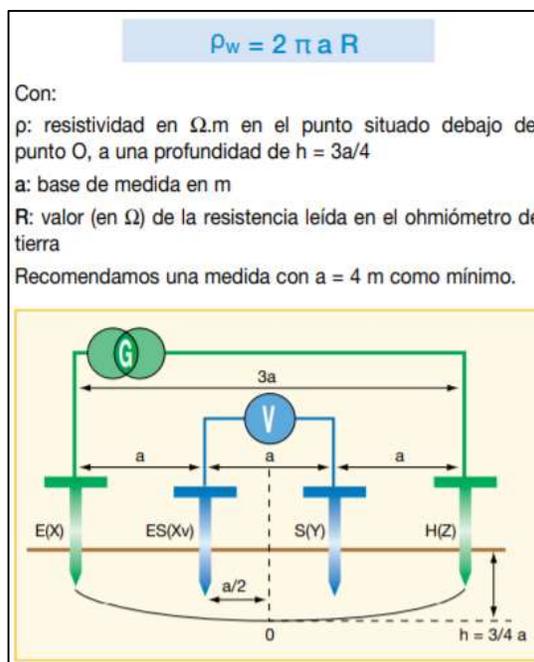
La medición de la resistividad del terreno se realiza por medio de un equipo especial llamado telurómetro. Este método consiste en medir la resistividad del suelo, para esto se insertarán 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno. Se hacen diferentes muestras para los distintos perfiles de terreno previamente señalados.

2.27.3. Método de Wenner

Principio de medida, se insertan cuatro electrodos en línea recta en el suelo y a igual distancia a entre ellos. Entre los dos electrodos exteriores E y H, se inyecta una corriente de medida I mediante un generador. Entre los dos electrodos centrales S y ES, se mide el potencial ΔV gracias a un voltímetro.

El instrumento de medida utilizado es un ohmiómetro de tierra clásico que permite la inyección de una corriente y la medida de ΔV . El valor de la resistencia R leída en el ohmiómetro permite calcular la resistividad mediante la siguiente fórmula de cálculo simplificada:

Figura 16. **Método de Wenner de las 4 picas**



Fuente: CHAUVIN, Arnoux. *Guía de medición de tierra*. p 4.

2.27.4. Método de Schlumberger

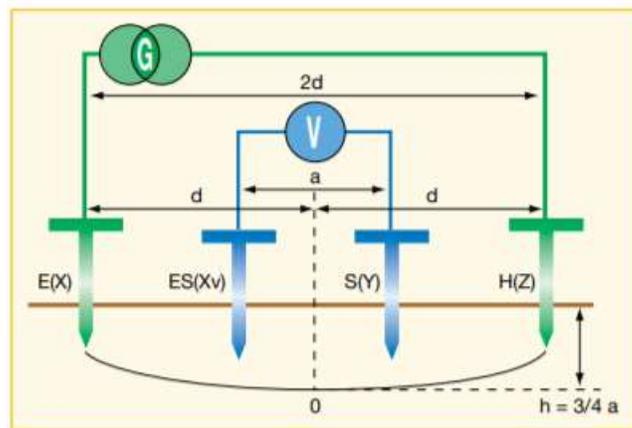
Principio de medida el método de Schlumberger está basado en el mismo principio de medida. La única diferencia se sitúa a nivel del posicionamiento de los electrodos:

- la distancia entre las 2 picas exteriores es $2d$
- la distancia entre las 2 picas interiores es A

Y el valor de la resistencia R visualizado en el ohmiómetro permite calcular la resistividad mediante la siguiente fórmula:

Este método permite ahorrar bastante tiempo en campo, especialmente si se quiere realizar varias medidas de resistividad y por consiguiente crear un perfil del terreno. En efecto, sólo deben moverse los 2 electrodos exteriores a diferencia del método de Wenner que necesita desplazar los 4 electrodos a la vez.

Figura 17. **Método de Schlumberger de las 4 picas**



Fuente: CHAUVIN, Arnoux. *Guía de medición de tierra*. p 5.

Aunque el método de Schlumberger permite ahorrar tiempo, el método de Wenner es el más conocido y utilizado; su fórmula matemática es más sencilla.

2.27.5. Equipotencialidad

Una superficie equipotencial es el lugar geométrico de todos los puntos que se encuentran al mismo potencial; todos los puntos de una superficie equipotencial se encuentran en un plano perpendicular al campo eléctrico.

El trabajo necesario para desplazar infinitesimalmente, dr , una carga de prueba q_0 en presencia de un campo eléctrico E es:

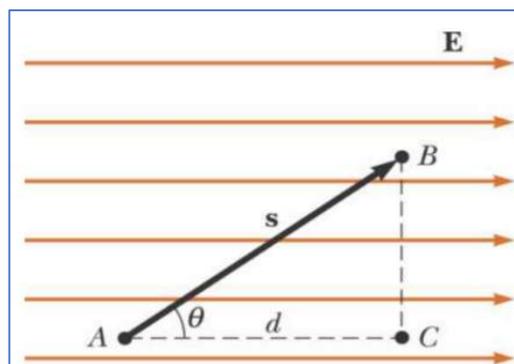
Figura 18. Ecuaciones para superficies equipotenciales

$$dW = \vec{F} d\vec{r} \longrightarrow dV = -\vec{E} d\vec{r} \longrightarrow \Delta V = -\vec{E} \Delta\vec{r}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\vec{r} \text{ perpendicular a } \vec{E} \longrightarrow \Delta V = 0 \longrightarrow V \text{ constante} \\ \Delta\vec{r} \text{ paralelo a } \vec{E} \longrightarrow \text{Variación máxima de } V \end{array} \right.$$

Fuente: PÉREZ MARTÍNEZ, Eugenia. *Interacción Eléctrica*. p 31.

Figura 19. Campo eléctrico



Fuente: UNAM. *Campo eléctrico*.

http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Potencial_Electrico_7142.pdf

Consulta: 21 de julio de 2021.

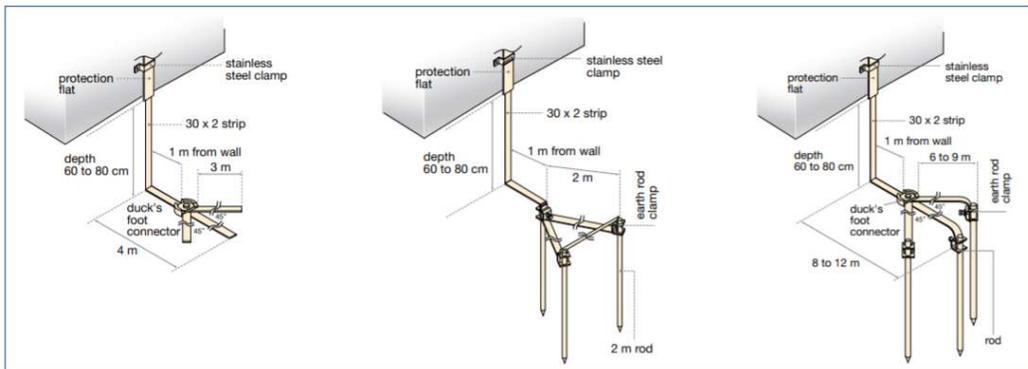
- El punto B está a potencial menor que el punto A.
- Los puntos A y C están en igual valor de potencial

Se da el nombre de superficie equipotencial a cualquiera superficie que consiste en una distribución continua de puntos que tienen el mismo valor de potencial eléctrico

2.27.6. Diseños de puesta a tierra

Existen diferentes métodos para el cálculo y diseño de puesta a tierra, dentro de las configuraciones más utilizadas se presentan los siguientes:

Figura 20. **Sistemas propuestos para red de tierras**



Fuente: *Sistemas propuestos para red de tierras*. <https://www.analfatecnicos.net/archivos/08.PuestaATierra.pdf>. Consulta: 5 de julio de 2021.

2.28. Pararrayos Atmosféricos

Un pararrayo es un instrumento cuyo objetivo es captar un rayo ionizando el aire con el fin de descargar hacia tierra toda la mayor cantidad de energía posible provocada por el rayo.

Existen diferentes tipos de pararrayos atmosféricos, siendo los más comunes los siguientes:

- Puntas simples (Franklin)
- Pararrayos con dispositivo de cebado electrónico
- Pararrayos con dispositivo de cebado no electrónico

2.29. Supresor de transientes

Este elemento preserva el estado de los equipos sensibles contra eventos transitorios o sobrevoltajes. Es una herramienta útil, como complemento a los pararrayos atmosféricos.

2.30. Grupo electrógeno

Un grupo electrógeno está compuesto por un motor a diésel, gas o gasolina y un alternador, configurado de tal manera que produce corriente eléctrica. Los grupos electrógenos se utilizan principalmente para suministrar energía en caso de cortes de corriente. También pueden utilizarse en lugares aislados como fuente principal de energía cuando no existe red eléctrica.

2.30.1. Potencia KW y KVA

La gran diferencia entre estas dos medidas es el factor de potencia; kW kilovatio es la unidad potencia real, mientras que kVA kilovatio amperios es la unidad de potencia total potencia real + potencia reactiva. El factor de potencia estándar para un grupo electrógeno trifásico es de 0,8, sin embargo, puede variar de 0 a 1. El valor kVA siempre será más alto que el kW porque incluye potencia reactiva.

Con relación a los grupos electrógenos industriales y comerciales en países como Estados Unidos es más frecuente que se utilicen el KW, mientras que en la mayoría del resto del mundo se utiliza el kVA al hacer referencia a grupos electrógenos. La denominación kW es básicamente la potencia que un grupo electrógeno puede suministrar basándose en la potencia de un motor. Los kilovoltios-amperios kVA, son la capacidad final del grupo electrógeno. Los grupos electrógenos se muestran generalmente con ambas clasificaciones.

2.30.2. Uso

Los grupos electrógenos son indispensables en muchos sectores, especialmente en actividades industriales, ya que se utilizan para suministrar energía eléctrica cuando la red eléctrica falla o en ubicaciones donde el suministro no llega.

En hospitales, centros de datos, centros penitenciarios, petroquímicas o centrales de energía, por poner algunos ejemplos, es esencial que, en caso de fallo, se asegure la continuidad del suministro. En el caso de obras de ingeniería o construcciones en lugares aislados, es posible que el suministro convencional

no llegue y sea necesario un grupo electrógeno como principal fuente de potencia.

2.30.3. Niveles de ruido

Para comparar los niveles de ruido, debe de tomar valores expresados en dB A LWA. Esta es una medida en donde se mide el nivel de potencia acústica de un equipo, controlada por normas estrictas que permiten hacer una comparación relevante. Cualquier otro valor en decibelios, sin el símbolo LWA, representa el nivel de ruido, medido a una distancia determinada, pero puede variar según la posición del punto de medición.

Los grupos electrógenos insonorizados se usan en lugares donde se tienen que reducir los niveles de ruido para evitar la contaminación acústica, pero también en lugares abiertos o donde tenga que proteger el grupo de condiciones climáticas o ambientales extremas, ya que la cubierta actúa como protección en los casos en que la empresa disponga de un espacio específico y que no requiera insonorización, se puede instalar el grupo electrógeno sin cubierta protectora ni aislante.

2.30.4. Tipos de arranque

El tipo de arranque es otro factor de clasificación que viene definido por las necesidades de potencia y según el uso que le se requiera dar al grupo electrógeno.

- Arranque manual: con o sin conmutador de carga, se trata de un sistema poco habitual y solo para grupos electrógenos de baja potencia hasta 5 KVA.

- Arranque automático: este tipo de arranque es el más habitual para potencias altas. El grupo arranca al detectar un fallo de red y detiene su funcionamiento cuando detecta que la red vuelve a ser estable.

2.30.5. Selección

Uno de los aspectos más complicados de la decisión de compra es saber cómo adquirir un grupo electrógeno para manejar todas las necesidades de energía. Si usted está interesado en la energía continua o de reserva, si su nuevo generador no puede resolver sus requisitos específicos entonces simplemente no trabajará correctamente e incluso dañará algunos de los dispositivos conectados a él. El determinar exactamente qué tamaño de grupo electrógeno industrial / comercial va a necesitar resulta muy difícil e implica una serie de factores y consideraciones a valorar.

Existen varios tipos de grupos electrógenos, como pueden ser monofásicos, trifásicos, portátiles, estacionarios y de alquiler. Pueden ser de arranque manual, arranque automático o unidades de funcionamiento continuo.

Tabla VI. **Comparativo de uso y potencia generadores**

POTENCIA	USO	PRODUCTO
10-800 kVA >800 kVA	Modo Espera/ Potencia continua para los negocios comerciales e industriales	Grupos Electrógenos estacionarios < 830 kVA Grupos Electrógenos Estacionarios > 815 kVA
20-800 kVA	Grupos electrógenos móviles para una amplia gama de aplicaciones	Grupos electrógenos polivalentes
20-600 kVA	Grupos electrógenos móviles para alquiler	Grupos electrógenos de alquiler
Soluciones Personalizadas	Grupos electrógenos hechos a medida	Grupos electrógenos personalizados

Fuente: *Generadores Eléctricos y de Energía.*

https://www.pramac.com/es_ES/aboutstationarygenerators. Consulta: 25 de julio de 2021.

2.31. Transferencias manuales

Son utilizadas para conmutar entre la energía entregada por la distribuidora y un grupo electrógeno disponible. Su operación es manual, accionada por una manivela que es rotada por un operador. La desventaja de este tipo de transferencias es que tienen un retraso de acción debido a que un operador debe accionar su mecanismo. En este lapso en el lugar estará ausente la corriente eléctrica.

Figura 21. Transferencia manual



Fuente: *Transferencia Manual*. https://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@electrical/documents/content/ct_180303.pdf. Consulta: 2 de agosto de 2021

2.31.1. Selección

Para seleccionar adecuadamente una transferencia manual, se deben de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Amperaje.
- Número de polos.
- Sistema monofásico o trifásico.
- Habilitada con fusible o no.

- Gabinete para uso interior o exterior.
- Voltaje de aplicación.
- Certificaciones.
- Categoría: simple tiro o doble tiro.

2.32. Transferencias automáticas

Los interruptores automáticos de transferencia son componentes críticos de cualquier sistema de energía de emergencia o de reserva. Los interruptores de transferencia son conjuntos confiables, resistentes, versátiles y compactos para transferir cargas esenciales y sistemas de distribución eléctrica de una fuente de energía a otra.

Un interruptor de transferencia automática (ATS) es un dispositivo que transfiere automáticamente una fuente de alimentación desde su fuente primaria a una fuente de respaldo cuando detecta una falla o interrupción en la fuente primaria. Cuando ocurre una falla en un sistema de energía principal, el ATS invoca una fuente de energía de reserva, como una fuente de energía ininterrumpida. Un ATS también puede poner en marcha sistemas de energía de respaldo a más largo plazo, como generadores diésel local, para hacer funcionar el equipo eléctrico hasta que se restablezca la energía de la red pública.

Dado que el ATS está conectado a fuentes de energía primarias y de respaldo, sirve como intermediario entre el equipo y las fuentes de energía, actuando como un relé eléctrico. Un ATS también puede actuar como una fuente de alimentación redundante montada en bastidor para equipos que están conectados a una fuente de alimentación con un solo cable.

Dentro de los tipos de transferencias automáticas se encuentran:

- Transferencias automáticas con contactores.
- Transferencias automáticas con interruptores de potencia.
- Transferencias con baipás de aislamiento.

2.32.1. Selección

Dentro de los parámetros fundamentales para seleccionar una transferencia automática, se pueden encontrar los siguientes:

- Voltaje de aplicación.
- Potencia de la carga.
- Corriente nominal.
- Tipo de ATS.
- Control electrónico.

2.33. Instrumentos de medición

Se presentan a continuación algunos instrumentos de medición útiles en baja tensión.

2.33.1. Cámara termográfica

Es un dispositivo capaz de percibir la temperatura de un objeto o de un cuerpo sin estar cerca, siempre y cuando este emita niveles mayores a 0° Kelvin.

En la mayoría de los casos, los datos obtenidos se pueden guardar y enviar a otros dispositivos para evaluar y prevenir cualquier posible riesgo.

2.33.1.1. Tipos de cámaras termográficas

- Cámaras termográficas portátiles: ideales para el mantenimiento preventivo, las inspecciones eléctricas y las localizaciones de averías en primera línea.
- Cámaras termográficas articuladas: ideales cuando se necesita una precisión milimétrica tanto de cerca como de lejos, ya sea para servicios eléctricos o en el ámbito de la investigación y el desarrollo.
- Cámaras termográficas montadas: adecuadas para aplicaciones científicas, de investigación y de ingeniería en las que se requieran una recopilación constante de datos por infrarrojos.
- Cámaras termográficas de detección de gas: diseñadas exclusivamente para localizar fugas de hexafluoruro de azufre o SF6 en subestaciones eléctricas.

2.33.1.2. Termograma

Se trata de una técnica que permite la captación y el estudio de imágenes a través de la tecnología infrarroja.

Teniendo en cuenta aspectos como la temperatura exterior, la sensibilidad de la cámara termográfica, la humedad y la temperatura del cuerpo o el objeto medido, el termograma puede detectar los niveles de calor o frío del elemento en cuestión.

La producción de una imagen con diferentes tonos visibles para el ojo humano podrá informar a la parte interesada sobre los valores de la temperatura específicos de la materia estudiada.

2.33.1.3. Principio de funcionamiento

El funcionamiento de las cámaras termográficas es muy sencillo, consiste en la captación de las temperaturas de un cuerpo a través de la tecnología infrarroja para, posteriormente, emitir imágenes con las características que se mencionaron anteriormente.

Es importante destacar que los objetos y las personas son capaces de irradiar calor que puede ser detectado por las cámaras termográficas. A partir de esa captación se producen las evaluaciones.

2.33.1.4. Emisividad

Se define como la relación de la energía radiada por un objeto a una determinada temperatura respecto a la energía emitida por un radiador perfecto, o cuerpo negro, a la misma temperatura. La emisividad de un cuerpo negro es 1,0. Por tanto, todos los valores de emisividad se encuentran entre 0,0 y 1,0. La mayoría de los termómetros de infrarrojos son capaces de compensar los diferentes valores de emisividad para los diferentes materiales. En general, cuanto mayor es la emisividad de un objeto, más fácil resulta obtener una medición precisa de temperatura usando los infrarrojos.

Los objetos con emisividades muy bajas, inferiores a 0,2 pueden resultar difíciles de aplicar. Algunas superficies metálicas pulidas y brillantes, como el

aluminio, presentan una reflexión tan elevada en el infrarrojo que no siempre es posible realizar mediciones precisas de temperatura.

2.33.1.5. Aplicaciones

La detección de estas radiaciones infrarrojas, imposibles de realizar a simple vista, supone una ventaja importantísima en muchas situaciones y puede ayudar a la prevención de multitud de situaciones indeseadas. La no uniformidad de temperaturas suele indicar alguna falla o punto crítico, ya sea por el aumento de riego sanguíneo que se produce en una lesión interna de un animal o la fuga de calor que puede darse en el punto crítico de una tubería. A continuación, se enumeran unas cuantas aplicaciones:

- Mantenimiento industrial.
- Mantenimiento de circuitos electrónicos.
- Construcción y mantenimiento.
- Química y derivados.
- Circuitos de aire acondicionado y calefacción.
- Calentamiento de componentes eléctricos defectuosos.
- Fricciones en motores o máquinas eléctricas.
- Desequilibrio de cargas.
- Conexiones mal realizadas.

2.33.2. Medición de calidad de energía

Sólo ser con los grandes sistemas de alimentación de CA que la calidad de la energía era un concepto inaudito, aparte del factor de potencia.

Casi todas las cargas eran de la variedad lineal, lo que significa que no distorsionaban la forma de la onda sinusoidal de voltaje ni provocaban que fluyeran corrientes no sinusoidales en el circuito; esto ya no es verdad.

Las cargas controladas por componentes electrónicos no lineales son cada vez más frecuentes tanto en el hogar como en la industria, lo que significa que los voltajes y corrientes en los sistemas de energía que alimentan estas cargas son ricos en armónicos: lo que debería ser agradable, voltajes de onda sinusoidal limpia y las corrientes se están volviendo muy distorsionadas, lo que equivale a la presencia de una serie infinita de ondas sinusoidales de alta frecuencia en múltiplos de la frecuencia fundamental de la línea eléctrica.

Los armónicos excesivos en un sistema de energía de CA pueden sobrecalentar los transformadores, causar corrientes de conductor neutro extremadamente altas en sistemas trifásicos, crear ruido electromagnético en forma de emisiones de radio que pueden interferir con equipos electrónicos sensibles, reducir la potencia de salida del motor eléctrico y pueden ser difícil de precisar.

Con problemas como estos que afectan a los sistemas de energía, los ingenieros y técnicos necesitan formas de detectar y medir con precisión estas condiciones.

La calidad de la energía es el término general dado para representar la ausencia de armónicos en un sistema de energía de CA. Un medidor de calidad de energía es aquel que proporciona alguna forma de indicación de contenido armónico.

Dependiendo del tipo de aplicación y problema que presenta una red eléctrica, se pueden utilizar distintos tipos de equipos para realizar una medición de calidad de energía, dentro de los que se encuentran los siguientes:

- Multímetro.
- Osciloscopio.
- Analizador de perturbaciones.
- Analizador de red.
- Analizador de espectros.
- Analizador de armónicos.
- Medidor de *flicker*.

2.33.2.1. Valores eléctricos por medir

Dentro del análisis de calidad de energía, típicamente se miden parámetros eléctricos para concluir adecuadamente el estado de una red eléctrica, dentro de los principales se pueden encontrar:

- Demanda
- Consumo
- Factor de potencia
- Armónicos
- Voltaje
- Corriente
- Frecuencia
- VTHD

2.33.3. Luxómetro

Un luxómetro es un dispositivo de medición para conocer cuánta luz o luminosidad que hay en un ambiente con que la luz aparece en el ojo humano. No es lo mismo que medir la energía producida por una fuente de luz. La unidad de medida es lux; un lux es el equivalente a la energía producida por una fuente de luz, para el ojo humano.

El funcionamiento del luxómetro es simple; este depende de las celdas fotovoltaicas, circuito integrado que, al recibir una cierta cantidad de luz, son capaces de transformarlas en electricidad. En función de la intensidad de la electricidad se conoce la cantidad de lux.

Los luxómetros pueden tener distintas escalas en función de la cantidad de luz que se quiera medir, para tener una precisión más exacta en caso de que la luminosidad sea más fuerte o débil.

2.33.3.1. Partes de un luxómetro

- **Fotoreceptor:** es el encargado de percibir la intensidad lumínica que se quiere medir, y transformarla en energía eléctrica, la cual luego es transportada hacia el lector. Parte de una fotorresistencia.
- **Lector:** es el encargado de recibir la señal eléctrica enviada por el fotoreceptor y transformarla en una medida de luminosidad; luego esta medida es indicada en pantalla.

2.34. Iluminación

La iluminancia o nivel de iluminación se define como el flujo luminoso que incide sobre una superficie; su unidad de medida es el lux.

2.34.1. Cálculo según el método de los lúmenes

Para realizar el proceso de cálculo de iluminación general en instalaciones interiores, puedes utilizar dos métodos:

- Método de los lúmenes: el método de los lúmenes es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Proporciona una iluminancia media con un error de $\pm 5 \%$ y da una idea muy aproximada de las necesidades de iluminación.
- Método de iluminancias puntuales: este método se utiliza si lo que deseas es conocer los valores de la iluminancia en puntos concretos.

- Método de los lúmenes:

$$\varphi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

- Definición del flujo luminoso que un determinado local o zona necesita

Donde:

E_m = nivel de iluminación medio en LUX

φ_T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita en lúmenes

S = superficie a iluminar (en m²)

C_u = coeficiente de utilización

C_m = coeficiente de mantenimiento

$$NL = \frac{\varphi_T}{n * \varphi_L}$$

- Definición del número de luminarias

Donde:

NL = número de luminarias

φ_T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en lúmenes)

φ_L = flujo Luminoso de una lámpara

N = número de lámparas que tiene la luminaria

2.34.2. Software de diseño de iluminación

Actualmente existen programas que ayudan a realizar un estudio de iluminación. Estos contienen formatos y plantillas establecidas para las distintas necesidades.

Son una herramienta útil ya que contienen algoritmos especializados para cada necesidad de instalación, además, tienen una ventaja sobre el método de cálculo, ya que pueden interactuar con planos y delimitar secciones para ubicación de luminarias.

2.34.3. Software existente

Dentro de los distintos tipos de software para diseño de iluminación podemos encontrar:

- AGi32
- DiaLux
- OxyTech
- Relux
- WYSIWIG
- Calculux
- Litestar

2.35. Banco de capacitores

Los bancos de capacitores son equipos que regularmente se instalan en los sistemas eléctricos, tanto en baja como en mediana y alta tensión, ya que son de utilidad para corregir el factor de potencia y evitar las penalizaciones que la empresa suministradora impone, mejorar el perfil de voltaje, principalmente durante condiciones de arranque de motores o conexión de cargas de gran magnitud. Cuando se emplean como parte de los filtros de armónicos, ayudan a reducir las corrientes armónicas que circulan por la red eléctrica, evitando pérdidas eléctricas y desgaste en los equipos.

Figura 22. **Banco de capacitores en baja tensión**



Fuente: *Banco de capacitores en baja tensión*. <https://www.eaton.com/ecm/groups/publicpdf>.
Consulta: 5 de agosto de 2021.

Los bancos de capacitores se han usado por más de 40 años para la compensación de los requerimientos de potencia reactiva y elevación de tensión en los sistemas de potencia. Los capacitores son dispositivos que consisten de dos superficies conductoras separadas por un dieléctrico; estos tienen la capacidad de almacenar energía electrostática, la cual se encuentra en un campo eléctrico y se debe relacionar directamente con la carga eléctrica que se almacena en el dispositivo.

Es de suma importancia que se tomen en cuenta diversas variables cuando se selecciona un banco de capacitores, ya que de no hacerse o no evaluarse por un especialista podrían ocasionar problemas. Entre estas variables, cabe mencionar: designar el objetivo de la instalación, ayudar durante el arranque de los motores, corregir el factor de potencia, mejorar el perfil de voltaje, filtrar armónicos, entre otros, la localización, el tipo de cargas que se tienen en el punto de conexión, si será un banco fijo o ajustable.

Figura 23. **Banco de capacitores en media tensión**



Fuente: *Banco de capacitores en media tensión*. <https://www.eaton.com/mx/es-mx/catalog/medium-voltage-power-distribution-control-systems/pole-mounted-capacitor-banks.html>. Consulta: 5 de agosto de 2021.

En el caso del banco fijo, por ejemplo, siempre se encontrar conectado a la línea de alimentación; pero, dependiendo de la aplicación que se le dé, puede ser conectado o desconectado con los arrancadores de los motores. Los bancos fijos son, además, bastante útiles cuando se requiere mejorar el factor de potencia de una carga o un grupo de cargas cuya demanda de potencia reactiva sea esencialmente constante. En contraste, el banco automático de capacitores consta de un conjunto de celdas capacitivas de valores distintos y también idénticos, según el arreglo, los cuales se encuentran agrupados para obtener el factor de potencia con variaciones de carga.

Para la corrección del factor de potencia, intervienen únicamente las demandas de P (potencia real) y Q (potencia reactiva), las cuales son suministradas hacia la carga. Después de registrar los datos, el factor de potencia se calcula de la relación que hay entre la potencia real y la reactiva. La corrección del factor

de potencia consiste en disminuir la potencia reactiva que demanda la carga, de forma que los kVA tiendan a ser iguales a los kilowatts.

2.36. Normativa para acometidas en Guatemala

A continuación, se detallan algunos de los requisitos solicitados en normativos emitidos por entes reguladores en Guatemala.

2.36.1. Normas Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (Acometidas)

Se presenta a detalle los requisitos para instalación de acometida en área de servicio de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.

2.36.1.1. Requisitos constructivos para acometidas de servicio en media tensión

Dentro de las condiciones generales se encuentran las siguientes:

Para que Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. considere que un usuario sea de media tensión, éste deberá solicitar este servicio y ser propietario del centro de transformación.

- Para la solicitud de todo servicio, el cliente deberá cumplir con el procedimiento descrito en el en la normativa vigente, especialmente en lo referente a:

- La petición de servicio de energía eléctrica debe efectuarse antes de hacer la instalación o comprar e instalar equipo eléctrico.
- Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. hace el estudio técnico económico el cual incluye:
 - Definición del punto de entrega de energía eléctrica, de común acuerdo con el solicitante.
 - Condiciones económicas del suministro, sobre el diseño de la instalación.
 - Punto de colocación del equipo de medida.
- De no ser posible la instalación del medidor de energía eléctrica en el límite de la propiedad pública y la propiedad privada, y a requerimiento del usuario, se podrá instalar en un lugar interior del inmueble, en cuyo caso el usuario debe garantizar el acceso desde la vía pública; desde el límite de ambas propiedades el usuario construirá, operará y mantendrá todas las instalaciones necesarias por cuenta propia.
- En los casos de suministro de energía eléctrica a grandes usuarios que hacen transacciones en el mercado mayorista, deberán cumplirse las disposiciones establecidas en la Norma de Coordinación Comercial No. 14, NCC-14, del Administrador del Mercado Mayorista.
- En la tabla VII se muestran las características más relevantes del suministro en media tensión para las distintas cargas.

Tabla VII. **Tipo de carga según potencia en media tensión**

CARGA	75 – 225 kVA
TIPO DE MEDICION	Caja III
UBICACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACION	Area adecuada dentro de la propiedad del interesado
PRPIEDAD DEL CENTRO DE TRANSFORMACION	Del interesado
UBICACIÓN DEL MEDIDOR	Dentro de la instalación del interesado
INGRESO AL EQUIPO DE MEDICION	Por medio de puerta con acceso desde la vía pública

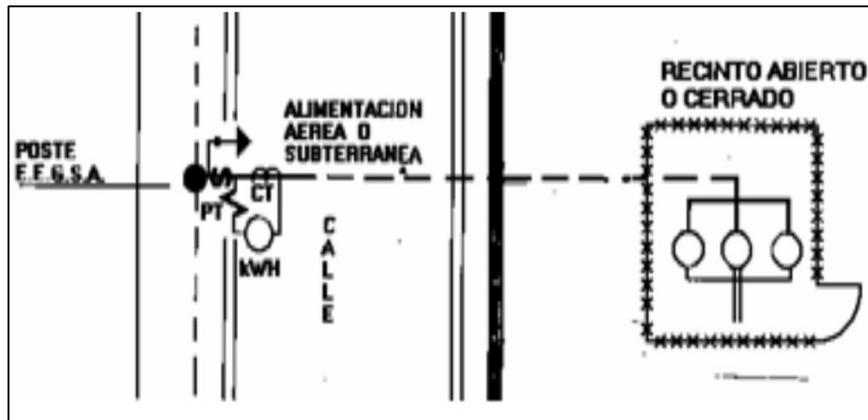
Fuente: EMPRESA ELÉCTRICA DE GUATEMALA, S.A.

Los requisitos constructivos para este tipo de suministro se presentan a continuación:

El cliente instalará dentro de su propiedad el centro de transformación, tomando en cuenta las especificaciones técnicas de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. en cuanto a las protecciones a instalar.

- El equipo de medición lo instalará Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. en un poste de su propiedad, accesible desde la vía pública para su lectura, inspección y verificación. Los casos especiales que requieran una ubicación diferente para el equipo de medición deberán consultarse previamente con Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., según figura 24:

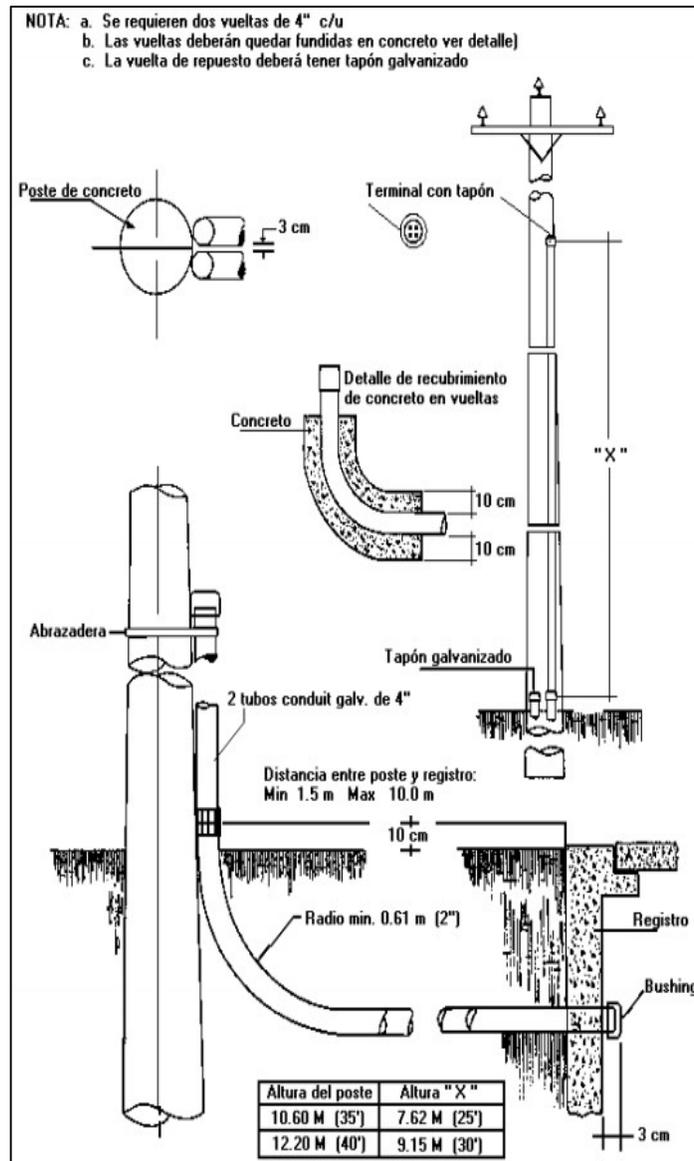
Figura 24. **Suministro en media tensión para cargas entre 225 y 1 000KVA**



Fuente: EMPRESA ELÉCTRICA DE GUATEMALA, S.A.

- De no ser posible la instalación del medidor de energía eléctrica en el límite de la propiedad pública y la propiedad privada, y a requerimiento del usuario, se podrá instalar en un lugar interior del inmueble, en cuyo caso el usuario debe garantizar el acceso desde la vía pública; desde el límite de ambas propiedades el usuario construirá, operará y mantendrá todas las instalaciones necesarias por cuenta propia.
- La alimentación en media tensión, desde el punto de entrega de energía al centro de transformación, propiedad del interesado, será subterránea en dos tubos conduit galvanizados de 4" y realizarse según normativa vigente y diseño acordado con Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. según figura 25:

Figura 25. Alimentación primaria media tensión EEGSA



Fuente: EMPRESA ELÉCTRICA DE GUATEMALA, S.A.

2.36.2. Reglamento de la Ley General de Electricidad

Se presentan las condiciones para acometidas según el Reglamento de la Ley General de Electricidad, según el Artículo 67.- Acometida: estará a cargo del distribuidor. Cuando el consumidor este ubicado fuera de la zona de autorización, el distribuidor podrá requerir que las instalaciones del consumidor se adecuen a las NTDOID que elabore la comisión¹⁰.

2.36.3. Normas Técnicas de diseño y operación de las instalaciones de Distribución (CNEE)

Se presentan a continuación algunos artículos relacionados al estudio de las instalaciones de distribución. Estos valores aplican para niveles de tensión en rangos de alto, medio y bajo voltaje.

2.36.3.1. Artículo 18. Distancias Mínimas de Seguridad

En la tabla VIII, se presentan algunos valores relacionados a distancias mínimas de seguridad para niveles de tensión mayores a mil voltios. Estas distancias se utilizan como base para diseños en media y alta tensión:

¹⁰Ley No. 68-2007. Diario oficial de Centroamérica. Reglamento de la Ley General de Electricidad, Guatemala, Guatemala, 21 de marzo de 1997.

Tabla VIII. **Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores sobre vías férreas, el suelo o agua**

Naturaleza de la superficie bajo los conductores	Conductores de comunicación aislados, retenidas aterrizadas, conductores neutros y cables eléctricos aislados (m)	Cables suministradores aislados de más de 750 V y conductores suministradores en línea abierta de 0 - 750 V (m)	Conductores suministradores en línea abierta de 750 V a 22 kV. (m)	Conductores suministradores en línea abierta arriba de 22 a 470 kV. (m)
Vías férreas	7.2	7.5	8.1	8.1 + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Carreteras, calles, caminos y otras áreas usadas para tránsito	4.7	5.0	5.6	5.6 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Aceras o caminos accesibles solo a peatones	2.9	3.8	4.4	4.4 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Aguas donde no está permitida la navegación	4.0	4.6	5.2	5.2 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
Aguas navegables incluyendo lagos, ríos, estanques, arroyos y canales con un área de superficie sin obstrucción de:				
a) Hasta 8 ha	5.3	5.6	6.2	6.2/8.7/10.5 ó 12.3 m + 0.01 m por cada kV arriba de 22 kV.
b) Mayor a 8 hasta 80 ha	7.8	8.1	8.7	
c) Mayor de 80 hasta 800 ha	9.6	9.9	10.5	
d) Arriba de 800 ha	11.4	11.7	12.3	

Nota: todas las tensiones son dadas de fase a tierra

Fuente: *Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores sobre vías férreas, el suelo o agua.* https://www.cnee.gob.gt/pdf/normas/NTD_OID_PUBLICADA.pdf. Consulta: 7 de agosto de 2021.

Tabla IX. **Distancias mínimas de seguridad verticales entre conductores y cables soportados por diferentes estructuras**

NIVEL INFERIOR	NIVEL SUPERIOR			
	Conductores neutrales que cumplen con 18.1E1, retenidas aéreas (m)	Cables y Conductores, mensajeros, retenidas de comunicación (m)	Conductores Suministradores de línea abierta De 0 a 750 V, (m)	Conductores Suministradores de línea abierta De 750 V-22 kV. (m)
Conductores neutrales que cumplen con 18.1E1, retenidas aéreas	0.60 ⁽¹⁾	0.60 ⁽¹⁾	0.60	0.60
Cables y Conductores, mensajeros, retenidas de comunicación	----	0.60 ⁽¹⁾	1.20	1.50
Conductores Suministradores de línea abierta De 0 a 750 V	----	----	0.60	0.60
Conductores Suministradores de línea abierta de 750 V-22 kV.	----	----	----	0.60

Notas:
 (1) La distancia puede ser reducida cuando ambas retenidas estén eléctricamente interconectadas
 (2) Las tensiones son de fase a tierra para circuitos efectivamente aterrizados.

Fuente: *Distancias mínimas de seguridad verticales entre conductores y cables soportados por diferentes estructuras.* https://www.cnee.gob.gt/pdf/normas/NTD_OID_PUBLICADA.pdf. Consulta: 7 de agosto de 2021.

Requisitos generales para distancias mínimas de seguridad verticales de conductores sobre vías férreas, el suelo o agua y cables soportados por diferentes estructuras.

- Líneas subterráneas: en áreas densamente pobladas o de alta circulación de vehículos donde la disposición de las líneas aéreas represente un riesgo inaceptable y donde las distancias mínimas de seguridad no puedan cumplirse, se deberán diseñar instalaciones subterráneas bajo los tres siguientes puntos de vista; seguridad de las personas, seguridad de bienes e instalaciones y continuidad del servicio. El diseño y construcción deberá basarse en normas internacionales para el efecto, tales como ANSI o la Norma Canadiense CSA C22.3 No 7-94. Adicionalmente a lo requerido en las normas arriba indicadas, se deberá cumplir con los siguientes requerimientos:
- Localización y accesibilidad: las instalaciones subterráneas deberán quedar localizadas en tal forma que no interfieran con otras instalaciones o propiedades y que se puedan localizar e identificar en forma notoria. Los cables y equipos deberán quedar adecuadamente acomodados con la provisión de espacio de trabajo suficiente y distancia adecuada, de tal manera que el personal autorizado pueda rápidamente tener acceso para mantenimiento y examinarlos o ajustarlos durante su operación.
- Planos de las Instalaciones: el propietario de las instalaciones subterráneas deberá tener en su poder planos actualizados de la instalación en los cuales indique la localización precisa en el terreno, de las instalaciones subterráneas y las características generales de las mismas, estos planos deberán proveerse a quién, con justificación, los solicite.

2.36.3.2. Artículo 33. Resistencia a tierra

El sistema de tierras deberá consistir en uno o más electrodos conectados entre sí. Este sistema deberá tener una resistencia a tierra suficientemente baja, para minimizar los riesgos a las personas, en función de la tensión de paso y de contacto.

- Sistema de un solo electrodo: la resistencia a tierra de una conexión individual a través de un electrodo deberá ser lo más cercana a cero ohmios, y en ningún caso deberá ser mayor de 25 Ohmios. Cuando la resistencia es mayor de 25 ohmios, deberán usarse dos o más electrodos hasta alcanzar este valor. El valor citado, es el máximo admisible medido en época seca.
- Sistemas multi aterrizados. El neutro de los sistemas de distribución de energía eléctrica deberá estar conectado a un electrodo de puesta a tierra en cada transformador de distribución y a un número suficiente de puntos adicionales, de tal manera que se tenga no menos de cuatro conexiones a tierra en cada 1,6 Km de línea, sin incluir las conexiones a tierra de los usuarios.
- Sistema subterráneo: para instalaciones subterráneas el valor recomendado de resistencia a tierra es de 5 ohmios. 33,4 subestaciones. El objetivo es que el máximo incremento de potencial a tierra sea menor de 5 000 voltios. La tabla X da los valores máximos permitidos de la resistencia de la red de tierras en una subestación, en función de su capacidad.

Tabla X. **Valores máximos permitidos de resistencia de red de tierras de una subestación en función de su capacidad**

CAPACIDAD DE LA SUBESTACION (MVA)	RESISTENCIA DE LA RED DE TIERRAS (Ohmios)
< 1	3
1 – 10	2
10 – 50	1
50 – 100	0.5
> 100	0.2

Fuente: NTDOID. *CNEE*. p. 46.

2.37. Tarifas Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.

A continuación, se detalla cada una de las tarifas según Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA). Cada consumidor está delimitado por la distribuidora en base a los siguientes rangos:

- Baja tensión simple social -BTSS-
- Baja tensión simple -BTS-
- Baja tensión simple autoprodutores -BTSA-
- Baja tensión simple horaria -BTSH-
- Baja tensión simple prepago -BTSP-
- Baja tensión horaria con demanda -BTHD-
- Media tensión horaria con demanda -MTHD-
- Baja tensión con demanda auto productores -BTDA-
- Media tensión con demanda autoprodutores -MTDA-
- Alumbrado público -AP-
- Alumbrado privado o publicitario nocturno -APPN-
- Vigilancia señalización o comunicaciones -VSC-

2.37.1. Baja tensión simple social -BTSS-

La tarifa BTSS es de carácter social, aplicada al suministro de energía eléctrica, dirigida a usuarios regulados conectados en baja tensión, de acuerdo con lo definido en la Ley General de Electricidad y su reglamento. Esta tarifa es subsidiada por el INDE. Su facturación está compuesta por cargo por consumidor y cargo único por energía.

Se reconocen tres rangos:

- Usuario de tarifa social a todo usuario que consuma entre 1 y 60 kWh en un periodo de facturación mensual de 30 días o consumo promedio diario de hasta 2 kWh.
- Usuario de tarifa social a todo usuario que consuma entre 61 y 88 kWh en un periodo de facturación mensual de 30 días o consumo promedio diario de hasta 2,93 kWh.
- Usuario de tarifa social a todo usuario que entre 89 y 300 kWh en un periodo de facturación mensual de 30 días o consumo promedio diario de hasta 10 kWh.

2.37.2. Baja tensión simple -BTS-

La tarifa BTS se puede aplicar a usuarios en general y para cualquier uso de la energía, el usuario que la requiera no deberá sobrepasar una potencia máxima demandada de 11 kW, se puede asignar a un servicio en baja tensión, a estos servicios pueden medir energía kWh, energía reactiva Kvarh y potencia máxima kW, si poseen un medidor que lo registre, caso contrario solamente registrará el primer rubro kWh. Por energía su factura incluirá un cargo por

consumidor más un cargo único por energía sobre el total de energía medida en un periodo de facturación.

2.37.3. Baja tensión simple horaria -BTSH-

La tarifa baja tensión simple horaria (BTSH) es para usuarios en general y cualquier uso de energía que no sobrepase una potencia máxima demanda de 11 kW, para un servicio en baja tensión, se mide la energía por banda horaria con un medidor inteligente, ideal para clientes que puedan adecuar su consumo o utilizar la energía en horarios nocturnos, está compuesta por cargo por consumidor, cargo único por energía de punta, cargo único por energía intermedia, cargo único por energía de valle, cargo único por energía de valle adicional, un beneficio adicional.

2.37.4. Baja tensión simple autoprodutores -BTSA-

Baja tensión simple autoprodutores (BTSA) es una tarifa en baja tensión aplicable a usuarios autoprodutores con excedentes de energía, la medición se realiza con medidor de energía bidireccional sin medición de potencia, está compuesta por un cargo por consumidor y un cargo único por energía.

2.37.5. Baja tensión simple prepago -BTSP-

Baja tensión simple prepago BTSP, es una tarifa en baja tensión con sistema de medición para la aplicación de compra de energía de forma anticipada, prepago, esta tarifa aplicará a usuarios que cumplan con los requisitos que establecerá la Comisión Nacional de Energía Eléctrica oportunamente está compuesta por un cargo único por energía.

2.37.6. Baja tensión horaria con demanda -BTHD-

Baja tensión horaria con demanda (BTHD), es una tarifa para usuarios de baja tensión en general y cualquier uso de energía con una potencia máxima demanda superior a 11 kW que requieran servicio en baja tensión se mide la energía por banda horaria, medición de potencia máxima demandada y medición de potencia de punta demandada tiene un sistema de medición inteligente. compuesta por: cargo por consumidor, cargo por energía de punta, cargo por energía intermedia, cargo por energía de valle, cargo por energía de valle adicional, cargo por potencia de punta, cargo por potencia contratada, ideal para clientes que puedan adecuar su consumo o utilizar la energía en horarios fuera de punta.

2.37.7. Media tensión horaria con demanda -MTHD-

Es una tarifa para usuarios de media tensión en general y cualquier uso de energía y con una potencia superior a 11 kW, se mide la energía por banda horaria, medición de potencia máxima demandada y medición de potencia de punta demandada, posee un sistema de medición inteligente, compuesta por: cargo por consumidor, cargo por energía de punta, cargo por energía intermedia, cargo por energía de valle, cargo por energía de valle adicional, cargo por potencia de punta, cargo por potencia contratada, es una tarifa ideal para clientes que puedan adecuar su consumo o utilizar la energía en horarios fuera de punta.

2.37.8. Baja tensión con demanda auto productores -BTDA-

Tarifa para usuarios autoprodutores con excedentes de energía y que requieran servicio en baja tensión con una potencia superior a 11 kW, se mide la energía con medidor bidireccional, potencia máxima demandada y potencia de

punta demandada, compuesta por: cargo por consumidor, cargo por energía, cargo por potencia de punta y cargo por potencia contratada.

2.37.9. Media tensión con demanda autoprodutores -MTDA-

Tarifa para usuarios autoprodutores con excedentes de energía, que requieran servicio en media tensión con una potencia máxima demanda superior a 11 kW, se mide la energía con medidor bidireccional, potencia máxima demandada y potencia de punta demandada, compuesta por: cargo por consumidor, cargo por energía, cargo por potencia de punta, y cargo por potencia contratada.

2.37.10. Alumbrado público -AP-

Alumbrado Público (AP), es una tarifa en baja tensión aplicable a los consumos de alumbrado público municipal y ornamentación iluminada que sean accionados con sistemas foto sensores (fotocelda) que funcione o consuma energía durante la noche, y estén conectados a la red del distribuidor sin equipo de medición, la metodología para determinar el consumo mensual de energía será establecida por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

2.37.11. Alumbrado privado o publicitario nocturno -APPN-

Tarifa en baja tensión aplicable a los consumos de alumbrado privado e instalaciones publicitarias iluminadas, que sean accionadas con sistemas foto sensores (fotocelda) que funcione o consuma energía durante la noche y estén conectados a la red del distribuidor sin equipo de medición, ejemplo: vallas publicitarias, murales, alumbrado privado, objetos publicitarios iluminados, la

metodología para determinar el consumo mensual de energía será establecida por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

2.37.12. Vigilancia señalización o comunicaciones -VSC-

Es una tarifa en baja tensión aplicable a los consumos de equipos como señalización, vigilancia y comunicaciones, con características de funcionamiento y consumo continuo u homogéneo durante el día, servicios conectados a la red del distribuidor sin equipo de medición como: semáforos, cámaras de vigilancias, equipos de telecomunicaciones o transmisión (amplificadores, repetidores, casetas telefónicas), la metodología para determinar el consumo mensual de energía será establecida por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Delimitación del campo de estudio

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Campo Marte. Ubicado en en la 32a. Calle final, 15a. avenida, zona 5. Dicho recinto, actualmente está asignado al Ministerio de Cultura y Deportes (MCD).

Dentro del Ministerio de Cultura y deportes se encuentran 4 Direcciones Generales; El Campo Marte está asignado a la Dirección General del Deporte y la Recreación; en él se llevan a cabo actividades culturales, sociales, deportivas, recreativas, entre otras. El Campo Marte está compuesto por diferentes áreas de recreación y cabe destacar que debido a que pertenece a una institución pública todos los procesos internos y administrativos se rigen bajo los mismos preceptos de una institución pública.

El Campo Marte cuenta con todos los servicios básicos para prestar una buena atención a los usuarios, esto hace necesario, como en toda instalación, realizar un mantenimiento de las instalaciones para evitar problemas e incurrir en gastos indeseados y dentro de los servicios básicos se encuentra la energía eléctrica, por lo que cuenta con una instalación para prestar dicho servicio.

El diagnóstico y rediseño dentro del Campo Marte se realiza a las instalaciones eléctricas que lo componen.

Se evalúa el estado de los conductores eléctricos, canalizaciones, cajas de registro; se identifican circuitos y elementos que componen la instalación

eléctrica, así también detalles técnicos en áreas específicas como puntos de evaluación y estudio para su diagnóstico.

3.2. Recursos humanos disponibles

La elaboración del diagnóstico y rediseño de las instalaciones eléctricas del Campo Marte fueron realizadas principalmente por el estudiante investigador y se hizo necesario el apoyo del asesor con su función complementaria de revisión y experiencia en el área.

Se apoyo con el personal administrativo y operativo, específicamente del personal a cargo del área de mantenimiento, ya que se debía tener acceso en áreas con restricción a personal autorizado, de parte del área administrativa se obtuvieron datos e información relevante para llevar a cabo el diagnóstico de las instalaciones eléctricas del Campo Marte.

3.3. Recursos materiales disponibles

Para llevar a cabo el diagnóstico de las instalaciones eléctricas del Campo Marte se hace necesario realizar mediciones y cuantificar elementos relevantes relacionados a las instalaciones eléctricas. Para llevar a cabo dicho objetivo se necesitaron los siguientes elementos:

- Amperímetro de gancho
- Agenda de campo
- Botas industriales
- Guantes de piel
- Alicates
- Desatornillador punta plana

- Desatornillador punta estrella
- Llaves torx
- Analizador de red Fluke 435-II con accesorios básicos

3.4. Formato para recolección de datos

Para cuantificar y recolectar todos los datos relacionados con las variables eléctricas que predominan en las instalaciones eléctricas se elaboraron instrumentos de obtención de datos. Estos serán útiles en el proceso de análisis y documentación, para la elaboración del diagrama unifilar.

3.4.1. Medición primaria

Para extraer los datos de la medición primaria se utilizará la tabla XI. La cual presenta los datos de los transformadores de corriente y transformadores de voltaje:

Tabla XI. **Adquisición de datos para elementos de medición primaria**

MEDICIÓN PRIMARIA		
Transformador	Relación de Transformación	Factor Multiplicador
Corriente		
Potencial		

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2010

3.4.2. Centro de transformación principal

Es importante conocer todas las características del transformador principal, para lo cual se detalla dicha información en el formato siguiente:

Figura 26. **Formato para adquisición de datos transformador de potencia**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Marca _____	Voltaje Nominal _____
Número de serie _____	Tipo de enfriamiento _____
Fecha de fabricación _____	Tensiones admisibles (kV) _____
Tipo _____	Frecuencia Industrial AT/BT _____
Norma _____	Impulso atmosférico AT/BT _____
Potencia _____	Elevación de temperatura devanados _____
Fases _____	Elevación de temperatura líquido aislante _____
Frecuencia _____	Altitud _____
Líquido aislante _____	
Impedancia _____	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 27. **Corrientes máximas de corto circuito**

CORRIENTES MÁXIMAS DE CORTO CIRCUITO (kA)	
Terminales Alta Tensión:	Duración _____
	Simétrica _____
	Asimétrica _____
Terminales de baja tensión:	Duración _____
	Simétrica _____
	Asimétrica _____

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

3.4.3. Voltajes en terminales centro de transformación

La especificación de voltajes en lado primario y lado secundario es obtenida por medio de la tabla XII:

Tabla XII. **Voltajes y corrientes en alta tensión transformador tipo subestación**

VOLTAJE Y CORRIENTE EN TERMINALES					
ALTA TENSIÓN					
POSICIÓN	1	2	3	4	5
VOLTAJE					
AMPERAJE					
TERMINALES					
CONEXIÓN TAP					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XIII. **Voltajes en baja tensión transformador tipo subestación**

BAJA TENSIÓN	
VOLTAJE	
AMPERAJE	
TERMINALES	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

3.4.4. Transformadores secos

La cuantificación y detalle de características relacionadas a los transformadores secos se elabora mediante la tabla XIV:

4. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL

4.1. Estudio de campo

Se realizaron inspecciones físicas de campo a las instalaciones eléctricas del Campo Marte, para lo cual se delimitó el campo de estudio enfocándose en las áreas relacionadas con el funcionamiento y operación del sistema eléctrico del Campo Marte; se documentaron y se registraron todos los aspectos y observaciones pertinentes a equipos y mejora de estos.

Figura 29. **Vista general Campo Marte**



Fuente: *Campo Marte*. <https://wikiguate.com.gt/campo-marte/>. Consulta: 12 de agosto de 2021.

La inspección se realizó, en forma general, iniciado por el tipo de acometida que posee el recinto, pasando por todo el cableado hasta la alimentación del transformador general. De donde se distribuyen los circuitos a distintas casetas. Estas casetas se denotan como áreas de control que distribuyen y alimentan las cargas a los distintos sectores de los cuales se

compone el Campo Marte. Cada una de estas casetas está compuesta por distintos elementos para cumplir con su función de llevar energía y disponer de servicios a todo el recinto.

Figura 30. **Ubicación del campo marte**



Fuente: Google Maps. *UBICACIÓN CAMPO MARTE*. 1:25.000. <https://mcd.gob.gt/campo-marte/>. Consulta: 12 de agosto de 2021.

Se elabora una descripción detallada de los hallazgos en cada una de las áreas.

4.1.1. Acometida

El recinto cuenta con una acometida en media tensión. Este tipo de acometida también se conoce como medición primaria, ya que se realiza en la línea de distribución.

La característica principal de este tipo de acometida es que utiliza transformadores de corriente y voltaje para transformar los valores a datos medibles por el contador eléctrico.

Figura 31. **Acometida primaria Campo Marte**



Fuente: CAMPO MARTE.

El contador eléctrico que se utiliza en la acometida primaria es clase 20 de 13 terminales. A este contador llegan las señales de voltaje y corriente transformadas por los transformadores de medición; de esta forma realiza la medición de energía consumida.

Tabla XVII. **Relación de transformación medición primaria**

MEDICIÓN PRIMARIA		
Transformador	Relación de Transformación	Factor Multiplicador
Corriente	50 : 5	10
Potencial	63.5 : 1	63.5

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

La instalación está elaborada con base en la normativa de Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA), la cual solicita que se coloquen los transformadores de medición montados sobre una montura dispuesta para anclarlos.

El contador debe instalarse bajo el centro de transformadores de medición. Así también se debe realizar la bajada del cable de alimentación por medio de un tubo de 4 pulgadas dejando una vuelta para el recorrido horizontal del cable.

La acometida cuenta con la tubería de respaldo con tapón previsto. La vuelta prevista cuenta con el radio mínimo solicitado por la norma que es de 0,61m.

Lo solicitado por la norma es lo siguiente:

- Se requieren dos vueltas de 4 pulgadas cada una
- Las vueltas deberán quedar fundidas en concreto
- La vuelta de repuesto deberá tener tapón galvanizado

Figura 32. **Medición primaria acometida Campo Marte**



Fuente: CAMPO MARTE.

4.1.2. Cable subterráneo

La acometida primaria cuenta con los aspectos solicitados por la normativa de acometidas emitida por EEGSA. Dentro de ellos se encuentra la caja de registro quedando dentro los valores exigidos por la normativa mínimo a 1,5 m del poste y máximo a 10 m.

Figura 33. **Caja de registro acometida subterránea**



Fuente: CAMPO MARTE.

Para realizar la instalación de acometida primaria se utiliza cable subterráneo URD. El calibre del cable instalado es 1/0 AWG.

Figura 34. **Cable de acometida subterránea**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 35. **Disposición de cable subterráneo**



Fuente: CAMPO MARTE.

Dentro de caja de registro cable URD cuenta con vuelta solicitada por normativa. Dicha holgura en cable se deja prevista para cualquier cambio o modificación a futuro. Dicha instalación de acometida primaria está prevista para poder realizar cualquier cambio o modificación dentro de sus instalaciones.

Figura 36. **Condición actual de caja de registro y cable URD**

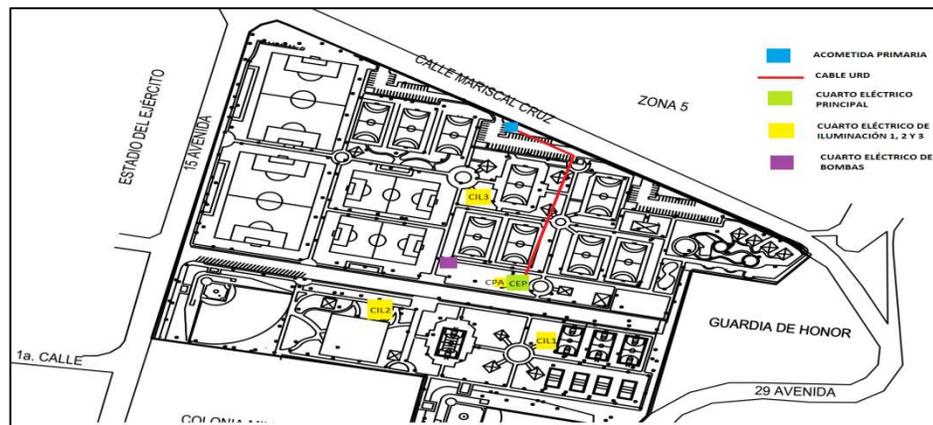


Fuente: CAMPO MARTE.

4.1.3. Identificación de cuartos eléctricos

Las instalaciones del Campo Marte se componen de la siguiente forma.

Figura 37. Distribución cuartos eléctricos

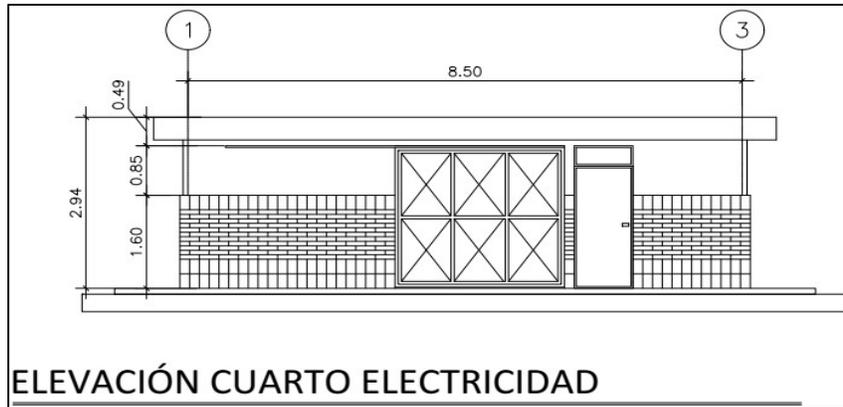


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

4.1.3.1. Cuarto eléctrico de potencia

Dentro del cuarto eléctrico de potencia se encuentra un transformador tipo subestación, que es de donde se alimenta toda la potencia y se distribuyen las cargas hacia los demás cuartos eléctricos.

Figura 38. **Elevación cuarto eléctrico de potencia**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 39. **Cuarto eléctrico de potencia**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 40. Transformador tipo subestación tanque conservador



Fuente: CAMPO MARTE.

El transformador tipo subestación cuenta con las siguientes características:

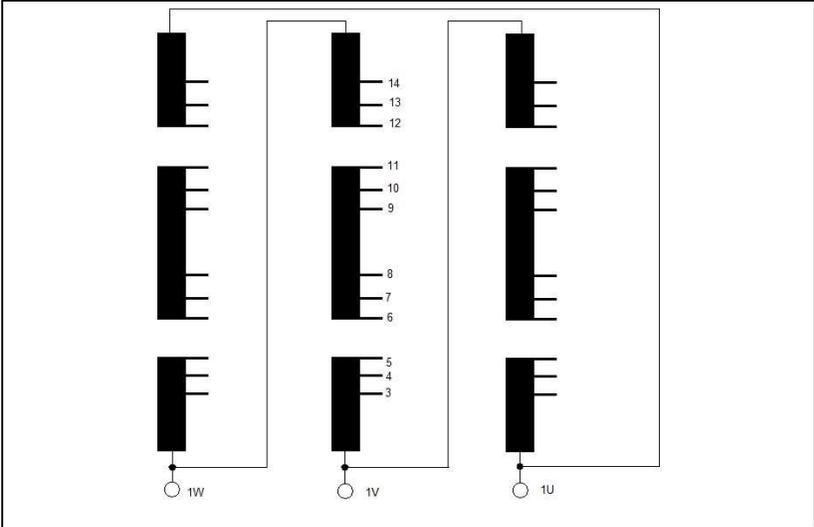
Figura 41. Características eléctricas transformador tipo subestación

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Marca	SIEMENS	Voltaje Nominal	13,200
Número de serie	557556002	Tipo de enfriamiento	ONAN
Fecha de fabricación	may-99	Tensiones admisibles (kV)	
Tipo	A	Frecuencia Industrial AT/BT	34/10
Norma	IEC 76	Impulso atmosférico AT/BT	110/--
Potencia	1,000 KVA	Elevación de temperatura devanados	55°C
Fases	3	Elevación de temperatura líquido aislante	55°C
Frecuencia	60Hz	Altitud	1,000 MSNM
Líquido aislante	OLEO B		
Impedancia	5.24%		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

El diagrama de conexión es el siguiente: lado primario.

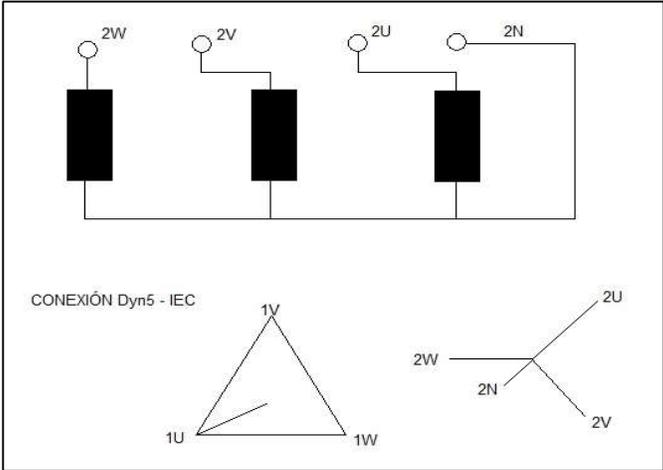
Figura 42. **Detalle conexión lado primario transformador**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

El diagrama de lado secundario se encuentra en la figura 43.

Figura 43. **Conexión lado secundario transformador**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Los voltajes primario y secundario se indican a detalle en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Valores de voltaje y corriente en lado primario de transformador tipo subestación**

VOLTAJE Y CORRIENTE EN TERMINALES					
ALTA TENSIÓN					
POSICIÓN	1	2	3	4	5
VOLTAJE	13,860	13,530	13,200	12,870	12,540
AMPERAJE	41.7	42.7	43.7	44.9	46
TERMINALES	1U 1V 1W	1U 1V 1W	1U 1V 1W	1U 1V 1W	1U 1V 1W
CONEXIÓN TAP	5-6 / 12-11	6-4 / 11-13	4-7 / 13-10	7-3 / 10-14	3-8 / 14-9

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XIX. **Valores de voltaje y corriente en lado secundario de transformador tipo subestación**

BAJA TENSIÓN	
VOLTAJE	480Y/120
AMPERAJE	1,203 A
TERMINALES	2N 2U 2V 2W

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 44. **Placa del transformador tipo subestación marca SIEMENS**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 45. **Placa de transformador tipo subestación marca SIEMENS**



Fuente: CAMPO MARTE.

4.1.3.2. Cuarto eléctrico principal de distribución

Del cuarto eléctrico de potencia se deriva un circuito principal que comanda cargas dentro del área del recinto.

Cuenta con un tablero principal que incluye las protecciones de los circuitos ramales. Además, se encuentran centros de carga que derivan a cargas de menor consumo. Así también cuadros de control con contactores que alimentan cargas de iluminación y bombas.

Toda la canalización dentro de este cuarto se realiza de forma subterránea. Cuenta con una caja de registro para el cableado subterráneo. Los gabinetes de distribución y de cargas están ensamblados por medio de barras.

El cuarto principal de potencia cuenta con módulos analógicos que miden los valores de corriente y voltaje. También se incluye un banco de capacitores con módulo digital para su control.

Figura 46. **Canalización en cuarto de distribución principal**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 47. **Centro de carga cuarto eléctrico principal**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 48. **Gabinete de flipones principales**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 49. **Centro de carga 2**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 50. **Módulo de compensación energía reactiva**



Fuente: CAMPO MARTE.

4.1.3.3. **Cuarto eléctrico bombas**

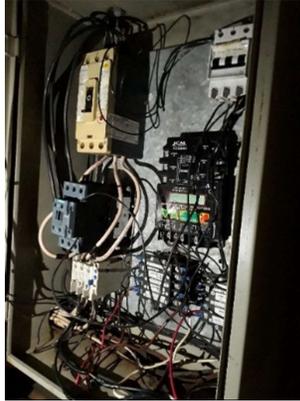
El cuarto eléctrico de bombas cuenta con dos módulos de control para arranque e inspección de los valores eléctricos que se relacionan con las bombas instaladas.

Figura 51. **Cuarto de bombas**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 52. **Módulo de control en cuarto de bombas**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 53. **Contactador en módulo de control principal**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 54. **Instalaciones de fuerza en cuarto eléctrico de bombas**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 55. **Estado de instalación de fuerza en cuarto eléctrico de bombas**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 56. **Estado físico de bombas**



Fuente: CAMPO MARTE.

4.1.3.4. **Cuarto eléctrico de iluminación 1**

Este cuarto se compone por tres gabinetes de control compuestos por elementos de protección, botonería, conexión y desconexión. Estos gabinetes controlan la iluminación de las canchas de base ball, basket ball, calzada, cancha 4 y alrededores, fútbol playa y alrededores.

Figura 57. **Gabinetes en cuarto de iluminación 1**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 58. **Elementos internos de gabinete de control en cuarto de iluminación 1**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 59. **Protecciones y contactores en cuarto eléctrico de iluminación 1**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 60. Disposición de elementos en gabinete de control cuarto eléctrico 1



Fuente: CAMPO MARTE.

Utiliza un transformador seco para alimentar cargas de menor consumo en 208V. La alimentación se realiza por medio de un conductor tríplex en la acometida principal; cuenta con circuitos de iluminación y fuerza.

Figura 61. Transformador seco en cuarto de iluminación 1



Fuente: CAMPO MARTE.

4.1.3.5. Cuarto eléctrico de iluminación 2

La distribución de este cuarto eléctrico se compone de dos gabinetes de control formados por sus respectivos elementos de control. Estos tableros controlan el área de caminamientos y cancha de *soft-ball*. También se observa que está instalado un medidor de potencia de montaje en pared que monitorea valores de corriente, voltaje y fases.

Figura 62. **Gabinete de control área 1 en cuarto de control 2**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 63. **Gabinete de control área 2 cuarto de iluminación 2**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 64. **Módulo analógico de voltaje y potencia**



Fuente: CAMPO MARTE.

Utiliza un transformador seco para alimentar las cargas de menor consumo que utilizan un voltaje de operación en estrella de 208V.

Figura 65. **Transformador seco en cuarto de iluminación 2**



Fuente: CAMPO MARTE.

4.1.3.6. Cuarto eléctrico de iluminación 3

Los elementos que componen este cuarto, controlan las áreas de caminamientos y canchas varias. Al igual que los otros cuartos eléctricos están compuestos por un flipon principal y elementos de control como contactores y botonería.

Figura 66. **Gabinete de control área 1 cuarto de iluminación 3**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 67. **Elementos de protección y contactor en cuarto eléctrico de iluminación 3**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 68. **Caja de registro en cuarto de iluminación 3**



Fuente: CAMPO MARTE.

Se encuentra también un transformador seco para alimentar las cargas trifásicas que deben de conectarse en 240 voltios.

Figura 69. **Transformador seco en cuarto de iluminación 3**



Fuente: CAMPO MARTE.

4.1.4. Caracterización de cargas

Se presentan a continuación los cuadros de caracterización de cargas en los cuales se detallan de los elementos relacionados a la distribución de cargas y elementos de protección.

Figura 70. Detalle de elementos en centro de carga área 1

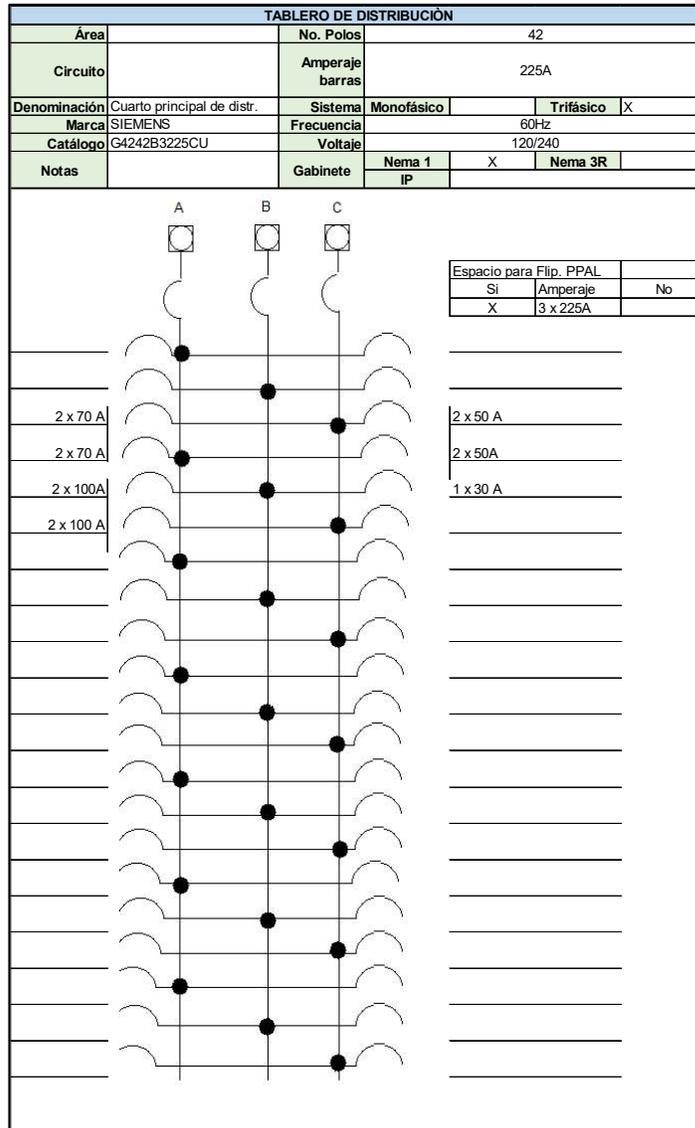
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN					
Área		No. Polos	24		
Circuito		Amperaje barras	150A		
Denominación	Cuarto principal de distr.	Sistema	Monofásico	Trifásico	X
Marca	ELECTRIX	Frecuencia	60Hz		
Catálogo		Voltaje	120/240		
Notas	Tablero con desgaste	Gabinete	Nema 1	X	Nema 3R
			IP		

	A	B	C	
2 x 50 A				1 X 20A
2x 50 A				2 x 50A
				2x 50 A
2 x 70 A				2 x 70A
2 x 70 A				2 x 70A
2 x 50 A				3 x 100 A
2 x 50 A				3 x 100 A
				3 x 100 A

Espacio para Flip. PPAL		
Si	Amperaje	No
		X

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 71. **Detalle de elementos en centro de carga área 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XX. **Detalle de elementos en gabinete de control en cuarto iluminación 1**

GABINETE DE CONTROL														
Gabinete			Flipón Principal				Flipón Ramal				Contactor			Otros
No.	Circuito	Denominación	Polos	Amperaje	Cantidad	Voltaje	Polos	Amperaje	Cantidad	Voltaje	Voltaje	Corriente	Cantidad	
1	Cuarto de Iluminación 1	Área 1	3	400	1	480	3	60	2	240	480	63	4	2 Timer analógicos
2	Cuarto de Iluminación 1	Área 1	3	200	1	480	2	10	3	240	120	32	4	
3	Cuarto de Iluminación 1	Área 1	3	150	1	480	2	15	7	240	480	63	7	
4	Cuarto de Iluminación 1	Área 1	2	100	1	240	2	30	3	240	480	32	3	
5	Cuarto de Iluminación 1	Área 1					2	40	3	240	120	25	1	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XXI. **Detalle de elementos en gabinete de control en cuarto de iluminación 2**

GABINETE DE CONTROL														
Gabinete			Flipón Principal				Flipón Ramal				Contactor			Otros
No.	Circuito	Denominación	Polos	Amperaje	Cantidad	Voltaje	Polos	Amperaje	Cantidad	Voltaje	Voltaje	Corriente	Cantidad	
1	Cuarto de Iluminación 2	Área 2	3	150	1	480	3	70	1	240	480	32	6	Relé de sobrecarga
2	Cuarto de Iluminación 2	Área 2	3	150	1	480	3	30	6	240	480	63	3	
3	Cuarto de Iluminación 2	Área 2					3	40	3	240	120	25	120	
4	Cuarto de Iluminación 2	Área 2					2	6	1	240				
5	Cuarto de Iluminación 2	Área 2					3	10	1	240				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Tabla XXII. **Detalle de elementos en gabinete de control en cuarto de iluminación 3**

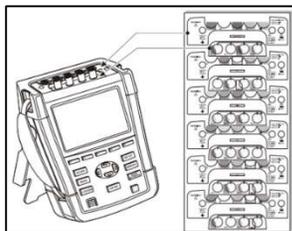
GABINETE DE CONTROL														
Gabinete			Flipón Principal				Flipón Ramal				Contactor			Otros
No.	Circuito	Denominación	Polos	Amperaje	Cantidad	Voltaje	Polos	Amperaje	Cantidad	Voltaje	Voltaje	Corriente	Cantidad	Amperaje
1	Cuarto Iluminación 3	Área 3	3	150	1	480	2	40	11	240	480	63	3	
2	Cuarto Iluminación 3	Área 3	3	250	1	480	3	60	6	240	480	32	7	
3	Cuarto Iluminación 3	Área 3	3	150	1	480					120	25	2	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

4.1.5. Mediciones con analizador de red marca *Fluke* modelo 435 II

El proceso de medición con analizador de red se realizó de la siguiente forma:

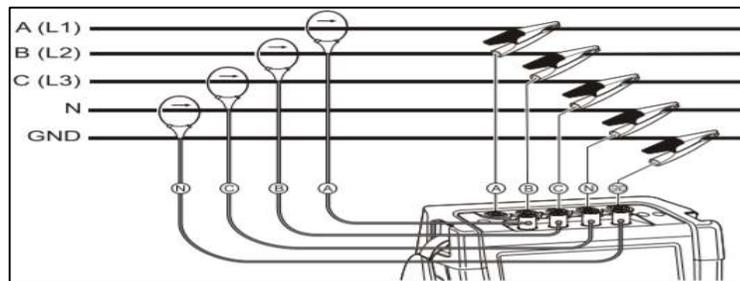
Figura 72. **Conexión de entradas analizador de red Fluke modelo 435 II**



Fuente: *Conexión de entradas analizador de red fluke modelo 435 II*. <<https://docs.rs-online.com/2119/0900766b815db111.pdf>>. Consulta: 25 de agosto de 2021.

Forma de conexión con elementos complementarios.

Figura 73. **Conexión de analizador a un sistema de distribución de 3 fases**

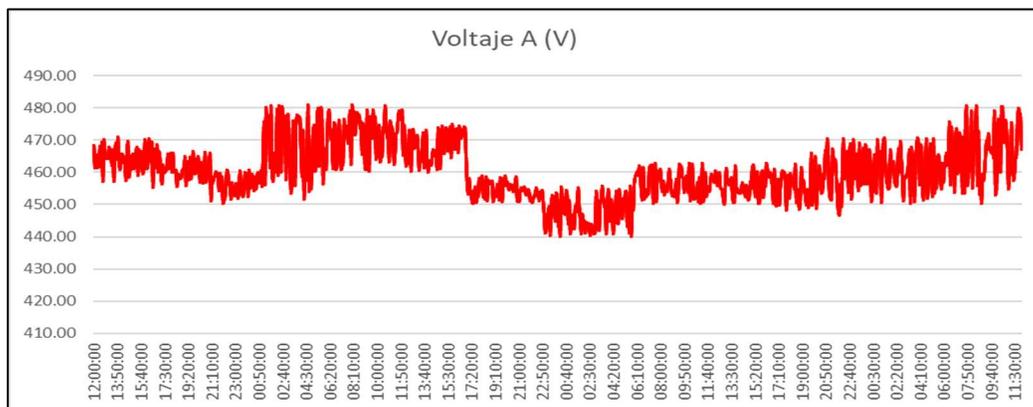


Fuente: *Conexión de analizador a un sistema de distribución de 3 fases*. <https://docs.rs-online.com/2119/0900766b815db111.pdf>. Consulta: 25 de agosto de 2021.

4.1.5.1. Voltajes

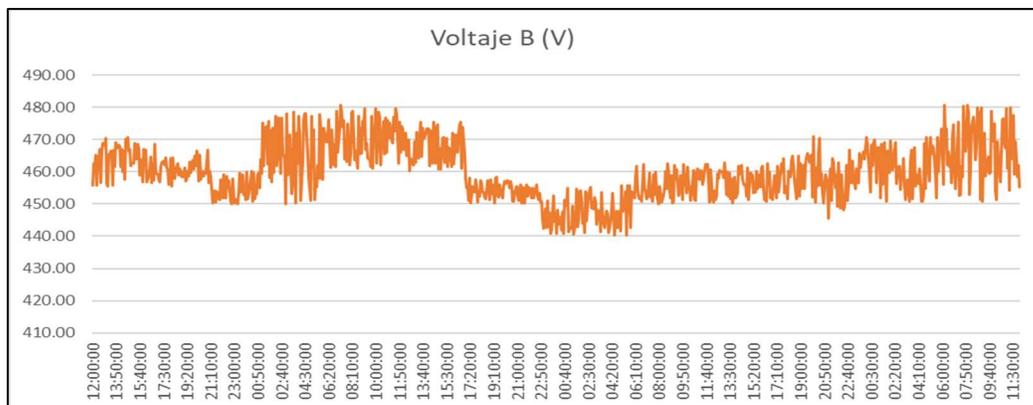
Dentro de las mediciones de voltaje se observa una variación descendente en los horarios de mayor consumo. Estos valores se observan durante los horarios nocturnos.

Figura 76. Gráfica medición de voltajes en fase A



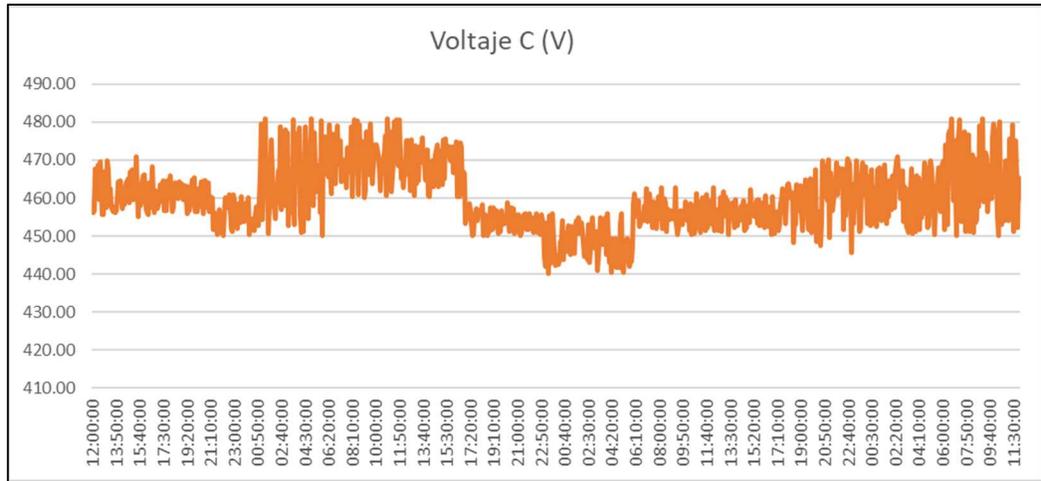
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 77. Gráfica medición de voltaje en fase B



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 78. Gráfica medición de voltaje en fase C

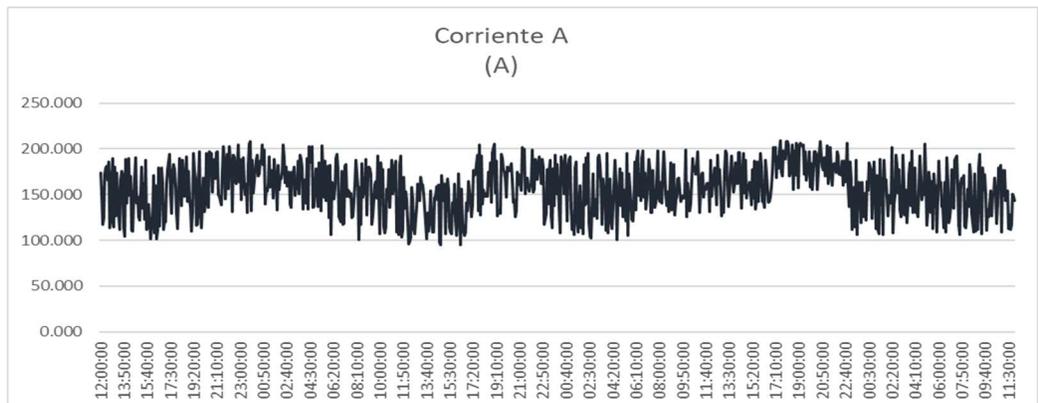


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

4.1.5.2. Corrientes

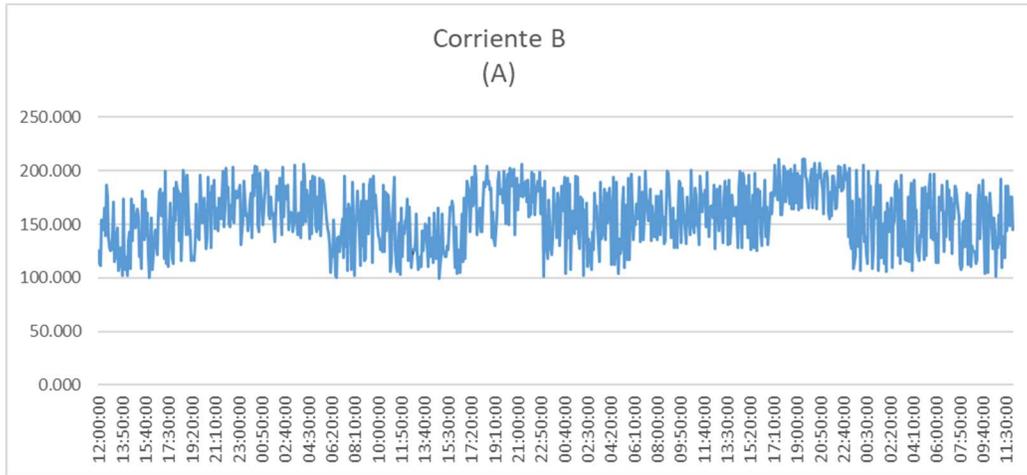
Los valores más altos de consumo de corriente se dan durante los periodos de 17:00 hrs a 23:00 hrs.

Figura 79. Gráfica medición de corriente en fase A



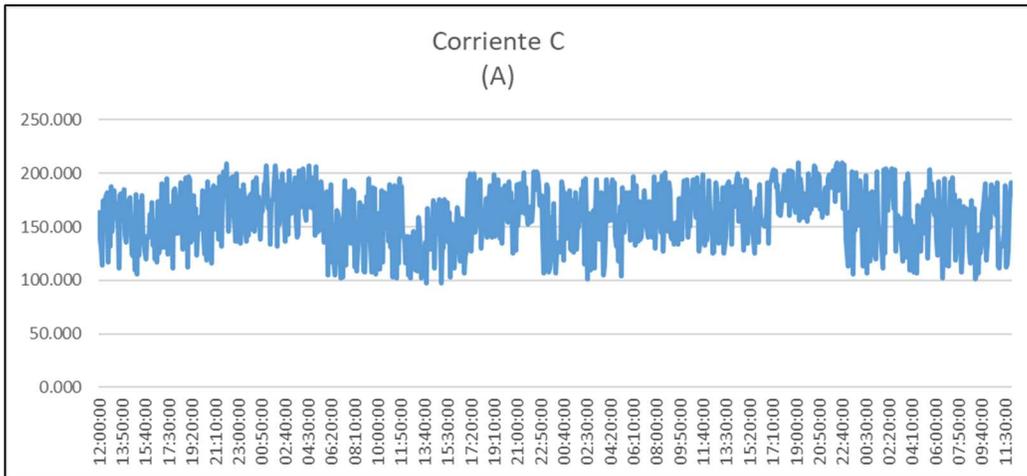
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 80. **Gráfica medición de corriente en fase B**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Exce 2010.

Figura 81. **Gráfica medición de corriente en fase C**

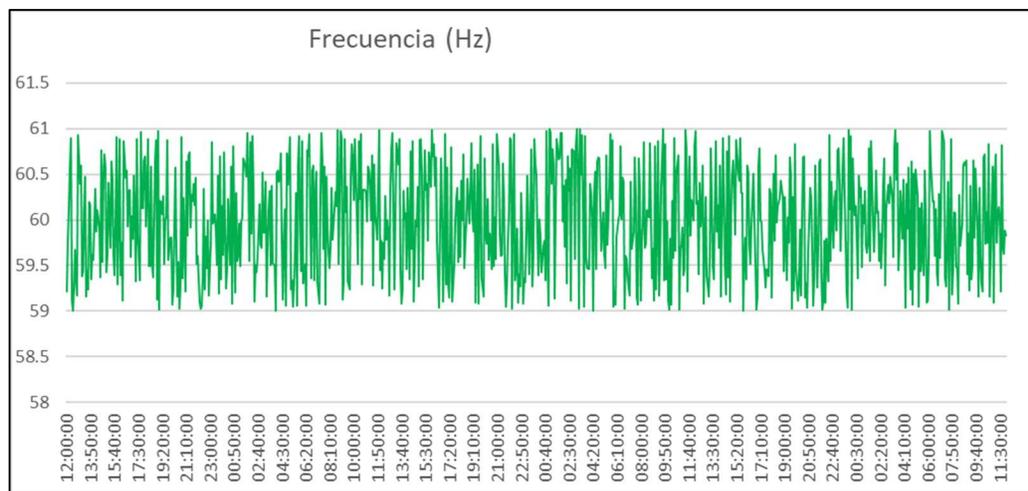


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

4.1.5.3. Frecuencia

El valor de frecuencia se mantiene en un mínimo de 59 Hz y un valor máximo de 61Hz.

Figura 82. Gráfica valores de frecuencia medidos

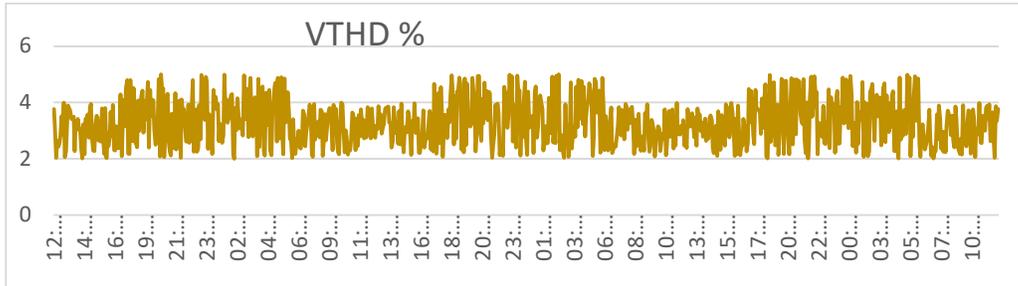


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

4.1.5.4. Distorsión armónica THDV

Los valores de distorsión armónica en sistemas trifásicos de cuatro hilos se encuentran comúnmente entre 3 % y 5 %. Como se observa en la gráfica este valor (THDV) se mantiene durante el intervalo dentro de estos valores.

Figura 83. **Gráfica valores de distorsión armónica medidos**



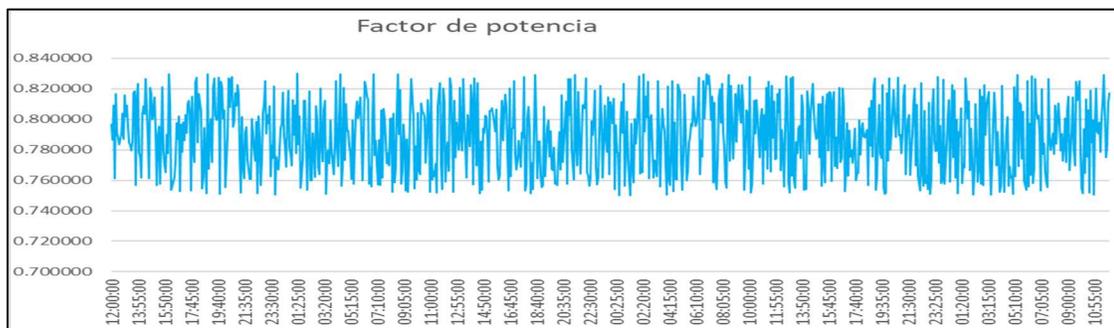
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

4.1.5.5. **Factor de potencia**

El factor de potencia se mantiene en valores bajos. En un rango de 0,74 a 0,83. Los valores más bajos oscilan entre 0,73 y 0,75.

Así también se compensa la potencia reactiva en horarios de mayor consumo hasta valores de 0,83.

Figura 84. **Gráfica valores de factor de potencia medidos**

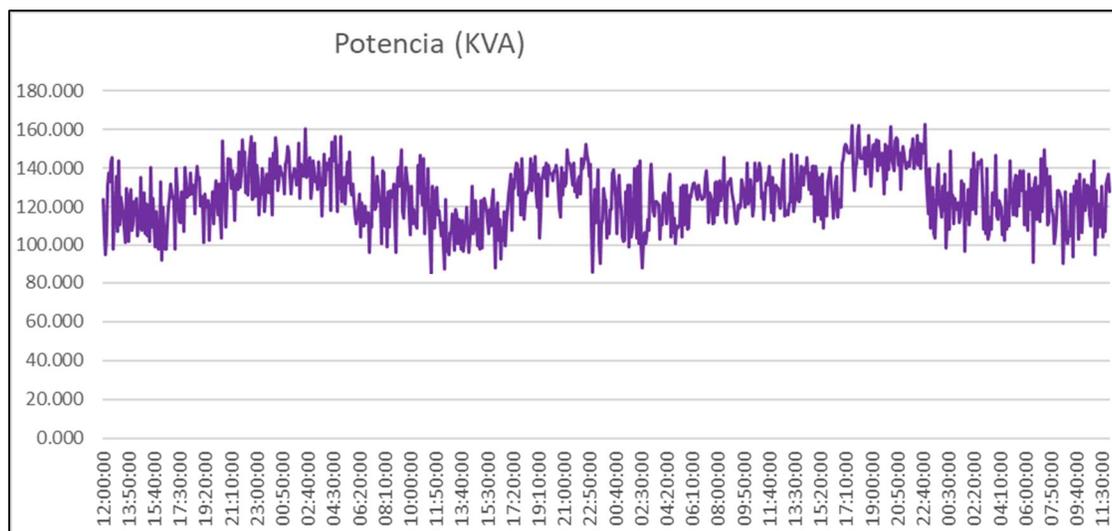


Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

4.1.5.6. Potencia

Dentro de los valores obtenidos de potencia se observa que los puntos más altos de consumo se ubican en el horario de 17:00 hrs a 23:00 hrs. Esto es debido a que en ese lapso se utiliza la iluminación para utilizar las canchas, además de las luminarias ubicadas en caminamientos.

Figura 85. Gráfica para valores de potencia (KVA) obtenidos



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

4.1.6. Regulador de energía reactiva

En el cuarto de distribución principal se encuentra un regulador de energía reactiva CRA-L7D CICAR.

Existen varias ventajas de instalar un banco de condensadores:

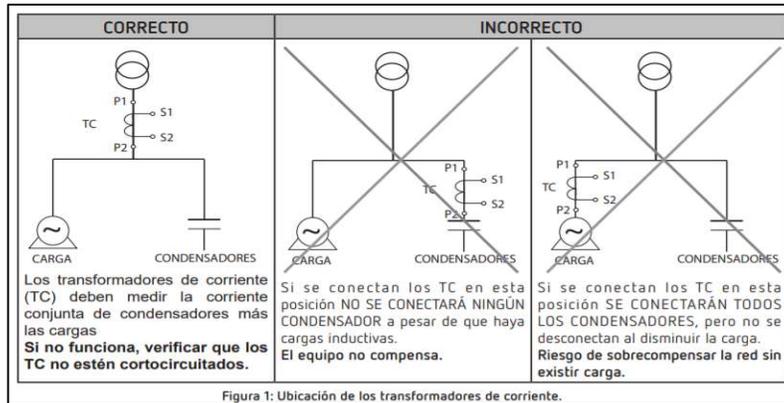
- Cuentan con una vida útil muy larga gracias a sus materiales de fabricación resistentes.
- Mantenimiento sencillo y de bajo costo
- Son fabricados con altas medidas de seguridad evitando el peligro en caso de una falla en la red eléctrica o de algún accidente.
- Elimina la penalización por energía reactiva, reduciendo el valor total de la factura mensual de energía.
- Reduce las caídas de tensión.
- Disminuye las pérdidas de la red eléctrica por calentamientos en sus componentes.
- Aumenta la vida útil de sus equipos y maquinarias.

Figura 86. **Regulador de energía reactiva CRA-L7D**



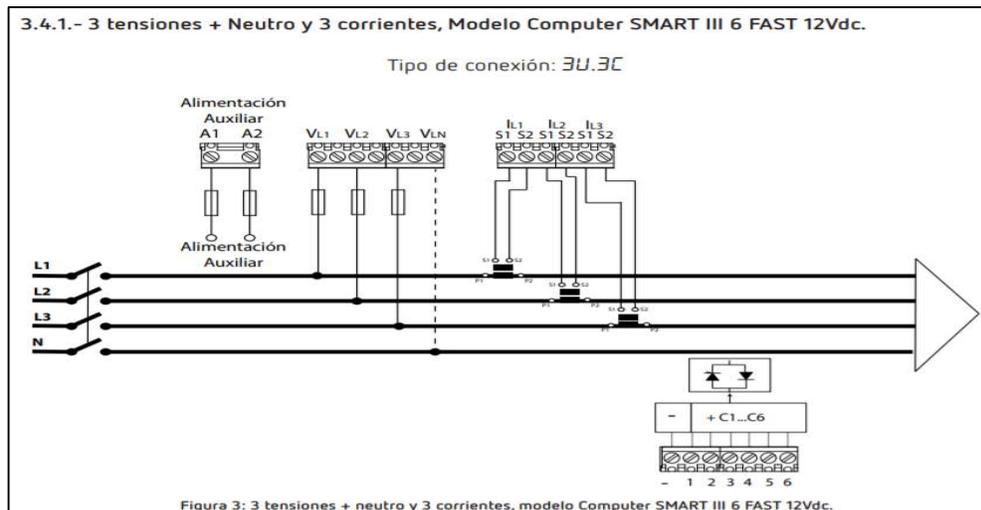
Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 87. Diagrama de instalación CRA-L7D



Fuente: *Diagrama de instalación CRA-L7D*. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/5469/PFC_Jesus_Serrano_Alonso.pdf. Consulta: 25 de agosto de 2021.

Figura 88. Conexión CRA-L7D



Fuente: *Conexión CRA-L7D*. <http://docs.circuitor.com/docs/M100B01-01.pdf>. Consulta: 25 de agosto de 2021.

4.2. Inspección sistemas de puesta a tierra

Según el capítulo IV artículo 29 sección 29.1A la puesta a tierra de un sistema trifásico conexión estrella de 4 hilos, o de un sistema monofásico de 3 hilos, deberá hacerse al conductor neutro. En otros sistemas de una, dos o tres fases, asociados con circuitos de alumbrado, la puesta a tierra deberá hacerse al conductor común asociado con los circuitos de alumbrado. La puesta a tierra deberá hacerse en la fuente de alimentación y en el lado de la carga de todo equipo de servicio.

Por lo que se realizó una revisión para verificar la existencia de varillas de cobre.

4.2.1. Verificación existencia varilla de puesta a tierra

Se presentan a algunos de los cuartos eléctricos, donde se observa la ausencia de una varilla de puesta a tierra.

4.2.2. Aterrizaje efectivo en cuartos eléctricos

Un sistema de puesta a tierra efectivo se compone por lo menos de una varilla instalada sólidamente por medio de un conector e instalada adecuadamente dentro del terreno.

Únicamente se observó un sistema de puesta a tierra efectivo en el área del transformador principal de potencia. En el cual se observó una configuración en delta.

Figura 89. **Varilla de cobre cuarto de potencia**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 90. **Varilla de cobre cuarto de potencia**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 91. **Varilla de cobre cuarto de potencia**



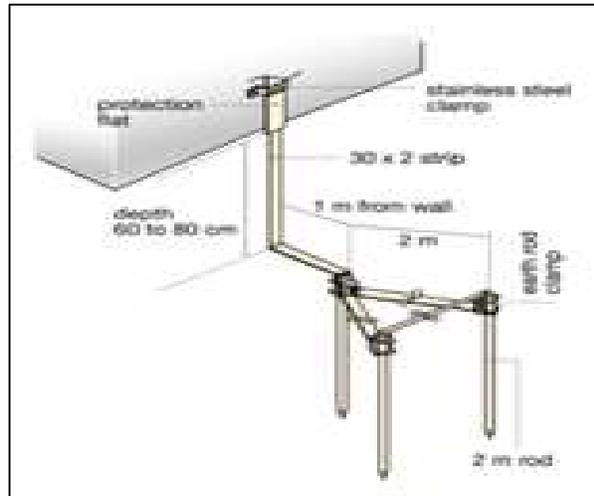
Fuente: CAMPO MARTE.

En todos los demás cuartos eléctricos no se observó el sistema de puesta a tierra o por lo menos una varilla de cobre.

4.2.3. Configuraciones utilizadas actualmente

Para el cuarto eléctrico principal se observó un sistema de puesta a tierra en delta.

Figura 92. **Configuración delta sistema de puesta a tierra**



Fuente: ABB. *hélita Lightning protection systems*. p. 39.

Para todos los demás cuartos eléctricos no se observó varillas de puesta a tierra.

4.3. Diagrama unifilar

Se elabora un diagrama unifilar de las instalaciones eléctricas por medio de la clasificación de circuitos y distribución de cargas en tableros y gabinetes. Según la distribución de curatos eléctricos.

Cabe mencionar que no se cuenta con un diagrama unifilar de las instalaciones eléctricas.

4.3.1. Identificación de circuitos principales y ramales

Los circuitos principales y ramales se delimitaron por medio de los gabinetes y tableros de distribución, así como la distribución física de circuitos a través de flipones principales y ramales.

Para esto se identificó cada una de las áreas distribuidas a los largos del recinto en cada uno de los cuartos eléctricos.

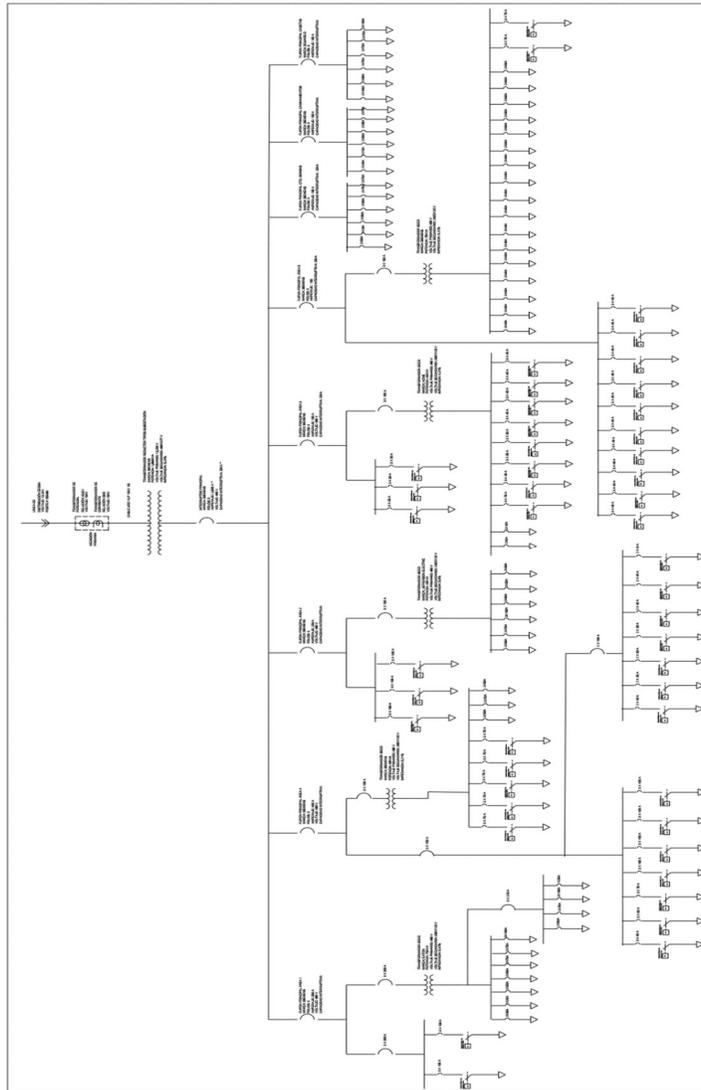
4.3.2. Distribución de cuartos eléctricos

Para la distribución de cuartos eléctricos se denominó cada uno según su función. Se delimitaron según figura 37.

4.3.3. Diagrama unifilar instalaciones eléctricas Campo Marte

En la figura 93 se realiza una descripción del diagrama unifilar de instalaciones eléctricas del Campo Marte.

Figura 93. Diagrama unifilar instalaciones eléctricas Campo Marte



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

5. CONDICIONES ACTUALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

5.1. Inspección visual de equipos eléctricos

Dentro de la inspección y análisis de equipos se notó que la acometida primaria cumple con las normativas de la Empresa Eléctrica de Guatemala. Sin embargo, se observó que una parte del tubo EMT de baja de cable primario está sujetado con alambre de amarre. Esto podría provocar inconvenientes en un futuro ya que debe de ser sujetado con fleje o cinta plana galvanizada. También se observan algunas partes de unión que presentan óxido.

El transformador principal de potencia tipo subestación se encuentra en condiciones físicas aceptables. Cuenta con un sistema de puesta a tierra en delta con tres varillas separadas a una distancia de 3 metros. Los aisladores de porcelana del lado primario están libres de polvo, lo que conserva las distancias de fuga y de arco. Esto se debe a que el cuarto eléctrico de potencia está completamente cerrado.

Figura 94. **Estado crítico en cuadro interruptores y plafoneros**



Fuente: CAMPO MARTE.

Los voltajes de salida del transformador que llegan a las barras de los gabinetes están dentro de los valores aceptables. Presentan caídas de voltaje únicamente durante las horas de consumo pico, lo cual es aceptable.

Los cuartos eléctricos requieren de limpieza, ya que presentan polvo y suciedad. Esto provoca que se disminuya la conductividad de las terminales y barras.

Los cuartos eléctricos no cuentan con elementos de conexión adecuados, como lo son tomacorrientes e iluminación. Ya que en muchos casos los interruptores están dañados o simplemente los focos no están presentes.

Figura 95. **Ausencia de plafonero y bombillo**



Fuente: CAMPO MARTE.

En el área de canalización no se utiliza ningún tipo de protección en terminaciones. Solo en algunas de las cajas de registro se observó espuma de poliuretano. Se aconseja que se utilice este tipo de bloqueo ya que puede evitar inconvenientes con roedores que puedan dañar el aislamiento del cable y provocar un cortocircuito. Así también de cualquier conato de inundación.

5.2. Estado de transformadores secos

Los valores de voltaje de salida en transformadores secos se encuentran dentro de los rangos aceptables. A excepción de los transformadores que tienen voltaje de salida en 208 voltios.

Según las mediciones presentan valores bajos en condiciones de baja carga durante el día.

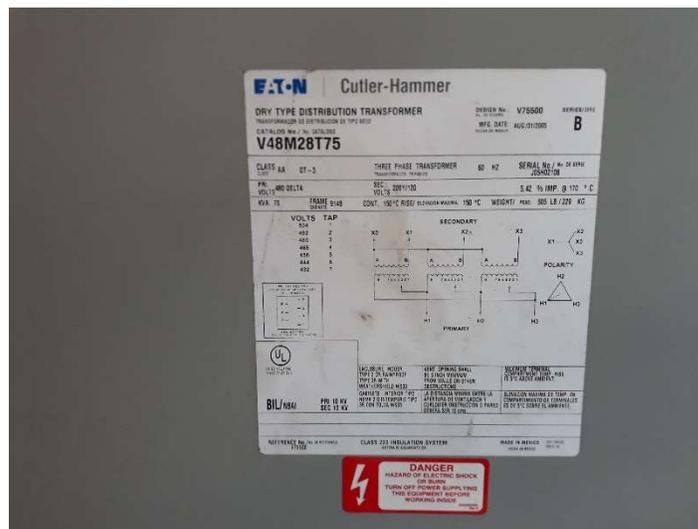
Cabe mencionar que en el cuarto eléctrico de iluminación 1 el transformador seco presentó un cortocircuito. Por lo que una de las fases está dañada y únicamente está funcionando de forma bifásica, alimentando cargas puntuales.

Tabla XXIII. Transformadores secos en cuartos eléctricos

TRANSFORMADORES SECOS									
No.	CUARTO ELÉCTRICO	POTENCIA	MARCA	CATÁLOGO	VOLTAJE PRIMARIO	VOLTAJE SECUNDARIO	IMPEDANCIA	C/TAPS	SISTEMA
1	Principal	75KVA	EATON	V48M28T75	480 V - Delta	208/120 V - Estrella	5.42%	Si	Trifásico
2	Principal	45KVA	Jefferson Electric	423-3217-055	480 V - Delta	240/120 V - Delta	5.60%	Si	Trifásico
3	Iluminación 1	45KVA	SIEMENS	3F3Y045	480 V - Delta	208/120 V - Estrella	5.21%	Si	Trifásico
4	Iluminación 1	2KVA	SIEMENS	1D1N002C	240/480 V	120/240V		No	Monofásico
4	Iluminación 2	45KVA	ACME Transformer	T-3-53313-3S	480 V - Delta	208/120 V - Estrella	4.31%	Si	Trifásico
5	Iluminación 3	75KVA	SIEMENS	3F1Y075	480 V - Delta	240/120 - Delta	5.22%	Si	Trifásico
6	Iluminación 3	0.5KVA	SIEMENS	1D1N505C	240/480 V	120/240 V		No	Monofásico

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

Figura 96. Transformador seco EATON 75KVA



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 97. **Transformador seco Jefferson Electric**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 98. **Transformador seco SIEMENS 45KVA**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 99. **Transformador seco SIEMENS 2KVA**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 100. **Transformador seco ACME Electric**



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 101. Transformador seco SIEMENS 75KVA



Fuente: CAMPO MARTE.

Figura 102. Transformador seco SIEMENS 0.5KVA



Fuente: CAMPO MARTE.

5.3. Voltaje de salida en transformadores secos

Se realizaron mediciones en las barras de los tableros, presentando los siguientes valores:

Tabla XXIV. Voltaje medido en transformadores secos

MEDICIONES TRANSFORMADORES SECOS				
No.	CUARTO ELÉCTRICO	VOLTAJE DE SALIDA (INSTANTÁNEO)		CATÁLOGO
		VOLTAJE TEÓRICO	VOLTAJE REAL	
1	Principal	208 V F-F / 120 V F-N	200 V F-F / 107 V F-N	V48M28T75
2	Principal	240 V F-F / 120 V F-N	220 V F-F / 110 V F-N	423-3217-055
3	Iluminación 1	208 V F-F / 120 V F-N	203 V F-F / 102 V F-N	3F3Y045
4	Iluminación 2	208 V F-F / 120 V F-N	198 V F-F / 100 V F-N	T-3-53313-3S
5	Iluminación 3	240 V F-F / 120 V F-N	226 V F-F / 112 V F-N	3F1Y075

Fuente: CAMPO MARTE.

5.4. Enclavamiento de contactores

Contactores conforman los gabinetes de control y estos tienen la función de poner en marcha muchas de las áreas iluminadas del Campo Marte, algunos son controlados por medio de timer y otros operados manualmente.

Esta parte del circuito eléctrico es la que presenta mayor daño ya que varios de los contactores no operan a cabalidad, sus contactos se han gastado con el uso y el tiempo, por lo que se ha tomado la postura de enclavarlos manualmente, contribuyendo esto a que sufran mayor daño.

Al ser operados los contactores de forma inadecuada sufren un daño los elementos que los componen. Repercutiendo esto en prestar los servicios básicos como lo es la iluminación.

Este problema también se da en los gabinetes independientes de control de bombas, ya que en el área de cisterna y bomba actualmente se tiene conectado el arranque de forma directa sin contactor. El módulo de control de voltaje de este gabinete independiente también dejó de funcionar.

5.5. Funcionamiento de botonería

Dentro de los puntos más críticos de las instalaciones eléctricas se encuentra el cuadro de mando y control ya que la mayoría de la botonería de los gabinetes no funciona. En algunos presenta problema el mecanismo del pulsador o los contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados están dañados.

También se observa daño en el aislamiento de los conductores de control, esto debido a desgaste por mordedura de roedores o golpes por apertura de puertas o trabajos en los tableros. Aunque los cables están dentro de los gabinetes, al no funcionar más los pulsadores y selectores se debe de abrir la puerta y esto deja libre el paso a bichos y roedores. También contribuye a esto que el recinto está completamente a la intemperie y en una zona de campo abierto con amplia vegetación y en ella se encuentra variedad de fauna.

5.6. Hurto de cable

Al ser un espacio abierto y de orden público, se ha dado el inconveniente de robo de cable. Por lo que se ha optado en colocar luminaria con energía independiente, del tipo solar.

5.7. Tendido de cables secundarios

Se encontró que para hacer la distribución aérea de circuitos se utilizan los soportes ubicados en el área, es decir casetas, árboles, techos, lozas entre otros.

Figura 103. **Instalación cable aéreo secundario**



Fuente: CAMPO MARTE.

Esto es perjudicial para la instalación ya que puede generar problemas técnicos en aislamiento por esfuerzo de corte y flexión superiores a los soportados por la especificación del cable. Por lo que se sugiere utilizar soportes adecuados como bases metálicas o poste de madera.

Así también se sugiere utilizar canalización para realizar dicha distribución de cableado en áreas paralelas a estructuras o paredes.

Figura 104. **Instalación cable secundario sin canalización**



Fuente: CAMPO MARTE.

5.8. Cajas de registro

Se identificó que las cajas de registro no están identificadas adecuadamente, ya que las mismas deben de estar pintadas con un color referente a señalización. Comúnmente se identifican cajas de registro de ducto y cable eléctrico de color rojo.

Figura 105. **Detalle cajas de registro**



Fuente: CAMPO MARTE.

Esto puede generar inconvenientes al momento de realizar una modificación dentro de las instalaciones ya que cualquier persona que esté realizando un trabajo cerca de las cajas de registro eléctricas puede sufrir un choque eléctrico.

Figura 106. **Estado interno para caja de registro área cuarto eléctrico principal**



Fuente: CAMPO MARTE.

También se encontró que la caja de registro para acometida principal cumple con la normativa de acometida solicitada por Empresa Eléctrica de Guatemala.

Figura 107. **Estado interno caja de registro acometida principal**

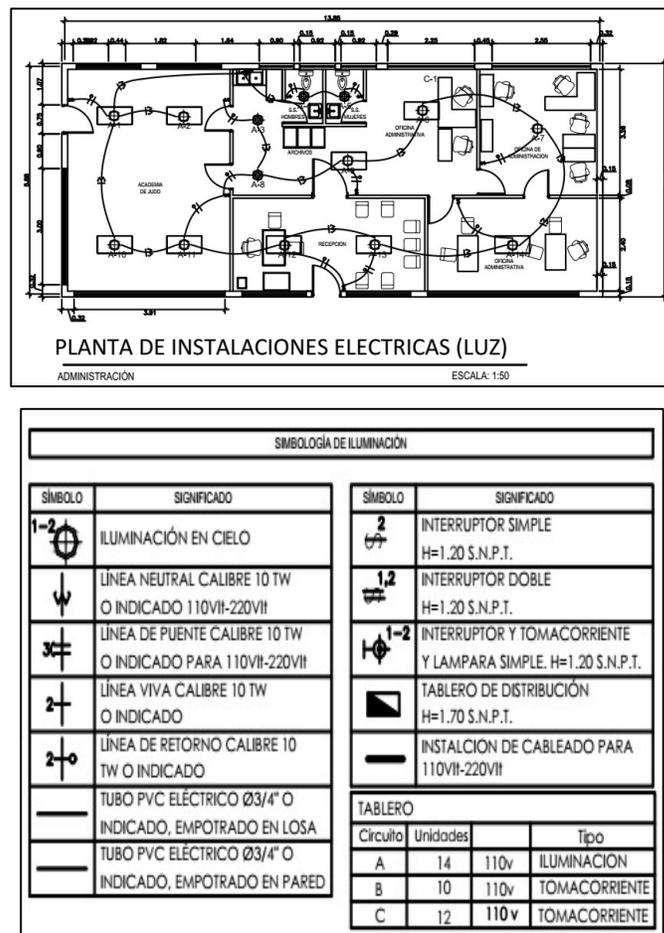


Fuente: CAMPO MARTE.

5.9. Circuitos de fuerza e iluminación áreas administrativas y uso general

En la figura 108 se muestran los planos de fuerza e iluminación para áreas generales. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

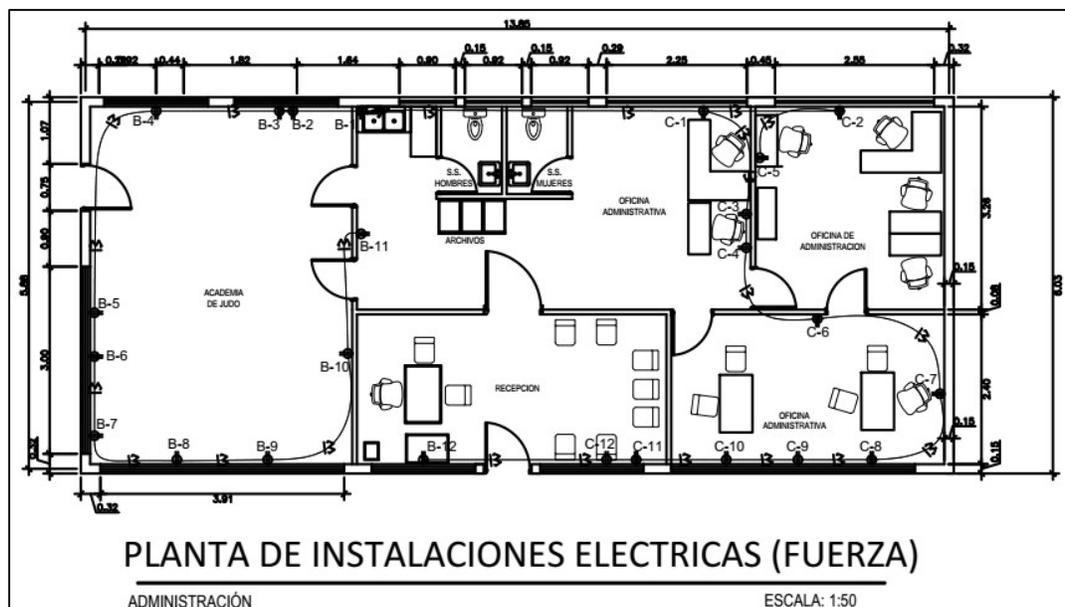
Figura 108. **Plano de iluminación y simbología módulo de administración**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

En la figura 109 se muestra el plano de fuerza y simbología módulo de administración. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 109. **Plano de fuerza y simbología módulo de administración**



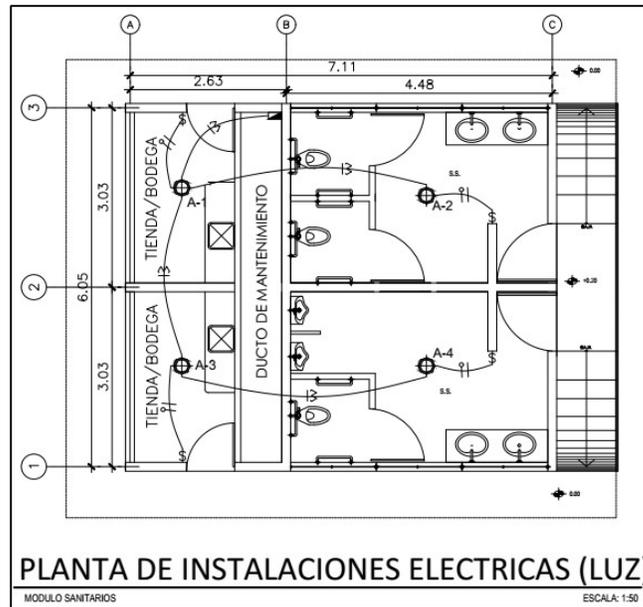
SIMBOLOGÍA DE FUERZA																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">SÍMBOLO</th> <th>SIGNIFICADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 TW O INDICADO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">—</td> <td>TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">—</td> <td>TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO</td> </tr> </tbody> </table>	SÍMBOLO	SIGNIFICADO	⏏	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO	⏏	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO	⏏	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 TW O INDICADO	—	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED	—	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">SÍMBOLO</th> <th>SIGNIFICADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">⏏¹</td> <td>TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏¹</td> <td>TOMACORRIENTE SALIDA PARA DUCHA 120 V. H=2.00 S.N.P.T.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏⁴</td> <td>TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">→</td> <td>POLARIZACIÓN A TIERRA</td> </tr> </tbody> </table>	SÍMBOLO	SIGNIFICADO	⏏ ¹	TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.	⏏ ¹	TOMACORRIENTE SALIDA PARA DUCHA 120 V. H=2.00 S.N.P.T.	⏏ ⁴	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.	⏏	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.	⏏	CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.	→	POLARIZACIÓN A TIERRA
SÍMBOLO	SIGNIFICADO																										
⏏	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO																										
⏏	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO																										
⏏	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 TW O INDICADO																										
—	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED																										
—	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO																										
SÍMBOLO	SIGNIFICADO																										
⏏ ¹	TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.																										
⏏ ¹	TOMACORRIENTE SALIDA PARA DUCHA 120 V. H=2.00 S.N.P.T.																										
⏏ ⁴	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.																										
⏏	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.																										
⏏	CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.																										
→	POLARIZACIÓN A TIERRA																										

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

5.9.1. Planta instalaciones eléctricas módulo sanitarios

En la figura 110 de muestran los planos de iluminación y simbología módulo de sanitarios. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 110. Plano de iluminación y simbología módulo de sanitarios

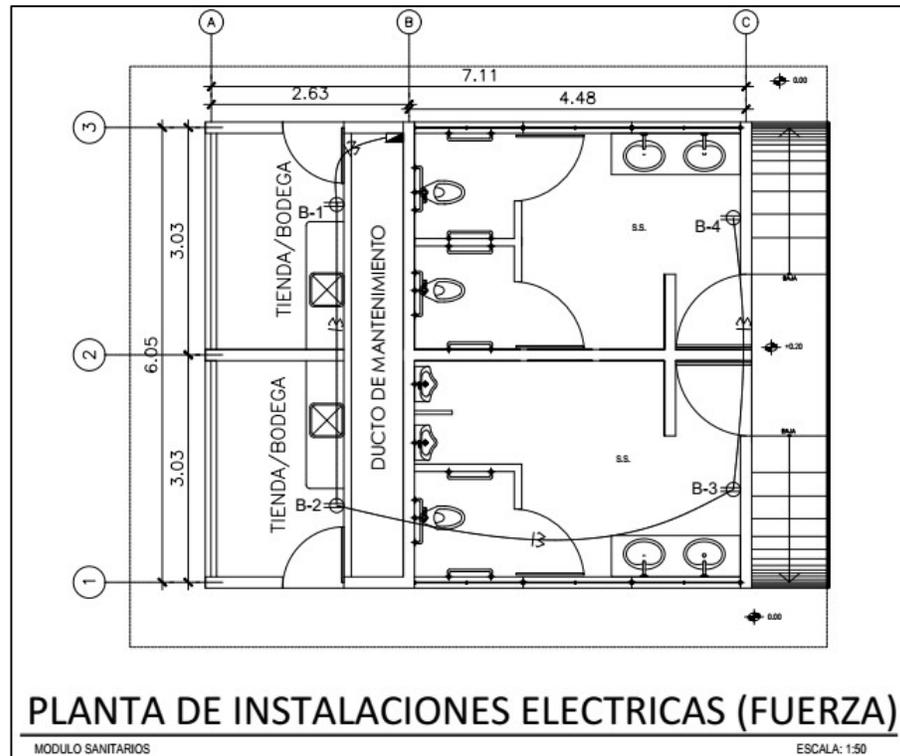


SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN		
	ILUMINACIÓN EN CIELO	
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO PARA 110VII-220VII	
	LÍNEA DE PUENTE CALIBRE 10 TW O INDICADO PARA 110VII-220VII	
	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO	
	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 10 TW O INDICADO	
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO, EMPOTRADO EN LOSA	
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO, EMPOTRADO EN PARED	
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.	
	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.	
	INTERRUPTOR Y TOMACORRIENTE Y LAMPARA SIMPLE. H=1.20 S.N.P.T.	
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.	
	INSTALACION DE CABLEADO PARA 110VII-220VII	
TABLERO		
Circuito	Unidades	Tipo
A	4	110v ILUMINACION
B	4	110v TOMACORRIENTE

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

En la figura 111 se observan los planos de fuerza y simbología módulo de sanitarios. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 111. **Plano de fuerza y simbología módulo de sanitarios**



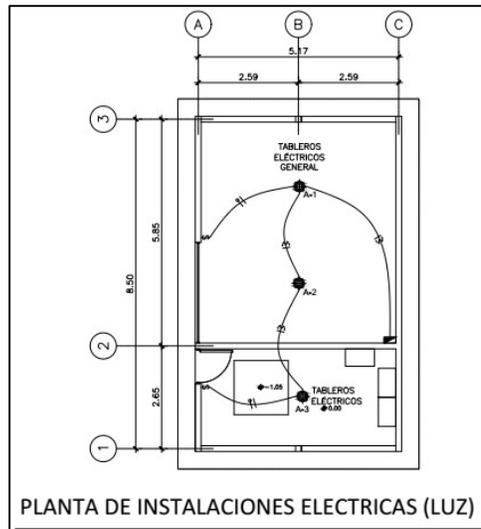
SIMBOLOGÍA DE FUERZA																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>SÍMBOLO</th> <th>SIGNIFICADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 TW O INDICADO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">—</td> <td>TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">—</td> <td>TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO</td> </tr> </tbody> </table>	SÍMBOLO	SIGNIFICADO	⏏	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO	⏏	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO	⏏	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 TW O INDICADO	—	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED	—	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>SÍMBOLO</th> <th>SIGNIFICADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>TOMACORRIENTE SALIDA PARA DUCHA 120 V. H=2.00 S.N.P.T.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⏏</td> <td>POLARIZACIÓN A TIERRA</td> </tr> </tbody> </table>	SÍMBOLO	SIGNIFICADO	⏏	TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.	⏏	TOMACORRIENTE SALIDA PARA DUCHA 120 V. H=2.00 S.N.P.T.	⏏	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.	⏏	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.	⏏	CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.	⏏	POLARIZACIÓN A TIERRA
SÍMBOLO	SIGNIFICADO																										
⏏	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO																										
⏏	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO																										
⏏	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 TW O INDICADO																										
—	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED																										
—	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO																										
SÍMBOLO	SIGNIFICADO																										
⏏	TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.																										
⏏	TOMACORRIENTE SALIDA PARA DUCHA 120 V. H=2.00 S.N.P.T.																										
⏏	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.																										
⏏	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.																										
⏏	CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.																										
⏏	POLARIZACIÓN A TIERRA																										

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

5.9.2. Planta de instalaciones eléctricas clínica médica

En la figura 112 se muestran los planos de iluminación de la clínica médica. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 112. Plano de iluminación y simbología clínica médica



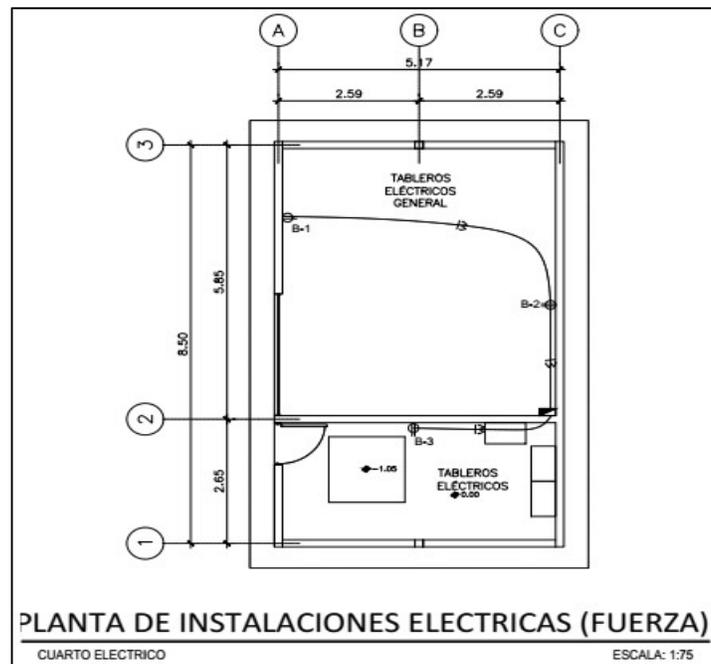
SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN			
SÍMBOLO		SIGNIFICADO	
1-2		ILUMINACIÓN EN CIELO	
		LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO 110V/1-220V/1	
3		LÍNEA DE PUENTE CALIBRE 10 TW O INDICADO PARA 110V/1-220V/1	
2		LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO	
2		LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 10 TW O INDICADO	
		TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO, EMPOTRADO EN LOSA	
		TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO, EMPOTRADO EN PARED	
TABLERO			
Circuito	Unidades	110v	Tipo
A	3	110v	ILUMINACION
B	3	110v	TOMACORRIENTE

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
2	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
1,2	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
1-2	INTERRUPTOR Y TOMACORRIENTE Y LAMPARA SIMPLE. H=1.20 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	INSTALCIÓN DE CABLEADO PARA 110V/1-220V/1

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

En la figura 113 se observan plano de fuerza y simbología clínica médica. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 113. **Plano de fuerza y simbología clínica médica**



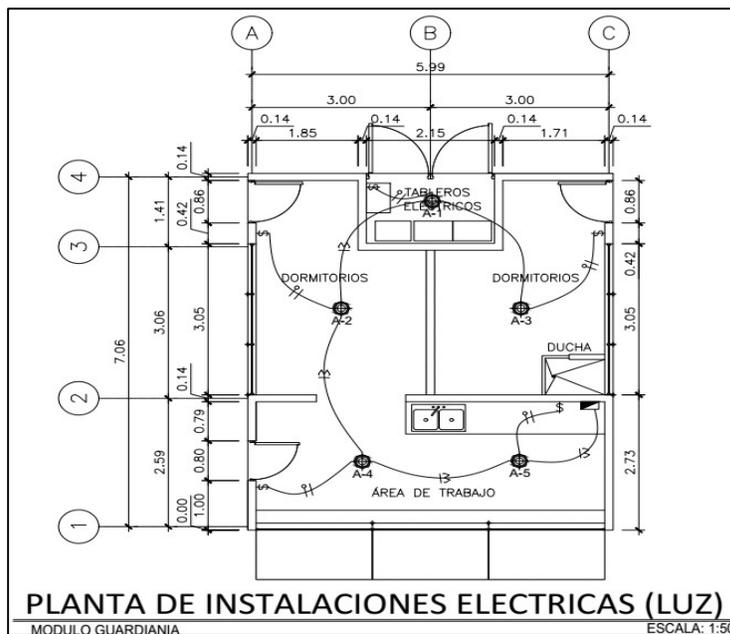
SIMBOLOGÍA DE FUERZA			
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.
	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE SALIDA PARA DUCHA 120 V. H=2.00 S.N.P.T.
	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED		TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO		CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.
			POLARIZACIÓN A TIERRA

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

5.9.3. Planta instalaciones eléctricas módulo guardianía

En la figura 113 se muestran los planos de iluminación y simbología módulo de guardianía. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 114. Plano de iluminación y simbología módulo de guardianía

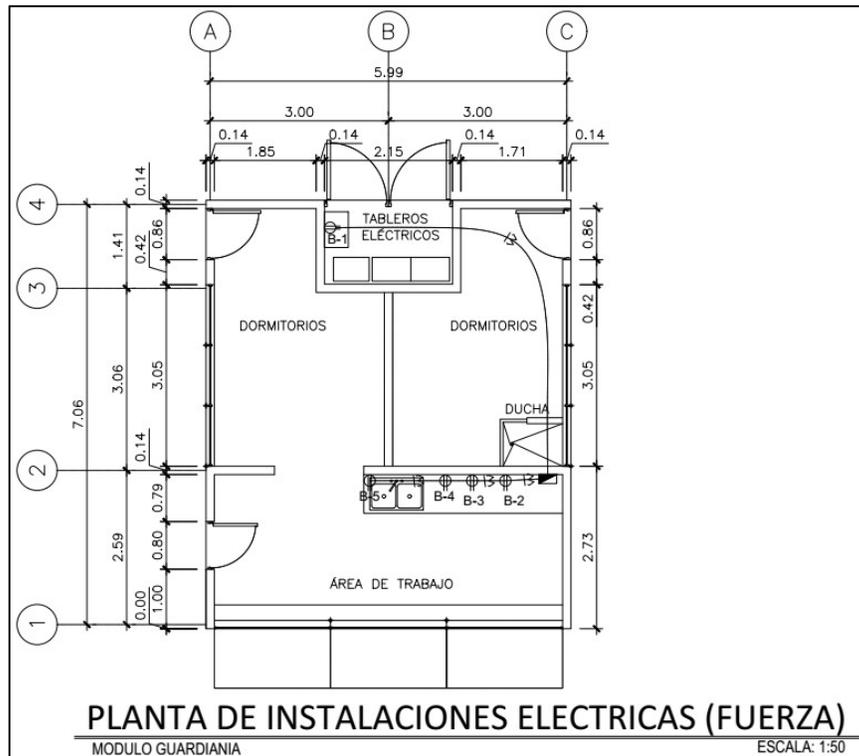


SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN																	
	ILUMINACIÓN EN CIELO																
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO 110VII-220VII																
	LÍNEA DE PUENTE CALIBRE 10 TW O INDICADO PARA 110VII-220VII																
	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO																
	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 10 TW O INDICADO																
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO, EMPOTRADO EN LOSA																
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO, EMPOTRADO EN PARED																
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.																
	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.																
	INTERRUPTOR Y TOMACORRIENTE Y LAMPARA SIMPLE. H=1.20 S.N.P.T.																
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.																
	INSTALACION DE CABLEADO PARA 110VII-220VII																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">TABLERO</th> </tr> <tr> <th>Circuito</th> <th>Unidades</th> <th>Voltaje</th> <th>Tipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>5</td> <td>110v</td> <td>ILUMINACION</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>5</td> <td>110v</td> <td>TOMACORRIENTE</td> </tr> </tbody> </table>		TABLERO				Circuito	Unidades	Voltaje	Tipo	A	5	110v	ILUMINACION	B	5	110v	TOMACORRIENTE
TABLERO																	
Circuito	Unidades	Voltaje	Tipo														
A	5	110v	ILUMINACION														
B	5	110v	TOMACORRIENTE														

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

En la figura 115 se describen los planos de fuerza y simbología módulo de guardianía. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 115. **Plano de fuerza y simbología módulo de guardianía**



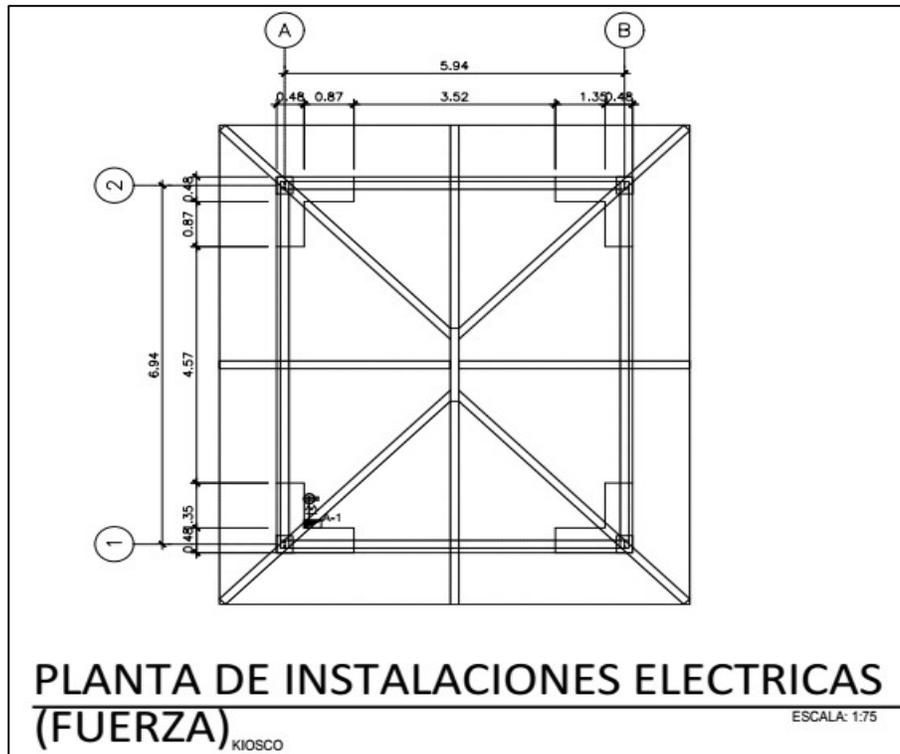
SIMBOLOGÍA DE FUERZA			
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.
	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE SALIDA PARA DUCHA 120 V. H=2.00 S.N.P.T.
	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED		TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO		CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.
			POLARIZACIÓN A TIERRA

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

5.9.4. Planta instalaciones eléctricas módulo kiosco

En la figura 116 se observa el plano de fuerza y simbología módulo de kiosco. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 116. Plano de fuerza y simbología módulo de kiosco



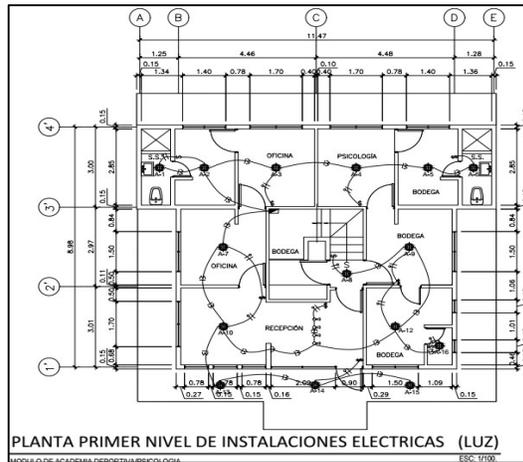
SIMBOLOS DE FUERZA	
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO
	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 TW O INDICADO
	TUBO PVC ELÉCTRICO (3/4" O INDICADO) EMPOTRADO EN PARED
	TUBO PVC ELÉCTRICO (3/4" O INDICADO) EMPOTRADO EN PISO
	TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. HW=0.30 S.N.P.T.
	TOMACORRIENTE SALIDA PARA DUCHA 120 V. HW=0.00 S.N.P.T.
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. HW=0.30 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN HW=1.70 S.N.P.T.
	CONTADOR HW=2.7 S.N.P.T.
	POLARIZACIÓN A TIERRA

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

5.9.5. Planta instalaciones eléctricas módulo academia deportiva/psicología

En la figura 117 se muestran los planos del primer nivel iluminación. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 117. Plano de iluminación y simbología módulo academia deportiva/psicología 1er. nivel



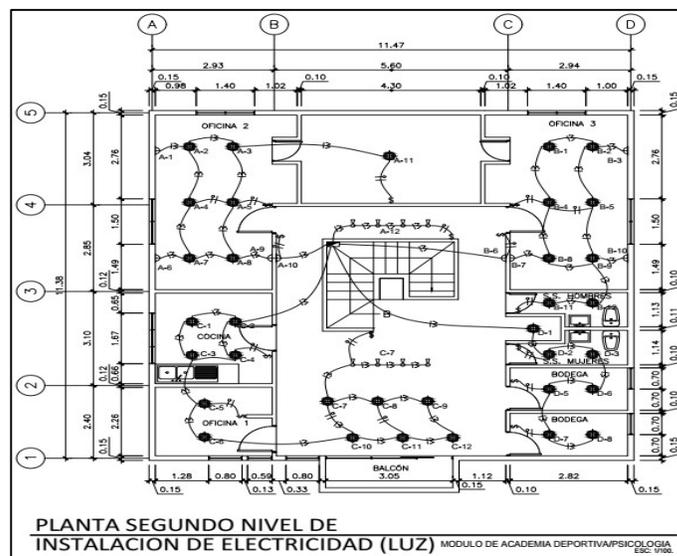
SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN			
1-2	ILUMINACIÓN EN CIELO	2	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
W	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO 110VII-220VII	1,2	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
3C	LÍNEA DE PUENTE CALIBRE 10 TW O INDICADO PARA 110VII-220VII	1-2	INTERRUPTOR Y TOMACORRIENTE Y LAMPARA SIMPLE. H=1.20 S.N.P.T.
2	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO	■	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
2-o	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 10 TW O INDICADO	—	INSTALCION DE CABLEADO PARA 110VII-220VII
—	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO, EMPOTRADO EN LOSA		
—	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO, EMPOTRADO EN PARED		

TABLERO (PRIMER NIVEL)			
Circuito	Unidades		Tipo
A	16	110v	ILUMINACION
B	10	110v	TOMACORRIENTE

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

En la figura 118 se observa el plano segundo nivel iluminación. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 118. **Plano de iluminación y simbología módulo academia deportiva/psicología 2do. Nivel**



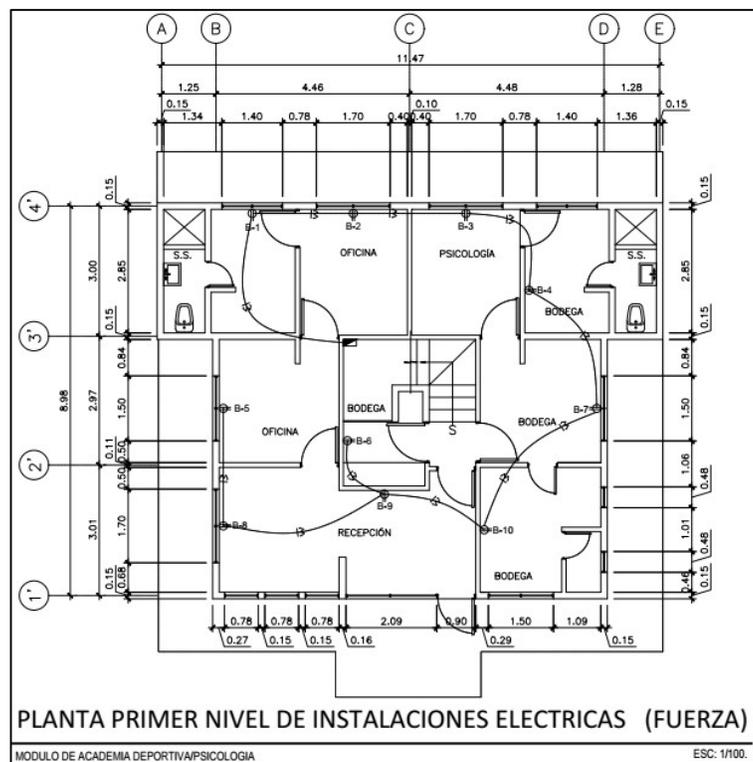
SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN			
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
1-2 	ILUMINACIÓN EN CIELO	2 	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO 110V/II-220V/II	1,2 	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
3C 	LÍNEA DE PUENTE CALIBRE 10 TW O INDICADO PARA 110V/II-220V/II	1-2 	INTERRUPTOR Y TOMACORRIENTE Y LAMPARA SIMPLE. H=1.20 S.N.P.T.
2 	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO		TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
2 	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 10 TW O INDICADO		INSTALACION DE CABLEADO PARA 110V/II-220V/II
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO, EMPOTRADO EN LOSA		
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO, EMPOTRADO EN PARED		

TABLERO (SEGUNDO NIVEL)			
Circuito	Unidades		Tipo
A	12	110v	ILUMINACION
B	12	110v	TOMACORRIENTE
C	12	110 v	TOMACORRIENTE
D	8	110 v	TOMACORRIENTE
E	17	110 v	TOMACORRIENTE

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2021.

En la figura 119 se observa el plano primer nivel fuerza. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 119. **Plano de fuerza y simbología módulo academia deportiva/psicología 1er. nivel**

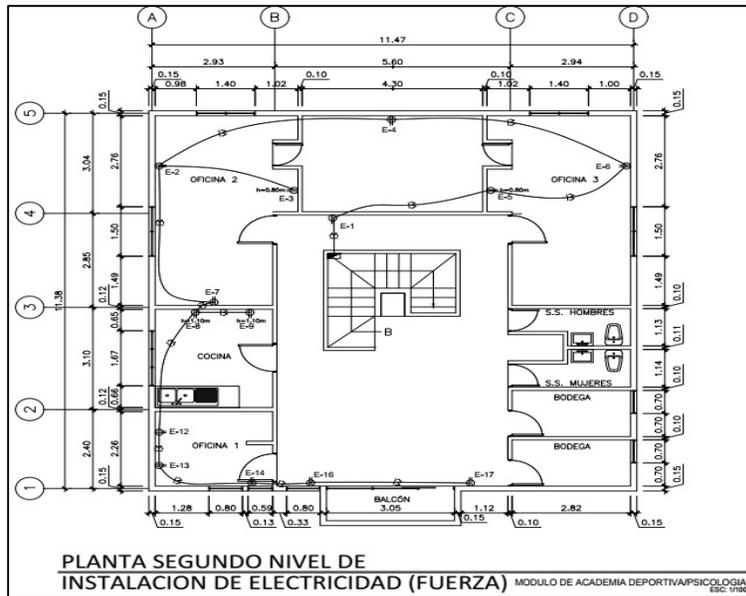


SIMBOLOGÍA DE FUERZA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO
	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 TW O INDICADO
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO
	TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TOMACORRIENTE SALIDA PARA DUCHA 120 V. H=2.00 S.N.P.T.
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.
	POLARIZACIÓN A TIERRA

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2021.

En la figura 120 se describe el plano de fuerza y simbología módulo academia deportiva/piscina del 2do. nivel. Donde se detallan los elementos de conexión como tomacorrientes y apagadores, su ubicación, la distribución de circuitos e iluminación.

Figura 120. **Plano de fuerza y simbología módulo academia deportiva/psicología 2do. nivel**



SIMBOLOGÍA DE FUERZA			
SÍMBOLO		SÍMBOLO	
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 10 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.
	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE SALIDA PARA DUCHA 120 V. H=2.00 S.N.P.T.
	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED		TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO		CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.
			POLARIZACIÓN A TIERRA

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

6. DISEÑO PROPUESTO PARA ILUMINACIÓN EXTERIOR

Se elabora un diseño de iluminación para áreas exteriores. Lo cual se detalla a continuación.

6.1. Diseño de iluminación exterior

Para realizar un diseño base de iluminación para áreas relacionadas al recinto se toma como base el área de caminamientos y calzada interna de vehículos, ya que estas áreas son las que presentan mayor problema por fallo de luminarias u obsoletas. Muchas de las lámparas en estas áreas ya no funcionan.

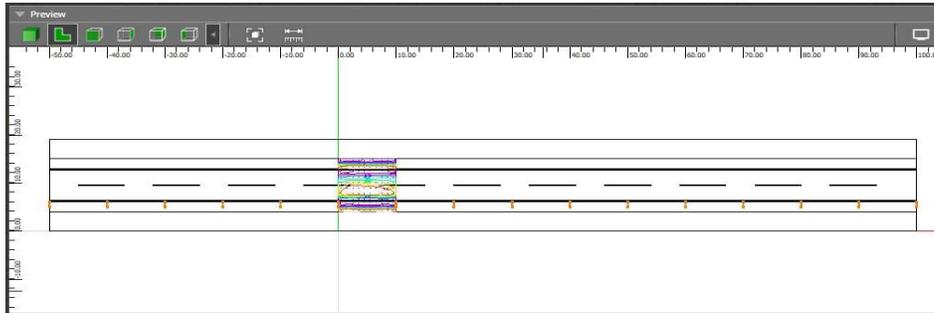
De forma general el Campo Marte es un espacio abierto a la intemperie. Todas las áreas son espacios abiertos. Por lo que se realizó el diseño con base en estos criterios.

6.2. Diseño en DIALux para espacios abiertos

Se han tomado como datos de entrada valores relacionados al criterio seleccionado para realizar dicho diseño. Estas características corresponden a un área abierta de caminamientos y calzada vehicular. Configuraciones que predominan en el área.

El espacio simulado corresponde a una calzada vehicular de 6 metros, un área de caminamiento de 2 metros y un área verde de 4 metros en ambos lados de la calzada vehicular.

Figura 121. **Área para diseño de iluminación**

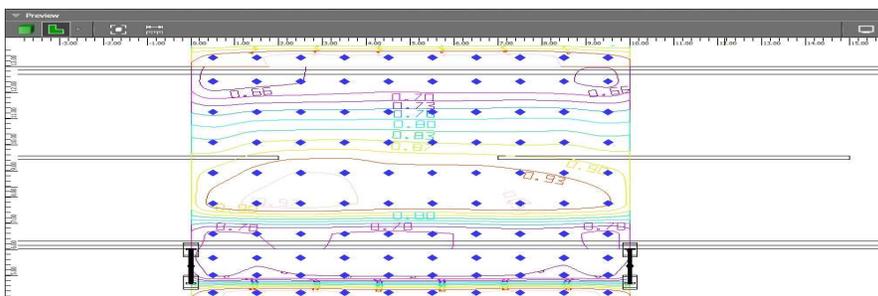


Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Se realiza el análisis para un área en específico ya que todos estos valores se repiten a lo largo del área simulada.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

Figura 122. **Valores obtenidos de iluminación**



Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Con base en los valores de entrada y los valores de referencia solicitados para áreas exteriores se eligió una luminaria base que cumpliera con los

requisitos mínimos para dicho estudio. Se variaron los valores hasta obtener una distribución que estuviera dentro del rango aceptable.

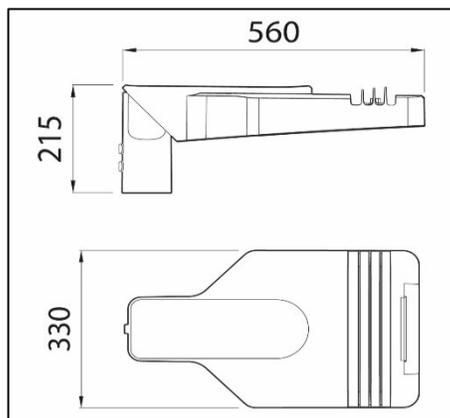
En la figura 123 se observa la luminaria seleccionada para el diseño.

Figura 123. **Luminaria para diseño**



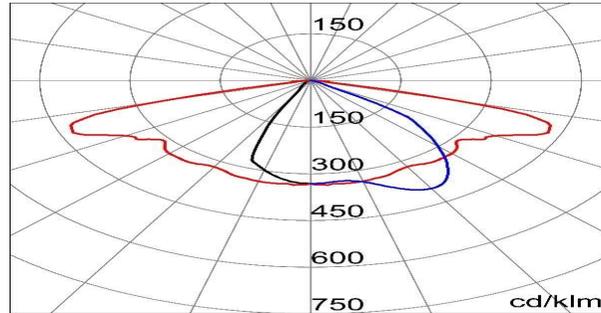
Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Figura 124. **Dimensiones de luminaria propuesta**



Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Figura 125. Distribución fotométrica



Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

En la figura 126 se describen las características técnicas de la luminaria.

Figura 126. Información general luminaria seleccionada

GENERAL INFORMATION	
Context	Street and parking lighting
Luminaire	LED Road Equipment
Application	External
Unique digital code (Datamatrix)	Currently not present
Colour	Graphite grey
Type of light source	LED - Not replaceable
System	39 W @ 1A
LED Lifetime	L90B10(Tq25°C)>115.000h; L90B10(Tq40°C)=115.000h
Weight (kg)	6.4
Warranty	5 years
Stocking temperature	-
Operating temperature	-25 +40 °C
MATERIALS	
Body	Die-cast aluminium
Shield type	4mm thick flat tempered glass
Optic	Metallized polycarbonate reflector
Gasket	Anti-aging silicone
Locking Hook	Integrated front handle
External screw	Stainless steel

OPTIC AND ILLUMINATING FEATURES	
Optic	WIDE
Unified Glare Rating	G*3 - ULOR = 0
Lumen output (lm)	4300
Efficiency (lm/W)	110
Colour temperature	4000 K
Color Rendering Index	CRI>70
Standard Deviation Colour Matching	SDCM = 5
Photobiological Risk Class	RG0
Standard	EN 60598-2-3, EN 60598-1 IEC/TR 62778
ELECTRICAL AND LIGHTING FEATURES	
Supply voltage	220 - 240 V
Rated frequency (Hz)	50 / 60
Driver failure rate	F10=100.000h Tq25°C/75.000h Tq40°C
Driver	Included
Overvoltage protection	DM 10KV / CM 10KV
Control System	Bi-power with self-learning
INSTALLATION AND MAINTENANCE	
Mouting and installation	Pole Head - Outreach
Tilt	-20° + +10° side bracket -10° + +20° pole head

Continuación de la figura 126.

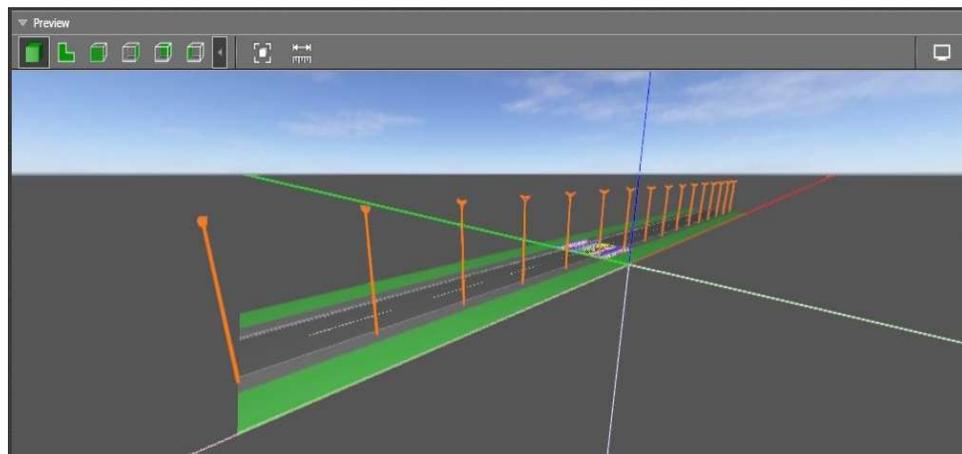
Colour	Powder coating
STANDARDS AND APPROVALS	
Classification	-
Device with reduced surface temperature	-
DIN 18032-3 certification	-
IPEA	-
Insulation class	II
IP degree	IP66
Mechanical resistance	IK08
Glow Wire Test	-

Wiring	Isolating switch
Fixing	Pole Head - Outreach
Optic Maintenance	Not available
LED Maintenance	Not available
Driver Box	Built-in
Maximum surface exposed to the wind	0.15 m ²

Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

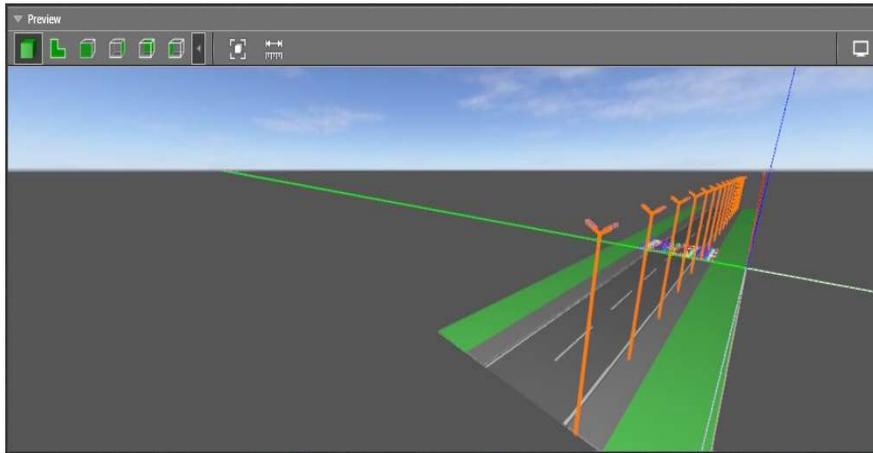
En la figura 127 se presenta el resultado de simulación Vista en 3D de diseño propuesto.

Figura 127. **Vista en 3D de diseño propuesto**



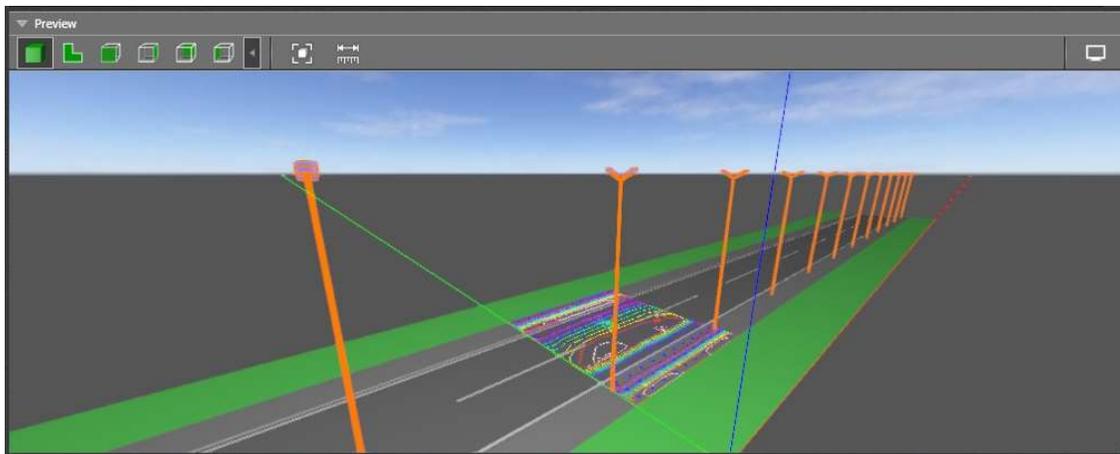
Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Figura 128. **Vista en 3D de diseño propuesto acercamiento a luminarias**



Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Figura 129. **Vista en 3D de diseño propuesto acercamiento a valores obtenidos**



Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Figura 130. **Vista en 3D de diseño propuesto distribución de lúmenes**



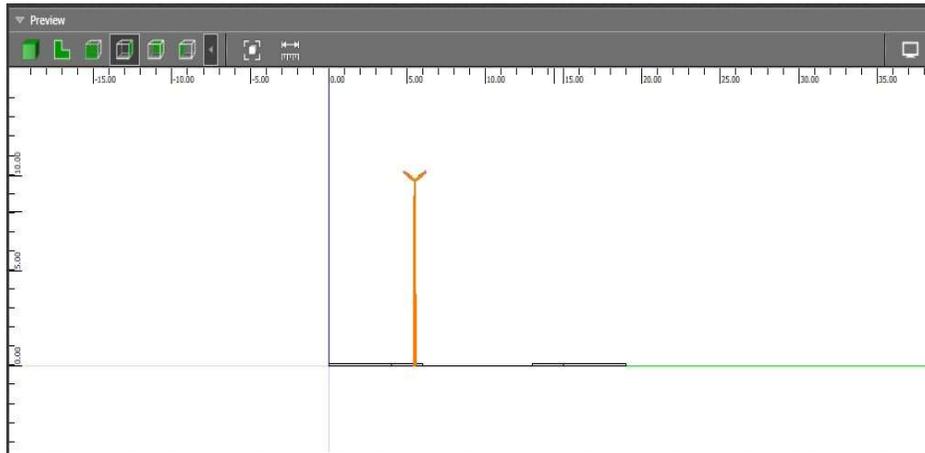
Fuente: Elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Figura 131. **Vista en 3D de diseño propuesto ángulo de iluminación**



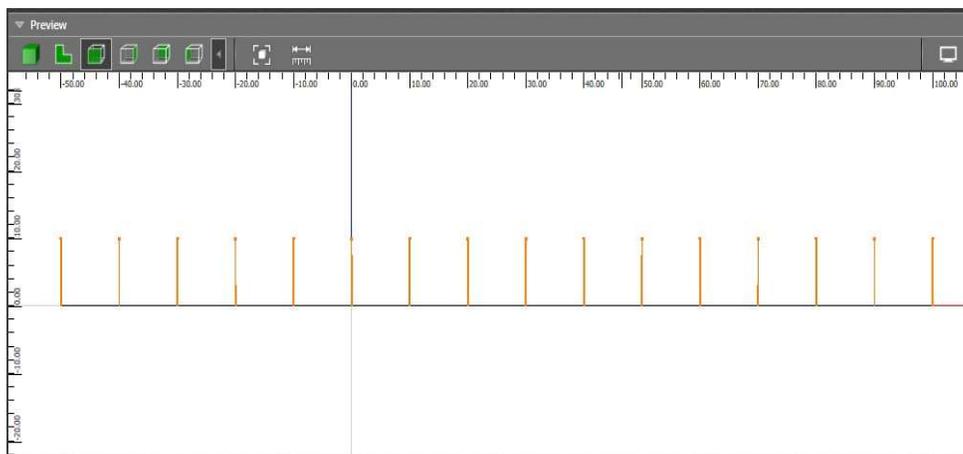
Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Figura 132. **Disposición de luminarias**



Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

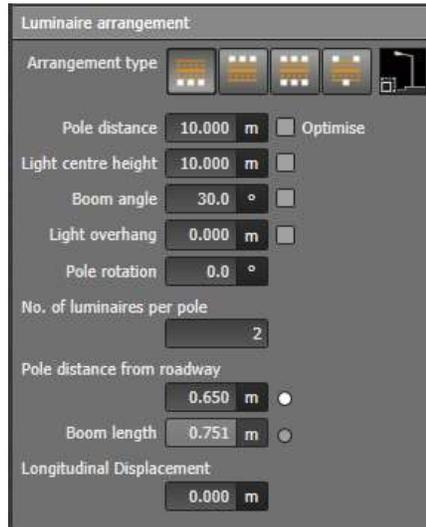
Figura 133. **Disposición de soportes**



Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Figura 135. Arreglo de luminarias valores entregados por software, parte

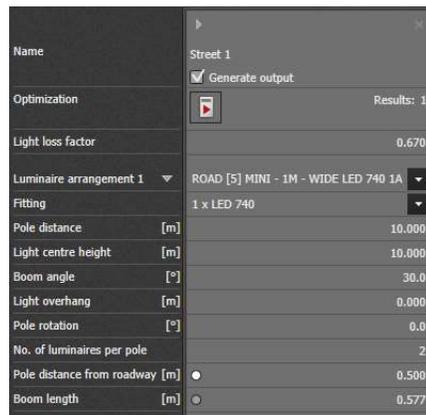
1



Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Figura 136. Arreglo de luminarias valores entregados por software, parte

2



Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Figura 137. Valores entregados en simulación, parte 1

ULR				0.008
ULOR				0
Imax 70°	[cd/kdm]			616
Imax 80°	[cd/kdm]			551
Imax 90°	[cd/kdm]			104
Imax more than 90°	[cd/kdm]			63
Imax more than 95°	[cd/kdm]			13
Glare index class				D.0
Luminous intensity class				n/a
Wattage / km	[W/km]			7800
Energy consumption	[kWh/yr]			312
De	[kWh/m² yr]			2.84
Dp	[W/(lx m²)]			0.057
Valuation field (M4)				Roadway 1 (M4)
Lm	[cd/m²]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 0.75	0.82 <input checked="" type="checkbox"/>
Uo		<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 0.40	0.72 <input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

Figura 138. Valores entregados en simulación, parte 2

Valuation field (M4)					Roadway 1 (M4)
Lm	[cd/m²]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 0.75	0.82	<input checked="" type="checkbox"/>
Uo		<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 0.40	0.72	<input checked="" type="checkbox"/>
Ul		<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 0.60	0.95	<input checked="" type="checkbox"/>
TI		<input checked="" type="checkbox"/>	≤ 15	6	<input checked="" type="checkbox"/>
EIR			≥ 0.30	0.73	
Valuation field (P4)					Sidewalk 2 (P4)
Em	[lx]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 5.00 ≤ 7.50	7.19	<input checked="" type="checkbox"/>
Emin	[lx]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 1.00	4.75	<input checked="" type="checkbox"/>
Valuation field (P4)					Sidewalk 1 (P4)
Em	[lx]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 5.00 ≤ 7.50	11.50	<input checked="" type="checkbox"/>
Emin	[lx]	<input checked="" type="checkbox"/>	≥ 1.00	10.72	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia, empleando DIALux evo 2020.

7. DISEÑO PROPUESTO CIRCUITO DE FUERZA

7.1. Cálculo alimentación lado secundario transformador principal

A continuación se presentan los cálculos elaborados para el diseño propuesto en base a las condiciones actuales de las instalaciones eléctricas del Campo Marte.

Figura 139. Cálculo alimentación lado secundario transformador

Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	200000 W
Tension del sistema:	480 V
Fp:	0.75
Eff:	100 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	320.75 A
Datos del Conductor	
Calibre:	4/0 AWG/MCM
Capacidad nominal:	230 A
Factor correccion Temp:	1
Conductores por fase:	3
Capacidad Total:	690.00 A

Calibre

Temperatura del cable
 60 °C 75 °C 90 °C

Temperatura ambiente
26-30 °C

Conductores por fase
▲
▼

Fuente: MORENO, Fidel. *Hoja de cálculos eléctricos*. p. 20.

7.2. Caída de tensión en cuartos eléctricos

Se calcula el conductor por caída de tensión en base a las distancias entre cuartos eléctricos. Se utiliza el criterio de 3 % permitido de regulación de voltaje. Cada distancia se detalla a continuación:

Tabla XXVI. Distancias entre cuartos eléctricos

Cuarto	Distancia desde cuarto principal
Bombas	50 m.
Iluminación 1	75 m.
Iluminación 2	110 m.
Iluminación 2	90 m.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2010.

7.2.1. Cuarto de bombas

En la figura 140 se realiza una descripción de la caída de tensión de alimentación cuarto de bombas.

Figura 140. Caída de tensión alimentación cuarto de bombas

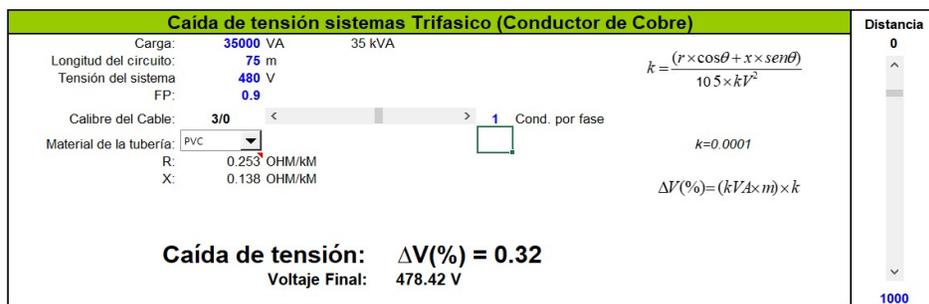
Caída de tensión sistemas Trifásico (Conductor de Cobre)		Distancia
Carga:	15000 VA 15 kVA	0
Longitud del circuito:	50 m	$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{10.5 \times kV^2}$
Tensión del sistema:	220 V	
FP:	0.9	$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Calibre del Cable:	1/0 < > 1 Cond. por fase	
Material de la tubería:	PVC	$k = 0.0008$
R:	0.39 OHM/kM	
X:	0.144 OHM/kM	
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 0.64$ Voltaje Final: 218.58 V		1000

Fuente: MORENO, Fidel. *Hoja de cálculos eléctricos*. p. 20.

7.2.2. Cuarto eléctrico 1

En la figura 141 se realiza la descripción de la caída de tensión de alimentación cuarto eléctrico 1.

Figura 141. Caída de tensión alimentación cuarto eléctrico 1



Fuente: MORENO, Fidel. *Hoja de cálculos eléctricos*. p. 20.

7.2.3. Cuarto eléctrico 2

En la figura 142 se realiza la descripción de la caída de tensión de alimentación cuarto eléctrico 2.

Figura 142. Caída de tensión alimentación cuarto eléctrico 2



Fuente: MORENO, Fidel. *Hoja de cálculos eléctricos*. p. 20.

7.2.4. Cuarto eléctrico 3

En la figura 143 se realiza la descripción de la caída de tensión de alimentación cuarto eléctrico 3.

Figura 143. Caída de tensión alimentación cuarto eléctrico 3

Caída de tensión sistemas Trifásico (Conductor de Cobre)		Distancia
Carga:	130000 VA 130 kVA	0
Longitud del circuito:	110 m	$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{105 \times kV^2}$
Tensión del sistema:	480 V	
FP:	0.9	$k=0$
Calibre del Cable:	4/0 < <input type="text"/> > 2 Cond. por fase		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Material de la tubería:	PVC	
R:	0.1015 OHM/KM	
X:	0.0675 OHM/KM	
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 0.74$		
Voltaje Final: 476.4 V		1000

Fuente: MORENO, Fidel. *Hoja de cálculos eléctricos*. p. 20.

7.3. Cálculo de tableros trifásicos

A continuación, se realiza el cálculo para centros de carga.

7.3.1. Tablero de distribución 1 cuarto principal

En la figura 144 se describe el diseño del tablero 1 de distribución en cuarto principal.

Figura 144. Diseño tablero 1 distribución en cuarto principal

Tipo de Tablero: NLAB	Instalación: Empotrado	C. Interrupción [kA]: 25	Fases: 3	Proyecto: Campo Marte
Polos: 24	Cerramiento NEMA: 1	Color: GRIS INDUSTRIAL	Alimentador Principal: Calibre 110 AWG THHN	Instalación: Cuarto eléctrico principal
Voltaje del Tablero [V]: 240	Corriente de Barras [A]: 150	Interrupción principal 3P [A]: 125	Cond. X fase: 1	Conduit: 2 1/2
			Entrada: Superior	Nombre del Tablero: S/N

Carga Conectada	VA	Tubería		Conductor		Interrupción		Nº	Nº	Interrupción		Conductor		Tubería		VA	Carga Conectada	
		Material	Diametro [pul]	Cond. por fase	Aislante	Calibre	Tipo			In [A] 3P	In [A] 3P	Tipo	Calibre	Aislante	Cond. por fase			Diametro [pul]	Material
Iluminación C.P.	8800	PVC	1 1/2	1	THHN	8 AWG	THQL	50	1	20	THQL	12 AWG	THHN	1	1/2	PVC	1760	
	2								1760									
	3								1760									
Fuerza C.P.	12320	PVC	2	1	THHN	6 AWG	THQL	70	4	50	THQL	8 AWG	THHN	1	1 1/2	PVC	8800	
	5								8800									
	6								8800									
Caseta 1	8800	PVC	1 1/2	1	THHN	8 AWG	THQL	50	7	70	THQL	6 AWG	THHN	1	2	PVC	1000	
	8								1000									
	9								1000									
									10								17600	
									11									17600
									12									17600
									13									17600
									14									17600
									15									17600
									16									17600
									17									17600
									18									17600
									19									17600
									20									17600
									21									17600
									22									17600
									23									17600
									24									17600

Fuente: MORENO, Fidel. Hoja de cálculos eléctricos. p. 25.

7.3.2. Tablero de distribución 2 cuarto principal

En la figura 145 se describe el diseño del tablero 2 de distribución en cuarto principal.

Figura 145. Diseño tablero 2 distribución en cuarto principal

Tipo de Tablero: NLAB	Instalación: Empotrado	C. Interrupción [kA]: 25	Fases: 3	Proyecto: Campo Marte
Polos: 36	Cerramiento NEMA: 1	Color: GRIS INDUSTRIAL	Alimentador Principal: Calibre 30 AWG THHN	Instalación: Cuarto eléctrico principal
Voltaje del Tablero [V]: 240	Corriente de Barras [A]: 200	Interrupción principal 3P [A]: 225	Cond. X fase: 1	Conduit: 3
			Entrada: Superior	Nombre del Tablero: Área 2

Carga Conectada	VA	Tubería		Conductor		Interrupción		Nº	Nº	Interrupción		Conductor		Tubería		VA	Carga Conectada	
		Material	Diametro [pul]	Cond. por fase	Aislante	Calibre	Tipo			In [A] 3P	In [A] 3P	Tipo	Calibre	Aislante	Cond. por fase			Diametro [pul]	Material
									1	30	THQL	10 AWG	THHN	1	3/4	PVC	5280	
	2								5280									
	3								5280									
T.C.P.	12320	PVC	2	1	THHN	6 AWG	THQL	70	4	50	THQL	8 AWG	THHN	1	1 1/2	PVC	8800	
	5								8800									
	6								8800									
Caseta 1	17600	PVC	2 1/2	1	THHN	2 AWG	THQL	100	7								1000	
	8								1000									
	9								1000									
									10								17600	
									11									17600
									12									17600
									13									17600
									14									17600
									15									17600
									16									17600
									17									17600
									18									17600
									19									17600
									20									17600
									21									17600
									22									17600
									23									17600
									24									17600
									25									17600
									26									17600

Fuente: MORENO, Fidel. Hoja de cálculos eléctricos, cálculo tableros. p. 25.

CONCLUSIONES

1. Realizar el diagnóstico de las instalaciones eléctricas del Campo Marte, dentro de las cuales se pudo observar que la mayor parte se encuentra en estado de abandono y falta de mantenimiento.
2. Realizar la medición de variables eléctricas en el cuarto de distribución primario; los valores de voltaje presentan caídas en horarios pico de consumo, así como el amperaje. Los valores de frecuencia y armónicos se encuentran dentro de los rangos aceptables.
3. El sistema de iluminación presenta elementos de tecnología obsoleta. Por lo que se elabora un diseño propuesto para áreas exteriores. Donde se detallan valores recomendables de iluminación en espacios abiertos, así como características de luminarias propuestas.

RECOMENDACIONES

1. Fortalecer de forma general el sistema e puesta a tierra en todos los elementos que componen las instalaciones del Campo Marte.
2. Instalar supresores de transientes en los gabinetes de control y tablero principal.
3. Colocar un sistema de pararrayos atmosféricos que abarque toda el área ocupada por los cuartos eléctricos, ya que dentro del área compuesta por los cuartos eléctricos no se encuentra ninguna protección contra descargas atmosféricas.
4. Identificar las cajas de registro de cableado eléctrico en color rojo, así también dentro de las mismas se debe colocar espuma expansiva en las terminaciones de tubería ya que muy pocas tienen dicha protección.
5. Sustituir el transformador seco correspondiente al cuarto de iluminación 1 ya que sufrió un cortocircuito y únicamente está trabajando con dos fases.
6. Sustituir los cuadros de control en el cuarto eléctrico de bombas ya que únicamente se opera el contactor de forma manual.
7. Cambiar los elementos que componen los circuitos de fuerza e iluminación, tales como interruptores, plafoneros y bombillos ya que en muchos de los cuartos están ausentes o ya no operan.

8. Cambiar la tecnología de iluminación en áreas de caminamientos y calzada vehicular ya que por falta de mantenimiento están dañadas y es muy complicado conseguir sustituto similar.

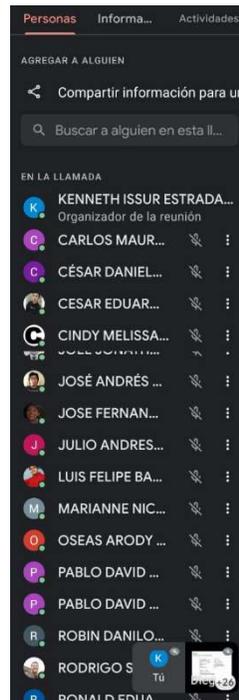
BIBLIOGRAFÍA

1. COMISIÓN Nacional de Energía Eléctrica. *Normas Técnicas de diseño y operación de las Instalaciones de Distribución*. [en línea]. <<https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/1999/47-99.pdf>>. [Consulta: 20 de enero de 2021].
2. *Instalaciones eléctricas conceptos básicos y diseño*. [en línea]. <[https://www.academia.edu/32192513/Instalaciones _Electricas/](https://www.academia.edu/32192513/Instalaciones_Electricas/)>. [Consulta: 20 de enero de 2021].
3. Ministerio de Cultura y Deportes. *Historia*. [en línea]. <<https://wikiguate.com.gt/ministerio-de-cultura-y-deportes/>>. [Consulta: 20 de enero de 2021].
4. Ministerio de Cultura y Deportes. *Misión*. [en línea]. <<https://wikiguate.com.gt/ministerio-de-cultura-y-deportes/>>. [Consulta: enero 2021].
5. Ministerio de Cultura y Deportes. *Visión*. [en línea]. <<https://wikiguate.com.gt/ministerio-de-cultura-y-deportes/>>. [Consulta: 20 de enero dec2021].
6. Normas Empresa Eléctrica de Guatemala. *Normas de Acometida*. [en línea]. <[https://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas 20Tecnicas/ NORMA%20EEGSA.pdf](https://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/NORMA%20EEGSA.pdf)>. [Consulta: 20 de enero de 2021].

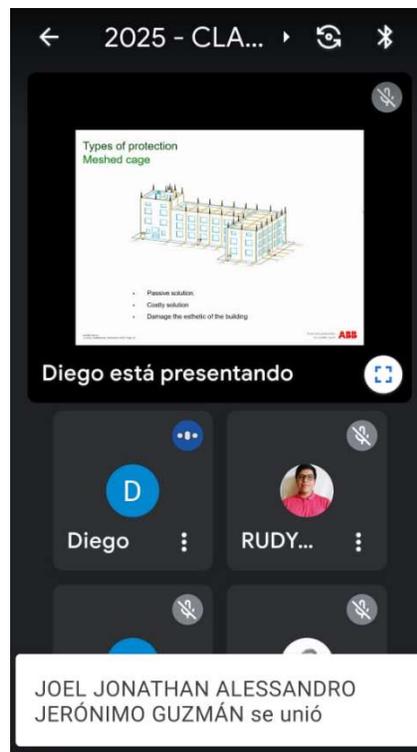
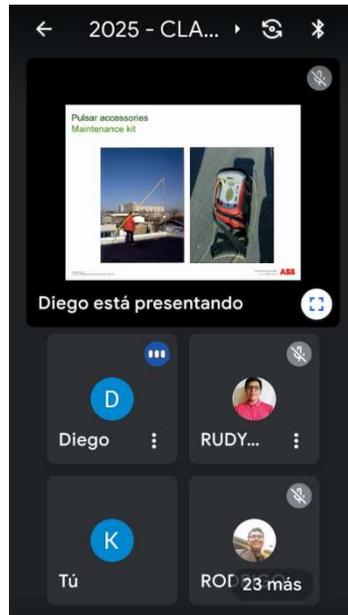
7. *Power Quality Measurement and Analysis Basics*. [en línea].
<<https://www.ecmweb.com/power-quality-reliability/article /20900856/power-quality-measurement-and-analysis-basics>>. [Consulta: 20 de enero de 2021].

APÉNDICES

Apéndice 1. Fase docente. Capacitación sobre pararrayos atmosféricos tipo PDC a los estudiantes de prácticas iniciales de Universidad de San Carlos de Guatemala

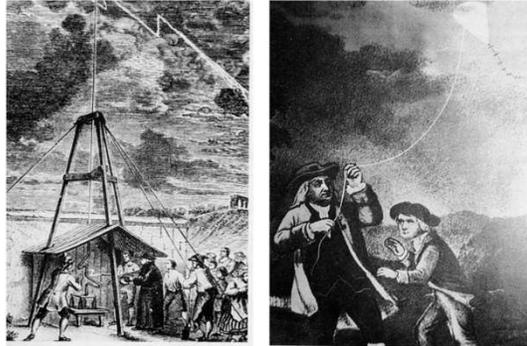


Continuación apéndice 1.

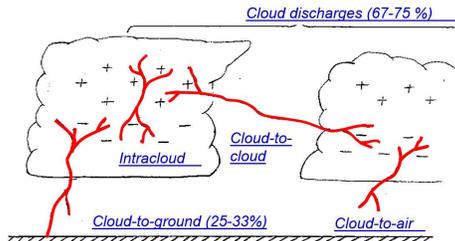


Continuación apéndice 1.

Lightning Phenomenon Basics



Lightning Phenomenon
Basics : types of lightning discharges



Cloud discharges (67-75 %)

Intracloud

Cloud-to-ground (25-33%)

Cloud-to-air

Cloud-to-cloud

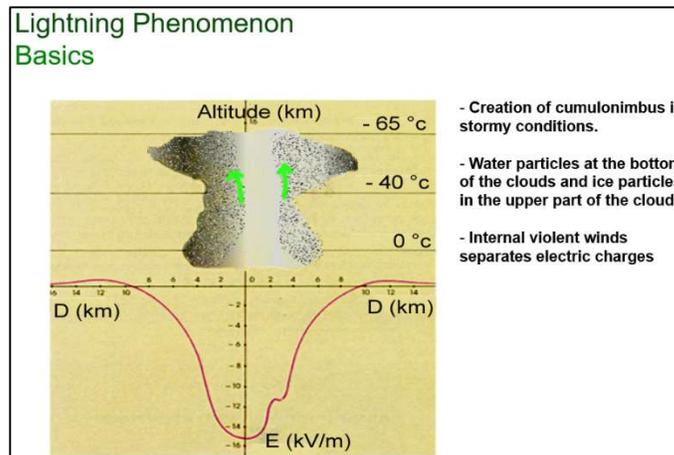
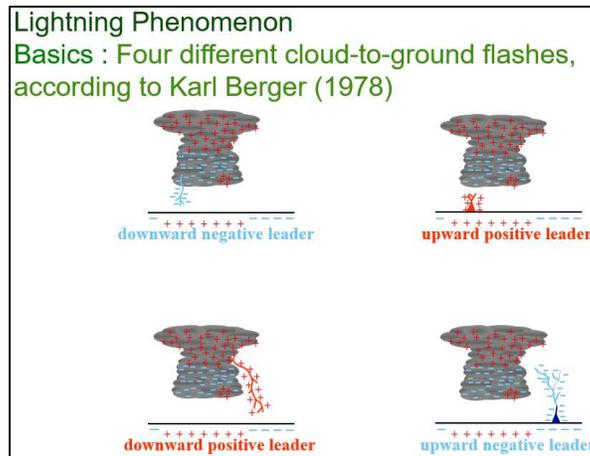
Types of lightning discharges from cumulonimbus

© ABB Power 2017/18. Reservados todos los derechos. Diciembre 2018 | Page 3

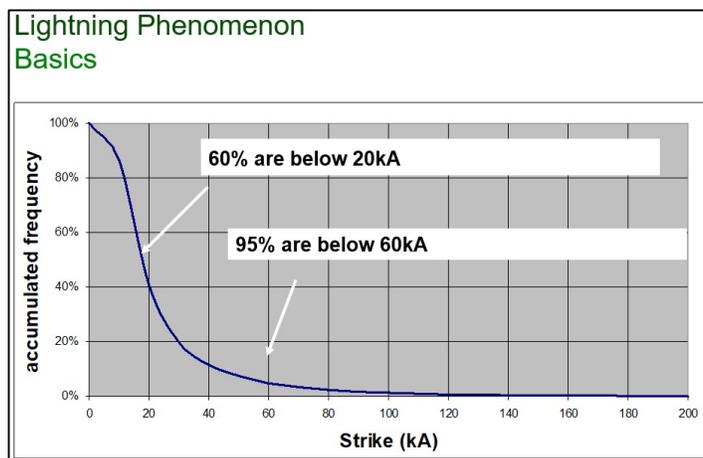
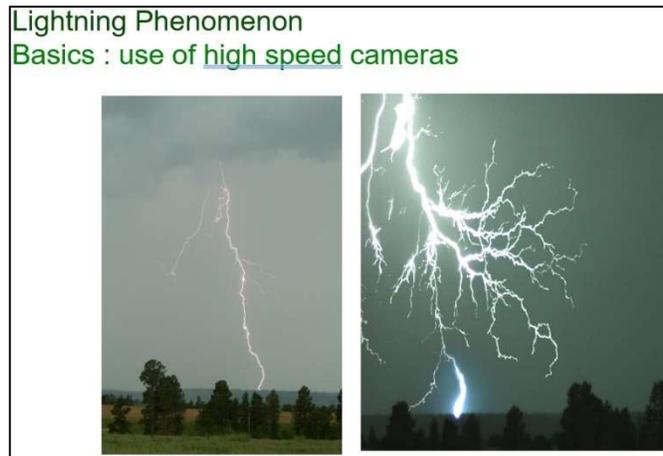
meet.google.com está compartiendo tu pantalla. [Dejar de compartir](#) [Ocultar](#)

Power and productivity for a better world **ABB**

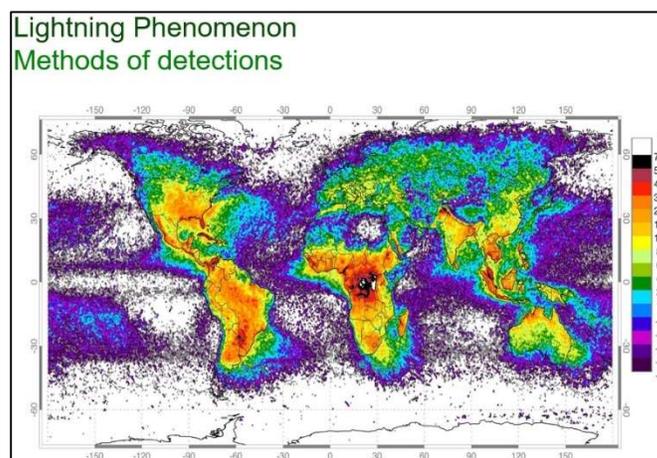
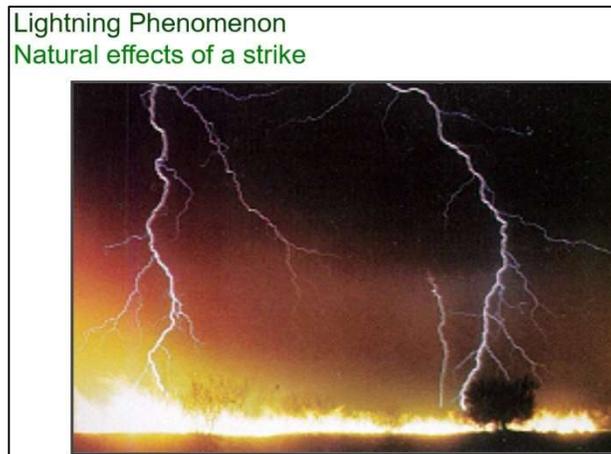
Continuación apéndice 1.



Continuación apéndice 1.

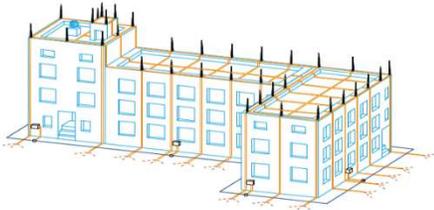


Continuación apéndice 1.



Continuación apéndice 1.

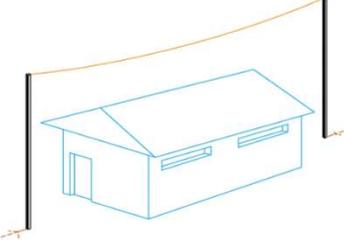
Types of protection
Meshed cage



A 3D perspective diagram of a multi-story building with a blue facade and windows. A yellow mesh cage is installed over the building's roof and extends down the sides. The cage is supported by vertical posts and horizontal rails. The building is shown on a base with some ground-level details.

- Passive solution.
- Costly solution
- Damage the esthetic of the building

Types of protection
Tight wire



A 3D perspective diagram of a single-story building with a blue outline. A yellow wire is stretched taut between two vertical posts on either side of the building, forming a protective barrier. The building has a door and windows.

- Used when not possible to fix elements on the building

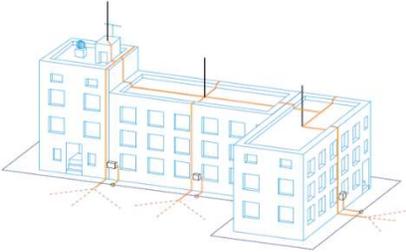
Types of protection
Tight wire



A photograph showing a real-world application of a tight wire protection system. A grey, rectangular building is surrounded by a fence made of vertical posts and horizontal rails. A yellow wire is stretched taut between two tall, thin poles on either side of the building, creating a protective barrier. The scene is outdoors with a clear blue sky and some trees in the background.

Continuación apéndice 1.

Types of protection
Simple rods – Franklin rods



- Passive system that leads to instable priming
- Needs of several rods for large buildings
- Damage the esthetic of a building

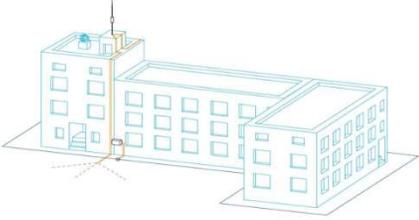
Types of protection
Simple rods – Franklin rods

Radius of protection R_p (m)				
Level of protection H (m)				
H (m)	I	II	III	IV
2	5	6	9	11
4	8	10	12	15
6	10	12	15	20
8	10	13	17	21
10	10	14	17	22
20	10	15	21	29

This type of protection is adapted to pylons or sub stations as the radius of protection of these rods are quite small.

Continuación apéndice 1.

Types of protection Early Streamer Emission Lightning rods



- Active solution that captures the strike earlier than a passive solution => wider area of protection
- Cost effective solution : good ratio price / area to protect
- Very little impact on the esthetic of the building.

Types of protection Early Streamer Emission Lightning rods

Level of protection NFC 17-102	I (D = 20 m)			II (D = 30 m)			III (D = 45 m)			IV (D = 60 m)		
	Pulsar 30	Pulsar 45	Pulsar 60	Pulsar 30	Pulsar 45	Pulsar 60	Pulsar 30	Pulsar 45	Pulsar 60	Pulsar 30	Pulsar 45	Pulsar 60
$h(m)$	Radius of protection RP (m)											
2	19	25	32	22	28	35	25	32	40	28	36	44
3	28	38	48	33	42	52	38	48	59	42	57	65
4	38	51	64	44	57	69	50	65	78	57	72	87
5	48	63	79	55	71	86	63	81	97	71	89	107
6	48	63	79	55	71	87	64	81	97	72	90	107
8	49	64	79	56	72	87	65	82	98	73	91	108
10	49	64	79	57	72	88	66	83	99	75	92	109
15	50	65	80	58	73	89	69	85	101	78	95	111
20	50	65	80	59	74	89	71	86	102	81	97	113
45	50	65	80	60	75	90	75	90	105	89	104	119
60	50	65	80	60	75	90	75	90	105	90	105	120



Continuación apéndice 1

Participantes

Nombre	Apellido	Correo	Duración	Hora a la que se unió	Hora a la que salió
LUIS FELIPE	BALCARCEL MONROY	2994303910101@ingenieria.usac.edu.gt	58 min	17:21	18:19
RONALD EDUAR	CARRETO MIRANDA	2070164610101@ingenieria.usac.edu.gt	59 min	17:21	18:20
HENRY JOSE	CHACON BARILLAS	3021315580101@ingenieria.usac.edu.gt	1 h	17:20	18:20
CÁSAR DANIEL	CHACÁN VILLATORO	3805486150101@ingenieria.usac.edu.gt	58 min	17:21	18:20
ROBIN DANILO	CHIPIX SATZ	3065770380401@ingenieria.usac.edu.gt	51 min	17:22	18:13
PABLO DAVID	CHOX LUCAS	3006483750101@ingenieria.usac.edu.gt	1 h 4 min	17:20	18:24
DÁRIAN EDILSO	CHUQUEJ TERRAZA	3034717940109@ingenieria.usac.edu.gt	59 min	17:21	18:20
ISAAC ABEL ALÍ	COLOMA SETINA	3066883360401@ingenieria.usac.edu.gt	12 min	18:07	18:19
CARLOS MAURÍ	DE LA CRUZ CRUZ	3032680850108@ingenieria.usac.edu.gt	58 min	17:22	18:20
CRISTHIAN ALEJ	DEL CID HERRARTE	3199431000501@ingenieria.usac.edu.gt	44 min	17:29	18:20
KENNETH ISSUÍ	ESTRADA RUIZ	2413683750101@ingenieria.usac.edu.gt	55 min	17:20	18:20
CINDY MELISSA	GÁTICA ARRIOLA	2787947930101@ingenieria.usac.edu.gt	59 min	17:20	18:19
RUDY ALDAIR	GÁMEZ OCHOA	3005217070101@ingenieria.usac.edu.gt	1 h	17:20	18:20
CESAR EDUAR	GONZALEZ LOPEZ	3056178930301@ingenieria.usac.edu.gt	57 min	17:23	18:19
LUIS ALEJANDR	ISPACHE GARCIA	3026125050103@ingenieria.usac.edu.gt	19 min	17:22	18:20
JOEL JONATHAN	JERÁNIMO GUZMÁN	2994090900101@ingenieria.usac.edu.gt	59 min	17:21	18:20
EDWIN SEBAST	MAAS ESCOBAR	3004691790101@ingenieria.usac.edu.gt	51 min	17:29	18:20
DIEGO FERNAN	MIRANDA LÁPEZ	2751633261202@ingenieria.usac.edu.gt	48 min	17:31	18:19
SERGIO ALEJAN	MUÑOZ CORONADO	3004483410101@ingenieria.usac.edu.gt	58 min	17:22	18:20
JOSE FERNAND	PAZ TANAHUVIA	3005270980101@ingenieria.usac.edu.gt	56 min	17:22	18:19
DIEGO FERNANI	PÁREZ MONROY	3005019350101@ingenieria.usac.edu.gt	53 min	17:27	18:20
JULIO ANDRES	PEREZ RAYO	2997390070101@ingenieria.usac.edu.gt	59 min	17:20	18:19
OSEAS ARODY	RAMÁREZ RIVERA	3006749370101@ingenieria.usac.edu.gt	34 min	17:22	18:19
RENATO ISAAC	RIVERA PÁREZ	2681419160101@ingenieria.usac.edu.gt	19 s	17:48	17:48
MARIANNE NICT	RODRÁGUEZ CANEK	3243383091703@ingenieria.usac.edu.gt	56 min	17:23	18:22
Diego	S.	saqu*****@***.com	56 min	17:24	18:20
JOSÁ ANDRÁS	SALAZAR MARTINEZ	2993066310101@ingenieria.usac.edu.gt	59 min	17:21	18:20
SILVIA GABRIEL	SECAIRA FONSECA	3009491110101@ingenieria.usac.edu.gt	28 min	17:22	18:20
RODRIGO	SOSA AQUINO	3674224330101@ingenieria.usac.edu.gt	57 min	17:20	18:17

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Apéndice 2. Supervisión de campo



Fuente: elaboración propia, área contigua de acometida primaria. Parqueo 2, Campo marte, Guatemala.