

**EVALUACIÓN, LEVANTAMIENTO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO PLANTA DE ACEROS DEL CAMPUS CENTRAL
DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.**

**LUZ ANGELA SUAREZ RUGELES
YENI PAOLA BOHÓRQUEZ MÉNDEZ
EDGARDO AGUILLÓN MÁRQUEZ**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2013**

**EVALUACIÓN, LEVANTAMIENTO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO PLANTA DE ACEROS DEL CAMPUS CENTRAL
DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.**

**LUZ ANGELA SUAREZ RUGELES
YENI PAOLA BOHÓRQUEZ MÉNDEZ
EDGARDO AGUILLÓN MÁRQUEZ**

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar
El título de Ingeniero Electricista**

**Director
Ing. CIRO JURADO JEREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÓNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2013

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente proyecto presentan los más sinceros agradecimientos:

A Dios por su infinita sabiduría y sus bendiciones al permitir la realización de este proyecto superando los obstáculos y dificultades presentados en el camino.

A Ciro Jurado Jerez, Ingeniero Electricista UIS, director del proyecto de grado, por su valiosa orientación, dedicación y colaboración durante el desarrollo del presente proyecto.

A Iván Augusto Rojas Camargo, Profesional división Planta Física y codirector del proyecto, por su interés, paciencia e incondicional apoyo para llevar a cabo la culminación de este proyecto.

A la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones por los conocimientos brindados durante la carrera.

A Dios y a la Virgen por bendecirme y brindarme la sabiduría necesaria en toda mi vida y durante toda mi carrera universitaria.

A mi mami por ser mi base y mi apoyo, por cuidarme y protegerme, por todos sus esfuerzos, por regalarme enseñanzas adquiridas por su experiencia, por ser esa persona incondicional que a pesar de las dificultades ha estado siempre conmigo ayudándome, mostrándome el camino correcto y brindándome todo su amor.

A mi hermana por su apoyo, cariño y paciencia.

A mi novio, por brindarme todo su amor y su ternura, por ser esa personita tan especial para mi vida, por tener siempre la palabra precisa en el momento indicado, por sus consejos y por su incondicional apoyo sin importar las circunstancias, por tantos momentos especiales vividos, por su comprensión y por enseñarme que siempre vale la pena soñar.

A mi entrenador por confiar en mí y enseñarme tantas cosas para mi crecimiento personal, a mis amigas del equipo de voleibol de la universidad, por regalarme tantos momentos de alegría.

A todos mis amigos y compañeros que estuvieron conmigo durante mi carrera universitaria.

LUZ ANGELA SUAREZ RUGELLES

Dedico este proyecto en primera instancia a DIOS, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además por su infinita sabiduría, bondad y amor.

A mi padre Pedro Felipe. Bohórquez Rodríguez, por haber creído en mí, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, pero más que nada por su amor.

A mi madre Carmen Méndez, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi novio William Rene Osorio Monroy, por hacer de mis alegrías y tristezas las suyas, por haber estado ahí impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera y dándome fuerzas para seguir adelante, por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida y sobre todo por su amor incondicional.

A la señora Claudia Rugeles por el apoyo brindado durante el desarrollo de este proyecto.

A todas las personas que hicieron posible el cumplimiento de esta etapa en mi vida solo les digo que mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles, espero contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

¡Gracias a ustedes!

YENI PAOLA BOHÓRQUEZ MÉNDEZ

A DIOS, por ser fuente de vida y manantial de sabiduría.

A mis padres ÁNGEL MARÍA y MARÍA INÉS, que han sido la guía y el sustento en mi proyecto de vida.

A mis hermanos SERGIO, CAMILO y ALEJANDRA por colaborarme en este camino de crecimiento intelectual y personal.

A mi familia radicada en Bucaramanga por acogerme durante la estadía en la ciudad.

A mis amigos y compañeros por compartir día a día los quehaceres de esta gran institución "UIS".

Edgardo Aguillón Márquez

SIGLAS Y ABREVIATURAS

ACIEM: Asociación colombiana de Ingenieros Electricistas, Mecánicos y Afines

AIU: Administración, Imprevistos y Utilidad.

ANSI: Instituto Nacional Americano de estandarización (American National Standards Institute.)

A.T.: Alta Tensión.

AWG: Galga Americana (American Wire Gage.)

B.T.: Baja Tensión.

c.a.: Corriente alterna.

c.c.: Corriente continua.

CEI: Comisión Electrotécnica Internacional (Internacional Electrotechnical Comision)

Cv: Regulación de Tensión.

DPS: dispositivo de protección contra sobrecorriente

ESSA: Electrificadora de Santander S.A.

F: fluorescente.

FC: fluorescente compacta.

f.p.: Factor de potencia.

Hz: Hertz (Unidad de medida de Frecuencia)

I: Intensidad de corriente eléctrica.

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

IEEE: Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineers).

IES: Illuminating Engineering Society.

M.T.: Media Tensión.

NTC 2050: Norma Técnica Colombiana 2050. Código Eléctrico Colombiano.

V: Volts (Unidad de medida de tensión).

R: Resistencia en Ohms.

Pp: Pérdidas de potencia.

R: Resistividad.

SI: Sistema Internacional de Unidades.

VA: Volt-Amperes (Unidad de medida de potencia aparente).

°C: Grados Celsius (Unidad de medida de temperatura).

RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

RETILAP: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	28
OBJETIVOS.....	29
OBJETIVO GENERAL	29
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	31
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	31
1.2 JUSTIFICACIÓN	31
1.3 IMPACTO ESPERADO	32
1.4 USUARIOS DIRECTOS E INDIRECTOS POTENCIALES	33
1.5 ESTRUCTURA DEL LIBRO	33
2. MARCO TEÓRICO	35
2.1 DEFINICIONES	35
2.2 REGULACIÓN DE TENSIÓN EN LA RED.....	45
2.3 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	49
2.3.1 Medición de la resistencia de la puesta a tierra	50
2.3.2 Medición de resistividad aparente.....	56
2.4 NIVEL DE ILUMINACIÓN.....	58
2.5 SELECCIÓN DE CONDUCTORES	68
2.5.1 Selección del conductor del circuito ramal	69
2.5.2 Selección del conductor de acometida.....	73
2.5.3 Selección del conductor de puesta a tierra.	73
2.6 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES.....	74
2.7 SELECCIÓN DE LA DUCTERÍA	75
2.8 DEMANDA MÁXIMA.....	75
2.9 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO	75
2.9.1 Analizador de redes.	76
2.9.2 Rastreador de circuitos.	77
2.9.3 Luxómetro	79

2.9.4	Telurómetro.....	81
2.9.5	Medidor de resistencia de aislamiento	81
2.9.6	Pinza de medida	82
2.10	Medición del aislamiento.....	82
3.LEVANTAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS		85
3.1	METODOLOGÍA UTILIZADA.....	85
3.1.1	Recopilación y obtención de la información.....	85
3.1.2	Análisis de los datos obtenidos.....	87
3.2	ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO	88
3.2.1	Alimentación	89
3.2.2	Subestación eléctrica.....	89
3.2.3	Tablero General.....	93
3.2.4	Puesta a Tierra	93
3.2.5	Descripción de los tableros de distribución final.	94
3.2.6	Fallas generales del sistema eléctrico	112
3.2.7	Cuadros de carga actuales de los tableros de uso final.....	117
3.2.8	Cuadros de regulación actuales de los tableros de uso final	142
3.2.9	Análisis de la calidad del suministro actual de energía.....	168
4.	PROPUESTA DE REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	180
4.1	DESCRIPCIÓN DE REFORMAS.....	181
4.2	CUADROS DE CARGA DEL REDISEÑO.....	190
4.3	CUADROS DE REGULACIÓN DEL REDISEÑO.....	212
4.4	ANÁLISIS DE RIESGOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS PARA LAS INSTALACIONES.....	239
4.4.1	Evaluación del factor de riesgo para protección contra rayos.....	239
4.5	DISEÑO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA.....	256
4.6	PLANTA DE EMERGENCIA.....	265
4.7	CONMUTADOR DE TRANSFERENCIA.....	272

5.	NIVELES DE ILUMINACION.....	274
5.1	ILUMINACION ACTUAL DEL EDIFICIO	274
5.2	CÁLCULO TIPO PARA LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN	277
5.3	PROPUESTA DE REDISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN	284
5.3.1	Diseño del software.....	285
5.3.2	Estudio del rediseño de los niveles de iluminación.....	291
6.	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO	303
7.	CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	324
	BIBLIOGRAFIA.....	328
	ANEXOS.....	329

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. FACTORES DE CORRECCIÓN PARA OTRAS CONEXIONES.....	47
TABLA 2. CONSTANTES DE REGULACIÓN PARA CONDUCTORES DE COBRE AISLADO EN DUCTO NO METÁLICO.....	48
TABLA 3. PORCENTAJES DE REGULACIÓN DE TENSIÓN.....	49
TABLA 4. TABLA DE COEFICIENTES DE PENDIENTE DEL MÉTODO DE TAGG.....	55
TABLA 5. VALORES DE REFLECTANCIA (APROXIMADA) EN % PARA COLORES Y TEXTURAS.....	65
TABLA 6. REFLECTANCIA EFECTIVA DE CAVIDAD DE TECHO Y PISO PARA VARIAS COMBINACIONES DE REFLECTANCIAS.....	66
TABLA 7. FACTORES DE CORRECCIÓN CUANDO LA REFLECTANCIA EFECTIVA DE PISO DIFIERE DEL 20%.....	67
TABLA 8. FACTORES DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA.....	70
TABLA 9. FACTORES DE CORRECCIÓN PARA MÁS DE 3 CONDUCTORES.....	70
TABLA 10. CAPACIDADES DE CORRIENTE (A) PERMISIBLES PARA CONDUCTORES AISLADOS.....	71
TABLA 11. NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES Y ALAMBRES DE APARATOS EN TUBO CONDUIT RÍGIDO DE PVC.....	72
TABLA 12. FACTORES DE DEMANDA PARA CARGAS EN EDIFICACIONES NO RESIDENCIALES.....	73
TABLA 13. CALIBRE MÍNIMO DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS PARA PUESTA A TIERRA DE CANALIZACIONES Y EQUIPOS.....	74
TABLA 14. MÉTODO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.....	94
TABLA 15. CUADRO DE CARGA TABLERO A.....	118
TABLA 16. CUADRO DE CARGA TABLERO B.....	120
TABLA 17. CUADRO DE CARGA TABLERO C.....	121
TABLA 18. CUADRO DE CARGA TABLERO D.....	122
TABLA 19. CUADRO DE CARGA TABLERO.....	123
TABLA 20. CUADRO DE CARGA TABLERO F.....	125
TABLA 21. CUADRO DE CARGA TABLERO G.....	126
TABLA 22. CUADRO DE CARGA TABLERO G.....	127
TABLA 23. CUADRO DE CARGA TABLERO I.....	128
TABLA 24. CUADRO DE CARGA TABLERO J.....	129
TABLA 25. CUADRO DE CARGA TABLERO CF1.....	130
TABLA 26. CUADRO DE CARGA TABLERO CF2.....	131
TABLA 27. CUADRO DE CARGA TABLERO N.....	132
TABLA 28. CUADRO DE CARGA TABLERO TC-A.....	133
TABLA 29. CUADRO DE CARGA TABLERO K.....	134
TABLA 30. CUADRO DE CARGA TABLERO L.....	136

TABLA 31. CUADRO DE CARGA TABLERO M.....	137
TABLA 32. CUADRO DE CARGA TABLERO TGA	139
TABLA 33. CUADRO DE CARGA TABLERO TGB	140
TABLA 34. CUADRO DE CARGA GENERAL	141
TABLA 35. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO A.....	144
TABLA 36. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO B.....	146
TABLA 37. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO C.....	147
TABLA 38. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO D.....	148
TABLA 39. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO E	149
TABLA 40. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO F	151
TABLA 41. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO G	152
TABLA 42. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO H	153
TABLA 43. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO I.....	154
TABLA 44. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO J.....	155
TABLA 45. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO CF1	156
TABLA 46. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO CF2	157
TABLA 47. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO N.....	158
TABLA 48. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TC-A	159
TABLA 49. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO K.....	160
TABLA 50. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO L	162
TABLA 51. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO M.....	163
TABLA 52. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO GA	165
TABLA 53. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO GB	166
TABLA 54. CUADRO DE REGULACIÓN GENERAL	167
TABLA 55. RESUMEN DE TENSIONES EN FASES Y NEUTRO.....	170
TABLA 56. RESUMEN DE INTENSIDAD DE CORRIENTE EN EL EDIFICIO	172
TABLA 57. CUADRO DE CARGA TABLERO A.....	191
TABLA 58. CUADRO DE CARGA TABLERO B.....	193
TABLA 59. CUADRO DE CARGA TABLERO C.....	194
TABLA 60. CUADRO DE CARGA TABLERO D	195
TABLA 61. CUADRO DE CARGA TABLERO E	198
TABLA 62. CUADRO DE CARGA TABLERO F	199
TABLA 63. CUADRO DE CARGA TABLERO G	200
TABLA 64. CUADRO DE CARGA TABLERO H	201

TABLA 65. CUADRO DE CARGA TABLERO I	202
TABLA 66. CUADRO DE CARGA TABLERO TC-A	203
TABLA 67. CUADRO DE CARGA TABLERO TJ	204
TABLA 68. CUADRO DE CARGA TABLERO TK	206
TABLA 69. CUADRO DE CARGA TABLERO TL	207
TABLA 70. CUADRO DE CARGA MÓDULO 1	209
TABLA 71. CUADRO DE CARGA MÓDULO 2	210
TABLA 72. CUADRO DE CARGA GENERAL	211
TABLA 73. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TA	220
TABLA 74. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TB	221
TABLA 75. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TC	222
TABLA 76. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TD	223
TABLA 77. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TE	225
TABLA 78. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TF	226
TABLA 79. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TG	227
TABLA 80. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TH	228
TABLA 81. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TI	229
TABLA 82. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TC-A	230
TABLA 83. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TJ	231
TABLA 84. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TK	232
TABLA 85. CUADRO DE REGULACIÓN TABLERO TL	233
TABLA 86. CUADRO DE REGULACIÓN MÓDULO 1	236
TABLA 87. CUADRO DE REGULACIÓN MÓDULO 2	237
TABLA 88. CUADRO DE REGULACIÓN GENERAL	238
TABLA 89. VALORES DE REFLECTANCIA SEGÚN SUPERFICIE	276
TABLA 90. RESUMEN DE MEDICIÓN SALÓN 103	278
TABLA 91. RESULTADOS NIVELES DE ILUMINACIÓN	278
TABLA 92. RESULTADOS NIVELES DE ILUMINACIÓN SÓTANO	281
TABLA 93. RESULTADOS NIVELES DE ILUMINACIÓN PRIMER PISO	282
TABLA 94. RESULTADOS NIVELES DE ILUMINACIÓN SEGUNDO PISO	283
TABLA 95. LÁMPARAS A UTILIZAR EN EL REDISEÑO	291
TABLA 96. ESPECIFICACIONES LABORATORIO DE PROCESOS	292
TABLA 97. NIVELES TOTALES DE ILUMINANCIA	297
TABLA 98. RESUMEN CÁLCULO DE REDISEÑO ILUMINACIÓN SÓTANO	299

TABLA 99. RESUMEN CÁLCULO DE REDISEÑO ILUMINACIÓN PRIMER PISO	300
TABLA 100. RESUMEN CÁLCULO DE REDISEÑO ILUMINACIÓN SEGUNDO PISO	301
TABLA 101. CANTIDADES DE OBRA TABLERO GENERAL TG	303
TABLA 102. CANTIDADES DE OBRA TABLERO A	304
TABLA 103. CANTIDADES DE OBRA TABLERO B.....	306
TABLA 104. CANTIDADES DE OBRA TABLERO C.....	307
TABLA 105. CANTIDADES DE OBRA TABLERO D	308
TABLA 106. CANTIDADES DE OBRA TABLERO E.....	309
TABLA 107. CANTIDADES DE OBRA TABLERO F	311
TABLA 108. CANTIDADES DE OBRA TABLERO G.....	313
TABLA 109. CANTIDADES DE OBRA TABLERO H	314
TABLA 110. CANTIDADES DE OBRA TABLERO I.....	316
TABLA 111. CANTIDADES DE OBRA TABLERO J	317
TABLA 112. CANTIDADES DE OBRA TABLERO K.....	319
TABLA 113. CANTIDADES DE OBRA TABLERO L.....	320
TABLA 114. CANTIDADES DE OBRA SUBESTACIÓN	321
TABLA 115. PRESUPUESTO OBRA	322

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL MÉTODO DE LA CAÍDA DE POTENCIA.	51
FIGURA 2. SOLAPAMIENTO DE LOS GRADIENTES DE POTENCIAL PRODUCIDOS POR LOS ELECTRODOS.	52
FIGURA 3. GRADIENTES DE POTENCIAL Y CURVA DE RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA VS DISTANCIA.	53
FIGURA 4. MÉTODO DE WENNER PARA DETERMINACIÓN DE RESISTIVIDAD APARENTE DEL SUELO.	56
FIGURA 5: DISTANCIAS Y CAVIDADES PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL COEFICIENTE DEL LOCAL.	63
FIGURA 6: ACOMETIDA ALIMENTACIÓN DEL EDIFICIO	89
FIGURA 7: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	89
FIGURA 8: SECCIONADOR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	90
FIGURA 9: TRANSFORMADOR DE POTENCIA	91
FIGURA 10: CONDUCTORES EN BORNES DE SALIDA DEL TRANSFORMADOR	92
FIGURA 11: CONDUCTORES EN BORNES DE ENTRADA DEL TRANSFORMADOR.....	92
FIGURA 12: TABLERO GENERAL, BARRAJES (TGA Y TGB) Y ACOMETIDA DE LLEGADA	93
FIGURA 13: ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA ACTUAL DEL EDIFICIO PLANTA DE ACEROS.	95
FIGURA 14: TABLERO DE USO FINAL TA.....	96
FIGURA 15: TABLERO DE USO FINAL TB	97
FIGURA 16: TABLERO DE USO FINAL TC	98
FIGURA 17: TABLERO DE USO FINAL TD.....	99
FIGURA 18: TABLERO DE USO FINAL TE	100
FIGURA 19: TABLERO DE USO FINAL TF	101
FIGURA 20: TABLERO DE USO FINAL TG.....	102
FIGURA 21: TABLERO DE USO FINAL TH.....	103
FIGURA 22: TABLERO DE USO FINAL TI	104
FIGURA 23: TABLERO DE USO FINAL TJ.....	105
FIGURA 24: CAJA DE FUSIBLES CF1.....	106
FIGURA 25: CAJA DE FUSIBLES CF2.....	107
FIGURA 26: TABLERO DE USO FINAL TK.....	108
FIGURA 27: TABLERO DE USO FINAL TL.....	109
FIGURA 28: TABLERO DE USO FINAL TM.....	110
FIGURA 29: TABLERO DE USO FINAL TN.....	111
FIGURA 30: TABLERO DE USO FINAL TC-A.....	112
FIGURA 31: ALGUNOS TABLEROS QUE MUESTRAN LA FALTA DE SEÑALIZACIÓN	113

FIGURA 32: FALTA DE SEÑALIZACIÓN EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	114
FIGURA 33: MUESTRA DE TABLEROS CON INADECUADA DISPOSICIÓN DE CABLEADO	114
FIGURA 34: MUESTRA DE FALTA DE LIMPIEZA	115
FIGURA 35: ALGUNOS CABLES Y EMPALMES EXPUESTOS.....	116
FIGURA 36: APARATOS EN MAL ESTADO	116
FIGURA 37: EDIFICIO PLANTA DE ACEROS	117
FIGURA 38: CONEXIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES	168
FIGURA 39: DIAGRAMA DE TENSIÓN POR FASE EN EDIFICIO.....	169
FIGURA 40: DIAGRAMA DE INTENSIDAD DE CORRIENTE POR FASE EN EDIFICIO.....	171
FIGURA 41: DIAGRAMA DE ARMÓNICOS DE TENSIÓN.....	173
FIGURA 42: DIAGRAMA DE ARMÓNICOS DE TENSIÓN PARA LA FASE A	174
FIGURA 43: DIAGRAMA DE ARMÓNICOS DE TENSIÓN PARA LA FASE B	175
FIGURA 44: DE ARMÓNICOS DE TENSIÓN PARA LA FASE C	175
FIGURA 45: DIAGRAMA DE ARMÓNICOS DE INTENSIDAD DE CORRIENTE.....	176
FIGURA 46: DIAGRAMA DE ARMÓNICOS DE INTENSIDAD DE CORRIENTE PARA LA FASE A	177
FIGURA 47: DIAGRAMA DE ARMÓNICOS DE INTENSIDAD DE CORRIENTE PARA LA FASE B	178
FIGURA 48: DIAGRAMA DE ARMÓNICOS DE INTENSIDAD DE CORRIENTE PARA LA FASE C	178
FIGURA 49: DIAGRAMA DE DEMANDA DEL EDIFICIO	179
FIGURA 50: SÍMBOLO DE RIESGO ELÉCTRICO PARA LOS TABLEROS.....	181
FIGURA 51: PATIO DE FUNDICIÓN PLANTA DE ACEROS	212
FIGURA 52. NIVELES CERÁMICOS DE COLOMBIA	246
FIGURA 53. PLANTA DE EMERGENCIA	265
FIGURA 54. CONMUTADOR DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.....	272
FIGURA 55: MUESTRA DE LUMINARIAS ENCONTRADAS	275
FIGURA 56: ESQUEMA DE RESULTADOS DEL DIALUX LIGHT 4.9.....	279
FIGURA 57: INTERFAZ SOFTWARE LUMI	285
FIGURA 58: PRIMER PASO	286
FIGURA 59: SEGUNDO PASO	286
FIGURA 60: TERCER PASO.....	287
FIGURA 61: UBICACIÓN DE LUMINARIAS	288
FIGURA 62: CÁLCULOS DE ALTURAS	288
FIGURA 63: CÁLCULO DE ÍNDICES DE LAS CAVIDADES	289
FIGURA 64: MENÚ ARCHIVO LUMI.....	289
FIGURA 65: MENÚ VER CATÁLOGOS	290

FIGURA 66: MENÚ VER TABLAS290

FIGURA 67: MENÚ AYUDA290

FIGURA 68: LÁMPARA A USAR EN EJEMPLO DEL REDISEÑO292

FIGURA 69. EJEMPLO LUMI293

FIGURA 70. RESULTADOS LUMI294

FIGURA 71. PARÁMETROS EJEMPLO DIALUX.....295

FIGURA 72. RESULTADOS EJEMPLO DIALUX296

FIGURA 73. DIAGRAMA FINAL DIALUX296

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. UBICACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS DENTRO DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	329
ANEXO B. CODIGO (.M) SOFTWARE LUMI EN MATLAB	329

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN, LEVANTAMIENTO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO PLANTA DE ACEROS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

AUTORES: LUZ ANGELA SUAREZ RUGELES**
YENI PAOLA BOHÓRQUEZ MÉNDEZ**
EDGARDO AGULLÓN MÁRQUEZ**

PALABRAS CLAVE: INSTALACIONES ELÉCTRICAS, ILUMINACIÓN, INVENTARIO, ESTUDIO, REDISEÑO, ANÁLISIS, SOFTWARE, PRESUPUESTO.

Con las normas vigentes y los entes reguladores exigiendo el cumplimiento de las mismas, el edificio Planta de Aceros de la Universidad Industrial de Santander sede central, como entidad pública, se ve en la obligación de estandarizarse, aplicar y cumplir normas como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), el Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050), el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) y la Norma para el cálculo y diseño de sistemas de distribución de la ESSA, es por esta razón que este proyecto apunta a realizar un diagnóstico y un rediseño de las instalaciones eléctricas de la edificación.

El desarrollo de este proyecto abarca realizar una inspección visual y de medición de todas las instalaciones eléctricas del edificio incluyendo tableros, tomacorrientes y sistema de iluminación, hacer un levantamiento digitalizado de las instalaciones eléctricas actuales en el edificio Planta de Aceros, construir un rediseño de las instalaciones eléctricas del edificio basado en las exigencias de la normatividad, garantizando la seguridad y el buen desempeño de los equipos interconectados, elaborar las cantidades de obra y su respectivo presupuesto económico para estimar el costo real del proyecto, finalmente diseñar un software de iluminación que permitirá verificar detalladamente parámetros de iluminación.

Lo propuesto en este proyecto está fundamentado en las normas eléctricas vigentes en Colombia, lo cual garantiza que el edificio Planta de Aceros de la Universidad Industrial de Santander sede central contará con un servicio con estándares de alta calidad, seguridad, confiabilidad y eficiencia exigidas por los entes reguladores, además este proyecto se realiza por el bienestar de toda la comunidad educativa.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Ing. Ciro Jurado Jeréz.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION, LIFTING AND REDESIGN OF THE ELECTRICAL INSTALLATIONS OF THE BUILDING PLANTA DE ACEROS OF CENTRAL CAMPUS OF THE UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

AUTHORS: LUZ ANGELA SUAREZ RUGELES**
YENI PAOLA BOHÓRQUEZ MÉNDEZ**
EDGARDO AGULLÓN MÁRQUEZ**

KEYWORDS: ELECTRICAL INSTALLATIONS, LIGHTING, INVENTORY, STUDY, redesign, ANALYSIS, SOFTWARE, BUDGET.

Under existing rules and regulatory entities demanding the fulfillment there of, the building Planta de Aceros of central campus of Universidad Industrial de Santander, as a public entity is obligated to standardize, implement and enforce rules as the Technical Regulations of Electrical Installations (RETIE), Colombian Electrical Code (NTC 2050), Technical Regulation of lighting and Public Lighting (RETILAP) and the Standard for the calculation and design of distribution systems ESSA, is for this reason that this project aims to make a diagnosis and a redesign of the building's electrical installations.

The development of this project includes a visual inspection of all electrical installations of the building including boards, sockets and lighting system, make a digitized lifting of the current electrical installations of the building Planta de Aceros, build a redesign of the building's electrical installations based on the requirements of the normativity, ensuring the security and good performance of interconnected equipment, produce the quantities of work and their respective financial budget to estimate the actual cost of the project, finally design a lighting software that will check detail lighting parameters.

Proposed in this project is based on electrical standards in force in Colombia, which ensures that the building Planta de Aceros of central campus of the Universidad Industrial de Santander will have a service with high standards of quality, safety, reliability and efficiency demanded by regulatory entities, and this project is done for the welfare of the entire school community.

* Degree Work

** Faculty of Physic-mechanical engineerings. Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering School. Ing. Ciro Jurado Jerez.

INTRODUCCIÓN

La seguridad de los equipos, del medio ambiente y de los usuarios del servicio de energía eléctrica, es uno de los factores más importantes a tener en cuenta en el diseño de las instalaciones eléctricas, es por esta razón que los entes encargados del control en el sector eléctrico decidieron crear un conjunto de normas donde aparte de servir de guía para diseñadores y entidades certificadoras, se establecen los requisitos mínimos de diseño para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas y penalizar a quienes no los cumplan.

Debido a esto, el personal directivo de la División de Planta Física de la Universidad Industrial de Santander sede central, plantea la necesidad de evaluar el estado del sistema actual de iluminación y de las instalaciones eléctricas del edificio Planta de Aceros, obtener el levantamiento digitalizado de estas y recibir un rediseño de los aspectos que no cumplan lo establecido en las normas, para garantizar así un óptimo comportamiento de las instalaciones eléctricas y un correcto manejo de la energía eléctrica.

De acuerdo con este planteamiento, la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones decide brindar apoyo para la realización de este proyecto autorizándolo como proyecto de grado y es así como siendo estudiantes de ingeniería eléctrica se nos asigna la tarea de cumplir con todos los requerimientos de la división de planta física de la Universidad Industrial de Santander.

Además de cubrir las necesidades de la división de planta física, nuestro objetivo es brindar un aporte significativo y trascendental en cuanto a seguridad y eficiencia a toda la comunidad universitaria, en base a esto se desarrollará este libro dando una clara estructura de cómo se llevó a cabo el estudio y como se alcanzaron todos los objetivos planteados.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar la revisión y el rediseño de las instalaciones eléctricas del edificio Planta de Aceros de la Universidad Industrial de Santander, apoyados en las normas técnicas colombianas vigentes como el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE (Resolución 181294 del 6 de Agosto de 2008) y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP (Resolución 180540 de marzo 30 de 2010).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para el cumplimiento del objetivo general del proyecto se requiere lo siguiente:

- Realizar una evaluación y un levantamiento de las redes eléctricas del edificio Planta de Aceros de la Universidad Industrial de Santander para conocer las condiciones actuales de los circuitos eléctricos.
- Llevar a cabo una revisión de las instalaciones eléctricas del edificio Planta de Aceros de la Universidad Industrial de Santander, teniendo en cuenta el aislamiento, la corriente, iluminación, el sistema de puesta a tierra, regulación y pérdidas de potencia en cada una de los circuitos ramales según los parámetros establecidos por la normatividad vigente.
- Hacer un rediseño de dichas instalaciones eléctricas, elaborando los respectivos planos de construcción del diseño, que esté acorde con el cumplimiento del RETIE (Resolución 181294 del 6 de Agosto de 2008), y

del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP (Resolución 180540 de marzo 30 de 2010) y la NTC 2050.

- Entregar un informe completo donde se exponga con detalle las cantidades de obra necesarias para la realización de la misma y el presupuesto destinado para la remodelación de las instalaciones eléctricas del edificio Planta de Aceros de la Universidad Industrial de Santander.
- Elaborar un Software de planificación para iluminación capaz de efectuar cálculos y proporcionar resultados que permitan determinar parámetros para cumplir lo establecido por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP (Resolución 180540 de marzo 30 de 2010).

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el cumplimiento de las normas en cuanto a instalaciones eléctricas es una prioridad, pues entes como el Ministerio de Minas y Energía, el Comité de Regulación de Energía y Gas CREG, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y el Departamento Nacional de Planeación DNP, afirman que el no cumplimiento de dichas normas atentan con la seguridad tanto de los equipos como del usuario. La Universidad Industrial de Santander, desarrolla proyectos tanto en el campus principal como en sus sedes, donde el cumplimiento de dichas normas sobre las instalaciones eléctricas se debe cumplir completamente, garantizando bajo cualquier circunstancia la seguridad de la comunidad universitaria.

El edificio Planta de Aceros de la Universidad Industrial de Santander fue construido muchos años atrás, para la época en que fue construida la edificación no se contaba con normas de seguridad para las instalaciones eléctricas, ni con el avance tecnológico con el que se cuenta hoy en día, es por esta razón que se da la necesidad de realizar un completo mejoramiento en todas las instalaciones del edificio, incluyendo realizar adecuaciones en la red para impedir así sobrecargas en el sistema debido al uso de maquinarias y equipos que no estaban previstos en el diseño inicial.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Debido a la necesidad de optimizar el funcionamiento de las instalaciones eléctricas, la Universidad Industrial de Santander en calidad de Institución formadora comprometida con la seguridad de toda la comunidad, se vio en la obligación de mejorar la estructura eléctrica de este edificio con el objetivo de

garantizar la fiabilidad, eficiencia, seguridad y calidad del servicio de las instalaciones eléctricas de la Planta de Aceros minimizando o eliminando los riesgos de accidentalidad eléctrica bajo la reglamentación existente.

El incremento de la población estudiantil ha dado como consecuencia una expansión en el ámbito estructural del Alma Mater, afectando así la red eléctrica interna, es por esta razón que se debe desarrollar una actualización, un rediseño y un cambio en esta red, teniendo en cuenta las exigencias y especificaciones que garanticen la seguridad con base en el buen funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

Ya que el buen manejo de la energía eléctrica es un tema que nos compete a todos, y debido a que el edificio Planta de Aceros de la Universidad Industrial de Santander no cuenta con planos actuales de instalaciones eléctricas, ni con un diseño que garantice el uso eficiente de la energía, ni el cumplimiento de las normas, se le da desarrollo a este proyecto, con el objetivo de presentar soluciones que lleven a un manejo responsable y eficiente de la energía eléctrica, teniendo como prioridad la seguridad de la comunidad.

1.3 IMPACTO ESPERADO

La realización de este proyecto busca incluir en las instalaciones eléctricas del edificio Planta de Aceros factores que se desprenden del seguimiento de las normas eléctricas colombianas vigentes, como seguridad de personas y dispositivos interconectados a la instalación eléctrica, eficiencia, confiabilidad y economía, y así lograr una alta calidad y una buena optimización del servicio en beneficio de la comunidad universitaria.

1.4 USUARIOS DIRECTOS E INDIRECTOS POTENCIALES

La elaboración de este proyecto contribuirá a toda la comunidad universitaria, en cuestiones de seguridad favorecerá a los estudiantes y trabajadores que realizan diariamente sus actividades en el edificio, también proporcionará a la universidad soluciones económicas y beneficio en cuanto a la responsabilidad legal que tiene de responder ante cualquier accidente que suceda por falta de cumplimiento a las normas vigentes, ya que el rediseño propuesto corregirá y mejorará el sistema eléctrico del edificio Planta de Aceros basado en las normas actuales.

1.5 ESTRUCTURA DEL LIBRO

El libro se estructura de la siguiente manera: En el capítulo dos se encuentran definiciones claves y toda la fundamentación teórica necesaria para el desarrollo del proyecto, aclarando algunos conceptos importantes, además se hace una breve descripción de todos los equipos utilizados durante el proyecto.

En el capítulo tres, se realiza una descripción de la metodología utilizada para realizar el levantamiento y la evaluación de las instalaciones eléctricas del edificio, además se encuentra un resumen del estado actual de las instalaciones eléctricas incluyendo cuadros de cargas y registros fotográficos de tableros, cajas de fusibles y tomacorrientes.

En el capítulo cuatro, se encuentra el rediseño que se realizó de las instalaciones eléctricas, con los nuevos cuadros de carga y de regulación incluyendo las consideraciones y detalles que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de este.

En el capítulo cinco, se pueden encontrar todos los aspectos relacionados con el estudio y el rediseño que se realizó en base a las normas al sistema actual de

iluminación, incluyendo registros fotográficos, además se encuentra el resumen del software que se diseñó para este sistema de iluminación.

En el capítulo seis, se pueden encontrar las cantidades totales de obra junto con sus análisis de precios unitarios, teniendo así un costo aproximado total de todo el proyecto.

En el capítulo siete, se presentan conclusiones y recomendaciones del proyecto.

2. MARCO TEÓRICO

El estudio de una instalación eléctrica busca crear condiciones técnicas apropiadas para que el sistema funcione correctamente, brindando seguridad a toda la comunidad y ofreciendo ahorros económicos notables. Para llevar a cabo el estudio de una instalación es necesario conocer conceptos del campo en estudio, estos conceptos son tomados del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050), el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE, Resolución 181294 del 6 de Agosto de 2008) y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP, Resolución 180540 de marzo 30 de 2010).

2.1 DEFINICIONES

- **Acometida:** Derivación de la red local del servicio público domiciliario de energía eléctrica, que llega hasta el registro de corte del inmueble.
- **Acometida general en baja tensión:** Es el medio de conexión eléctrica entre una subestación eléctrica o red de distribución y el tablero de distribución de acometida del suscriptor.
- **Acometida parcial:** Es el medio de conexión eléctrica entre un tablero de acometida y un tablero de distribución.
- **Acometida subterránea:** Conductores subterráneos de la acometida desde la red de la calle, incluidos los tramos desde un poste o cualquier otra estructura o desde los transformadores, hasta el primer punto de conexión con los conductores de entrada de la acometida en el tablero general, tablero de medidores o cualquier otro tablero con espacio adecuado, dentro o fuera del muro de una edificación.

- **Alimentador:** Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.
- **Área de trabajo:** Lugar del centro de trabajo, donde normalmente un trabajador desarrolla sus actividades.
- **Bandeja portacables:** Unidad o conjunto de unidades, con sus accesorios, que forman una estructura rígida utilizada para soportar cables y canalizaciones.
- **Canalización:** Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras.
- **Capacidad de corriente:** Corriente máxima en amperios que puede transportar continuamente un conductor en condiciones de uso, sin superar su temperatura nominal de servicio.
- **Capacidad nominal:** Conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas.
- **Carga:** Exigencia de potencia o corriente eléctrica que imponen los equipos conectados al sistema.
- **Carga Continua:** Carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más.

- **Carga de diseño:** Carga que para efectos de diseño se considera atendida por una salida.
- **Carga instalada:** Suma de las cargas de diseño de los equipos instalados en los predios de los suscriptores, susceptibles a ser conectados al sistema o a la parte del sistema que se considera.
- **Circuito:** Lazo cerrado formado por un conjunto elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobre corrientes.
- **Circuito ramal en baja tensión:** Conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobre-corriente y la salida o salidas.
- **Conductor activo:** Aquellas partes destinadas, en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a una tensión en servicio normal.
- **Conductor energizado:** Todo aquel que no está conectado a tierra y que tiene una diferencia de potencia con respecto a ésta.
- **Conductor de puesta a tierra:** conductor utilizado para conectar los equipos o el circuito puesto a tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra de la instalación.
- **Conductor de puesta a tierra de los equipos:** conductor utilizado para conectar las partes metálicas que no transportan corriente de los equipos, canalizaciones y otros encerramientos, al conductor puesto a tierra, al conductor del electrodo de tierra de la instalación o a ambos, en los equipos

de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado independiente.

- **Conductor del electrodo de puesta a tierra:** conductor utilizado para conectar electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra de los equipos, al conductor puesto a tierra o a ambos, del circuito en los equipos de acometida o en punto de origen de un sistema derivado independiente.
- **Conductor desnudo:** conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.
- **Conductor puesto a tierra:** conductor de una instalación o circuito conectado intencionalmente a tierra. Generalmente es el neutro de un sistema monofásico o de un sistema trifásico en estrella.
- **Conexión equipotencial:** Conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase, no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos puntos.
- **Contacto directo:** Es el contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica.
- **Contacto eléctrico:** Cada una de las partes conductoras de electricidad que se conectan para permitir el paso de la corriente. La operación de conexión, incluso cuando es involuntaria y en puntos no deseados, se denomina también contacto.
- **Contacto indirecto:** Es el contacto de personas o animales con elementos puestos accidentalmente bajo tensión o el contacto con cualquier parte activa a través de un medio conductor.

- **Contador de energía:** Es el aparato que registra el consumo de energía eléctrica.
- **Corriente de contacto:** Corriente que circula a través del cuerpo humano cuando está sometido a una tensión.
- **Controlador:** dispositivo o grupo de dispositivos que sirve para gobernar, de un modo predeterminado, la potencia eléctrica suministrada al aparato al que está conectado.
- **Corriente límite térmica:** Valor máximo de la intensidad de corriente que puede soportar térmicamente un componente del sistema sin deteriorarse.
- **Cortocircuito:** Fenómeno eléctrico ocasionado por una unión accidental o intencional de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial de un mismo circuito.
- **Cuadro de distribución:** Panel sencillo, bastidor o conjunto de paneles de tamaño grande, en los que se montan, por delante o por detrás o por los dos lados, interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorriente, elementos de conexión y usualmente instrumentos.
- **Descarga disruptiva:** Falla de un aislamiento bajo un esfuerzo eléctrico. Por superarse un nivel de tensión determinado que hace circular una corriente. Se aplica al rompimiento del dieléctrico en sólidos, líquidos o gases y a la combinación de estos.
- **Deslumbramiento:** Es cualquier brillo que produce molestia, interferencia con la visión o fatiga visual.

- **Distancia de seguridad:** Mínima distancia entre una línea energizada y una zona de se garantiza que no habrá descarga por acercamiento.
- **Electrodo de puesta a tierra:** Elemento o conjunto metálico conductor que se pone en contacto con la tierra física o suelo, ubicado lo más cerca posible del área de conexión del conductor de puesta a tierra al sistema. Puede ser una varilla destinada específicamente para ese uso o el elemento metálico de la estructura, la tubería metálica de agua en contacto directo con la tierra, un anillo o una malla formados por uno o más conductores desnudos destinados para ese uso.
- **Empalme:** Conexión eléctrica destinada a unir dos partes de conductores, para garantizar continuidad eléctrica y mecánica.
- **Equipo de corte de acometida:** Consiste generalmente en un interruptor automático, o interruptor y fusibles, con sus accesorios, situado cerca del punto de acometida de un edificio, otra estructura o en una zona definida, destinada para servir de control principal y de medio de desconexión del suministro.
- **Factor de potencia:** Relación entre la potencia activa (kW) la potencia aparente (kVA) del mismo sistema eléctrico o parte de él.
- **Fase:** Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

- **Herraje:** Accesorio como tuerca, pasacables u otra parte de una instalación eléctrica diseñado fundamentalmente para desempeñar una función mecánica, no eléctrica.
- **Iluminación:** Acción o efecto de iluminar.
- **Iluminancia (E):** densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx).
- **Iluminación promedio horizontal mantenida (E_{prom}):** Valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia promedio en el área especificada. Es la iluminancia promedio en el período en el que debe ser realizado el mantenimiento. También se le conoce como Iluminancia media mantenida.
- **Instalación eléctrica:** Conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, rectificación, conversión, distribución o utilización de la energía eléctrica.
- **Instalación interna:** Conjunto de acometidas parciales, tableros de distribución, circuitos ramales y salidas instaladas en el predio del suscriptor.
- **Interruptor automático:** Dispositivo diseñado para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada.
- **Interruptor de falla a tierra:** Interruptor diferencial accionado por corrientes de fuga a tierra, cuya función es interrumpir la corriente hacia la carga cuando se excede algún valor determinado por la soportabilidad de las personas.

- **Línea muerta:** Término aplicado a una línea sin tensión o des energizada.
- **Luminancia:** En un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. La unidad de luminancia es candela por metro cuadrado (Cd/m^2).
- **Lux:** Unidad de medida de iluminancia en el Sistema Internacional (S.I). Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado ($1 \text{ lux} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$).
- **Luxómetro:** instrumento para la medición del nivel de iluminación.
- **Neutro:** Conductor activo equipotencializado con respecto a varias fases normalmente puesto a tierra, bien sólidamente o a través de un impedancia limitadora.
- **Plano:** Representación a escala de una superficie.
- **Puesto a tierra eficazmente:** Conectado intencionalmente a tierra a través de una conexión o conexiones de tierra de impedancia suficientemente baja y con capacidad de circulación de corriente suficiente para evitar la aparición de tensiones que puedan provocar riesgos indebidos a las personas o a los equipos conectados.
- **Plano de trabajo:** es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado y cuyos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos.

- **Red de distribución:** Conjunto de conductores que llevan energía desde una subestación a toda el área de consumo.
- **Red interna:** El conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro del servicio público al inmueble a partir del medidor. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, es aquel sistema de suministro del servicio del inmueble a partir del registro de corte general cuando lo hubiere.
- **Resistencia de puesta a tierra:** Es la relación entre el potencial del sistema de puesta a tierra a medir, respecto a una tierra remota y la corriente que fluye entre estos puntos.
- **Regulación:** Razón en porcentaje (%) entre la diferencia de magnitudes de la tensión en el receptor en vacío y la tensión en el receptor a plena carga respecto a la magnitud de la tensión en el receptor a plena carga.
- **Salida:** Punto de una instalación del que se toma corriente para suministrarla a un equipo de utilización.
- **Sistema de distribución:** Conjunto de las instalaciones cuyo propósito es el suministro de electricidad a niveles de media y/o baja tensión.
- **Sistema de puesta a tierra (SPT):** Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y el cableado puesto a tierra.

- **Sistema de puesta a tierra de protección:** Conjunto de conexión, encerramiento, canalización, cable y clavija que se acoplan a un equipo eléctrico, para prevenir electrocuciones por contactos con partes metálicas energizadas accidentalmente.
- **Sobrecorriente:** Corriente por encima de la corriente nominal de un equipo de la capacidad de corriente de un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.
- **Sobrecarga:** Funcionamiento de un equipo por encima de sus parámetros normales a plena carga o de un conductor por encima de su capacidad de corriente nominal que, si persiste durante un tiempo suficiente podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga.
- **Sobretensión:** Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.
- **Sub-acometida:** Medio de conexión eléctrica entre el tablero general de acometida y un sub-tablero de acometida.
- **Subestación Eléctrica:** Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.
- **Tablero de distribución:** Conjunto de equipos de protección, barrajes y cableado que recibe las acometidas parciales y del cual se derivan los circuitos ramales.

- **Tablero general de acometida:** Conjunto de equipos de medida y protección, barrajes y cableado que recibe la acometida en baja tensión y del cual se derivan las sub-acometidas.
- **Tensión de contacto:** Diferencia de potencial que se presenta durante una falla entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro.
- **Tensión de paso:** Diferencia de potencial que se presenta durante una falla entre dos puntos del terreno separados por una distancia de un paso (aproximadamente un metro), en la dirección del gradiente de tensión máxima.
- **Tomacorriente:** dispositivo que tiene contactos hembra para la conexión de una clavija y terminales para la conexión a los circuitos de salida. Un tomacorriente sencillo es un dispositivo sencillo sin más dispositivos de contacto en el mismo molde. Un tomacorriente múltiple es un dispositivo que contiene dos o más tomacorrientes.
- **Tomacorriente GFCI:** tomacorriente con protección diferencial.
- **Topología:** Diagrama sin escala de una red que indica la configuración gráfica del sistema.

2.2 REGULACIÓN DE TENSIÓN EN LA RED

Uno de los aspectos más importantes que se debe tener en cuenta en el dimensionamiento de los conductores que forman parte de una instalación eléctrica, luego del cumplimiento de la capacidad amperimétrica o térmica, es el porcentaje de caída de tensión, denominado también en el ámbito técnico como porcentaje de regulación.

La regulación de tensión es la capacidad de mantener una tensión dada aun cuando existen cambios en la carga. El conductor puede ser considerado como un elemento de parámetros concentrados de cierta resistencia y reactancia, y cuando conduce cierta corriente la variación de tensión que por su causa se produce es:

$$\delta_v = \frac{R * \cos\varphi + X * \operatorname{sen}\varphi * L * I}{V}$$

Dónde:

- δ_v :** Es el valor de la regulación en por ciento. [%]
- R y X :** Son la Resistencia y la reactancia por unidad de longitud. [Ω /m]
- $\cos\varphi$:** Es el factor de potencia.
- L :** Es la longitud del cable en metros. [m]
- V :** Es la tensión. [V]

Una vez se fijan los valores de δ_v , V , I , L , $\cos\varphi$, se procede a determinar la constante de regulación del conductor (K), la cual permite seleccionar el cable a usar y puede ser interpretada como una resistencia aparente, que permite calcular la variación de tensión como si fuera una caída en corriente continua en un cable de resistencia. Para los cables considerados, los valores de Kg para las distintas secciones, se calculan con base en distintos $\cos\varphi$. Para obtener la constante de regulación, se divide el valor correspondiente de la constante generalizada (Kg), por la tensión de la línea al cuadrado.

La ESSA define la regulación de tensión, como la razón en porcentaje entre la diferencia de magnitudes de la tensión en el receptor en vacío y a plena carga, con respecto a la magnitud del receptor a plena carga. Esta medida se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

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

Dónde:

F_s : Es el factor de corrección para el tipo de conexión.

V : Es la tensión de línea en el extremo receptor, en voltios (V).

K_g : Es la constante generalizada.

S : Es la potencia aparente (VA).

L : Es la longitud entre receptor y fuente, en metros (m).

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

Tabla 1. Factores de corrección para otras conexiones.

Tipo de Subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	Bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica	8	2	2
Trifásica	6	2	2.25

Fuente: Tomado de las Normas Para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA (tabla 3.26).

La constante generalizada K_g es un valor que depende de la tensión de la red y del factor de potencia. Los valores de K_g especificados por las Normas para Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA, “Conductores de cobre aislado en ducto no metálico”, se ilustran en la tabla 2.

Tabla 2. Constantes de regulación para conductores de cobre aislado en ducto no metálico.

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

Fuente: Tomado de las Normas Para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA (tabla 3.25).

En circuitos ramales, para el cálculo de la regulación, se considera el momento eléctrico a partir de la carga instalada. La caída de tensión en el conductor se origina debido a la resistencia eléctrica al paso de la corriente. Esta resistencia depende de la longitud del circuito, el material, el calibre, la temperatura de operación del conductor y la configuración del circuito.

De acuerdo al tipo de instalación eléctrica se recomiendan valores de regulación de tensión, de manera que cumplan con lo dispuesto en el Código Eléctrico Colombiano y en la Norma para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA. En la tabla 3. "Porcentajes de regulación de voltaje", se especifican los valores recomendados para el cálculo y diseño de redes en las instalaciones eléctricas en baja tensión.

Tabla 3. Porcentajes de Regulación de Tensión

Descripción	%
Redes de distribución, BT, zona urbana	5
Redes de distribución, BT, zona rural	7
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador	3
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) desde redes de la Empresa	2
Circuito ramal	2
Alumbrado público	4

Fuente: Tomado de las Normas Para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA (Tabla 2.3).

2.3 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Los sistemas eléctricos de potencia, son extensas y complejas estructuras por donde circula el flujo de potencia desde los puntos de generación a los centros de consumo. Los aspectos referentes a la seguridad del personal y los equipos dentro del sistema de potencia son de especial consideración.

Los sistemas de puesta a tierra, son los elementos fundamentales encargados, de entre otras cosas, propiciar un camino de baja impedancia que permita drenar en forma adecuada los sobrevoltajes y corrientes de cortocircuito, en condiciones anormales de operación del sistema de potencia.

La puesta a tierra protege de los efectos de sobretensión producidos por la caída de rayos y descargas estáticas, contacto accidental con otra u otras líneas, señales de interferencia electromagnética y corrientes de fuga a tierra, por lo tanto, la ejecución correcta de esta brinda importantes beneficios al evitar pérdidas de vidas, daños materiales e interferencias con otras instalaciones.

En cuanto al mantenimiento debe hacerse de manera rutinaria el cual debe consistir en la medición de resistencia a tierra del sistema completo y de la resistividad del terreno, la inspección de corrosión, apriete y el cepillado de las conexiones que fueron dejadas intencionalmente con conectores atornillables. Estas mediciones, deben ser hechas en diferentes épocas del año, con el fin de evaluar el comportamiento con los cambios de humedad.

Es vital tener presente que cada vez que se conecte un equipo nuevo, o se haga reposición de los existentes, el diseño de los sistemas de tierra debe ser reconsiderado. El cambio puede crear lazos de corriente, interferir con las trayectorias de disipación de energía de descargas atmosféricas o proveer un camino a descargas externas.

2.3.1 Medición de la resistencia de la puesta a tierra. La medición de la resistencia de puesta a tierra se debe realizar por diferentes razones, entre ellas:

- Determinar la resistencia actual de las conexiones a tierra.
- Verificar la necesidad de un nuevo sistema de Puesta a Tierra.
- Determinar cambios en el sistema de Puesta a Tierra actual. Así se verifica si es posible o no incorporar nuevos equipos o utilizar el mismo sistema de puesta a tierra para protección contra descargas atmosféricas.
- Determinar los valores de tensiones de paso y contacto y el posible aumento que resulta de una corriente de falla en el sistema.
- Diseñar protecciones tanto para el personal como para los circuitos de potencia.

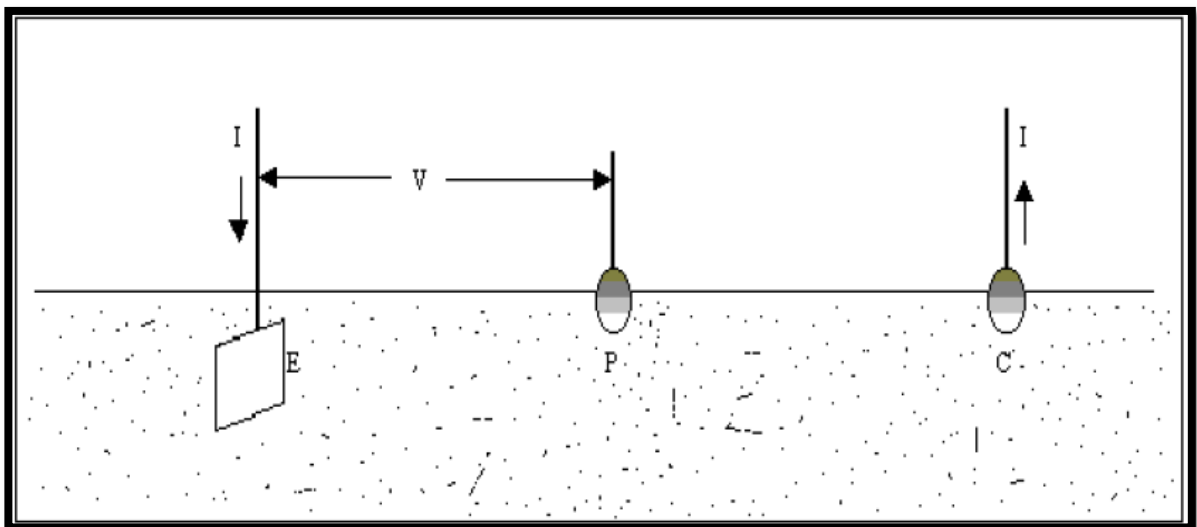
Para medir la resistencia de la tierra se usan varios métodos, por esta razón, a continuación se explicaran los métodos más comunes.

2.3.2.1 Método de la regla del 62%. Este es el método más empleado, los electrodos son dispuestos como lo muestra la Figura 2, donde E es el electrodo de tierra con resistencia desconocida, P y C son los electrodos auxiliares colocados a una distancia adecuada.

En este método, una corriente (I) conocida se hace circular a través de la tierra, entrando por el electrodo E y saliendo por el electrodo C. La medida de potencial entre los electrodos E y P se toma como el voltaje V para hallar la resistencia desconocida por medio de la relación V/I .

La resistencia de los electrodos auxiliares se desprecia, porque la resistencia del electrodo C no tiene determinación de la caída de potencial V . La resistencia del electrodo P, hace parte de un circuito de alta impedancia y su efecto se puede despreciar.

Figura 1. Esquema de conexión del método de la caída de potencia.



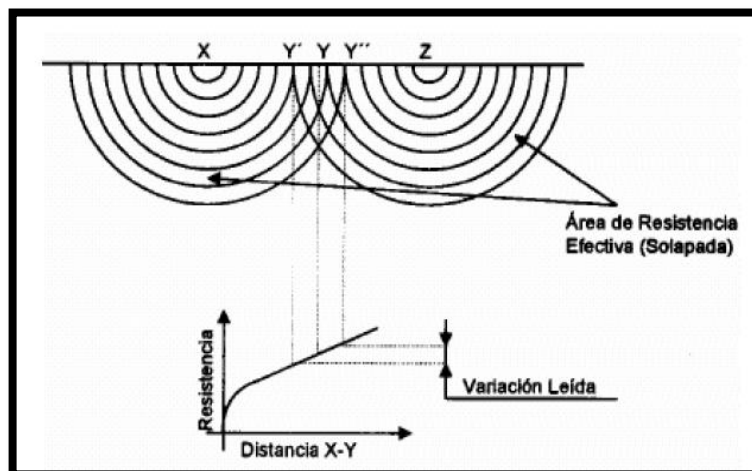
Fuente:http://www.sertec.com.py/telergia/telergia/informaciones/medicion_resistencia_puesta_tierra.html).

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

Una vez se tengan los datos se grafica Resistencia vs. Distancia electrodo de tensión y se calcula el 62% de la distancia del electrodo de corriente y se hace la lectura de la resistencia. Es este el punto que da el valor de la resistencia de puesta a tierra de la malla.

La medición de la resistencia de puesta a tierra por este método genera gradientes de potencial en el terreno producto de la inyección de corriente por tierra a través del electrodo de corriente. Por ello, si el electrodo de corriente, el de potencial y el de tierra se encuentran muy cercanos entre sí, ocurrirá un solapamiento de los gradientes generados por cada electrodo, resultando una curva en la cual el valor de la resistencia medida se incrementara con respecto a la distancia, tal como se muestra en la Figura 3.

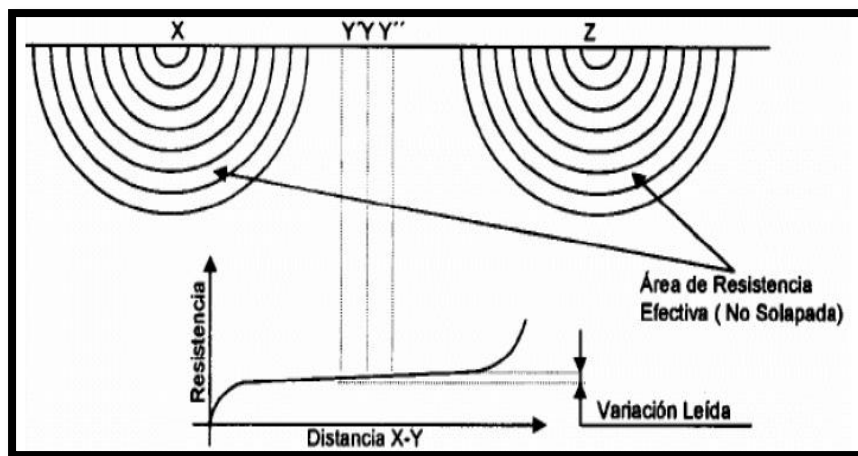
Figura 2. Solapamiento de los gradientes de potencial producidos por los electrodos.



Fuente: CASAS, Favio. TIERRAS Soporte de la Seguridad Eléctrica.

Cuando se ubica el electrodo de corriente a una distancia lo suficientemente lejos del electrodo de tierra, la variación de posición del electrodo de potencial, desde el electrodo de tierra hasta el electrodo de corriente, no producirá un solapamiento entre los gradientes de cada electrodo, originándose una curva como se muestra en la Figura 4.

Figura 3. Gradientes de potencial y curva de Resistencia de la puesta a tierra vs Distancia.



Fuente: CASAS, Favio. TIERRAS Soporte de la Seguridad Eléctrica.

Luego de conseguir una curva como la de la Figura 4, se calculan los valores de las resistencias al 50% y al 70% de la distancia del electrodo de corriente, a estos valores se les calcula la variación porcentual que tienen con respecto a la resistencia al 62% de la distancia del electrodo de corriente y si ambas variaciones son menores del 10% se toma la medición al 62% de la distancia como la resistencia de la puesta a tierra.

2.3.2.2 Método de la pendiente. Este método es más preciso y es más utilizado para sistemas de puesta a tierra grandes, cuando la posición del centro de la puesta a tierra no es conocido, cuando el área para colocar los electrodos de

prueba está restringida o es inaccesible, o cuando los otros métodos dan resultados poco razonables.

La forma de conexión del equipo de medición es igual a la del método de caída de potencial, con la diferencia que se hace un barrido más completo con el electrodo de potencial, entre el electrodo de puesta a tierra bajo estudio y el electrodo de corriente.

Se realiza una medición de resistencia en cada posición del electrodo de potencial y los resultados se grafican (resistencia en función de la distancia del electrodo de potencial). Al observar la gráfica resultante se puede descartar cualquier punto considerado absurdo. Con estos valores se calcula la constante μ o coeficiente de la pendiente, que es la medida del cambio de la pendiente de la curva de resistencia del electrodo de puesta a tierra bajo estudio.

$$\mu = \frac{R_{60\%} - R_{40\%}}{R_{40\%} - R_{20\%}}$$

Luego de calcular el coeficiente de la pendiente, se busca en la tabla 4 la relación entre la distancia del electrodo de potencial y la distancia del electrodo de corriente, ubicado este valor se obtiene un porcentaje que se multiplica por la distancia del electrodo de corriente y el resultado es la distancia a la cual se debe medir para encontrar el valor de la resistencia de la puesta a tierra.

Tabla 4. Tabla de coeficientes de pendiente del método de Tagg.

μ	P_T/C	μ	P_T/C	μ	P_T/C
0,4	0,643	0,8	0,58	1,2	0,494
0,41	0,642	0,81	0,579	1,21	0,491
0,42	0,64	0,82	0,577	1,22	0,488
0,43	0,639	0,83	0,575	1,23	0,486
0,44	0,637	0,84	0,573	1,24	0,483
0,45	0,636	0,85	0,571	1,25	0,48
0,46	0,635	0,86	0,569	1,26	0,477
0,47	0,633	0,87	0,567	1,27	0,474
0,48	0,632	0,88	0,566	1,28	0,471
0,49	0,63	0,89	0,564	1,29	0,468
0,5	0,629	0,9	0,562	1,3	0,465
0,51	0,627	0,91	0,56	1,31	0,462
0,52	0,626	0,92	0,558	1,32	0,458
0,53	0,624	0,93	0,556	1,33	0,455
0,54	0,623	0,94	0,554	1,34	0,452
0,55	0,621	0,95	0,552	1,35	0,448
0,56	0,62	0,96	0,55	1,36	0,445
0,57	0,618	0,97	0,548	1,37	0,441
0,58	0,617	0,98	0,546	1,38	0,438
0,59	0,615	0,99	0,544	1,39	0,434
0,6	0,614	1	0,542	1,4	0,431
0,61	0,612	1,01	0,539	1,41	0,427
0,62	0,61	1,02	0,537	1,42	0,423
0,63	0,609	1,03	0,535	1,43	0,418
0,64	0,607	1,04	0,533	1,44	0,414
0,65	0,606	1,05	0,531	1,45	0,41
0,66	0,604	1,06	0,528	1,46	0,406
0,67	0,602	1,07	0,526	1,47	0,401
0,68	0,601	1,08	0,524	1,48	0,397
0,69	0,599	1,09	0,522	1,49	0,393
0,7	0,597	1,1	0,519	1,5	0,389
0,71	0,596	1,11	0,517	1,51	0,384
0,72	0,594	1,12	0,514	1,52	0,379
0,73	0,592	1,13	0,512	1,53	0,374
0,74	0,591	1,14	0,509	1,54	0,369
0,75	0,589	1,15	0,507	1,55	0,364
0,76	0,587	1,16	0,504	1,56	0,358
0,77	0,585	1,17	0,502	1,57	0,352
0,78	0,584	1,18	0,499	1,58	0,347
0,79	0,582	1,19	0,497	1,59	0,341

Fuente: http://www.sertec.com.py/telergia/telergia/informaciones/medicion_resistencia_puesta_tierra.html.

2.3.3 Medición de resistividad aparente. La medición de resistividad aparente es útil para los siguientes propósitos:

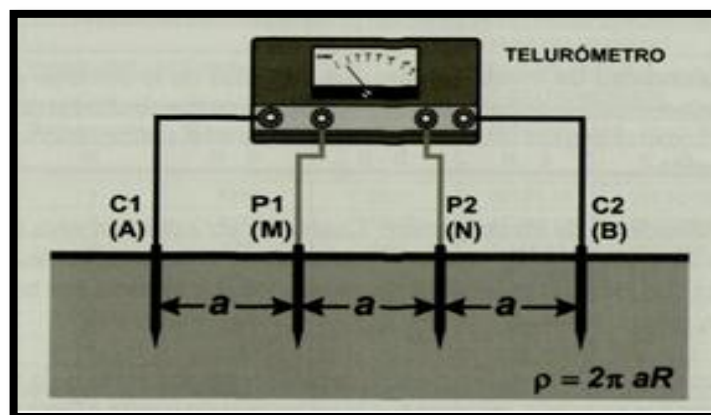
- Estimación de la resistencia de puesta a tierra de una estructura o un sistema.
- Estimación de gradientes de potencial incluyendo tensiones de contacto y paso.
- Cálculo del acoplamiento inductivo entre circuitos de potencia y comunicación cercanos.

Para medir la resistividad aparente del terreno, se puede aplicar el método tetraelectródico de Wenner, que se explica a continuación.

Método de Wenner

La medición de la resistividad permite obtener el comportamiento del suelo de forma homogénea o por capas según el análisis de los resultados obtenidos en la prueba y tener un análisis del suelo a profundidad donde el rango de profundidad de exploración para un suelo homogéneo es aproximadamente “ $0,75a$ ”, siendo “ a ” la separación entre los electrodos.

Figura 4. Método de Wenner para determinación de resistividad aparente del suelo.



Fuente: CASAS, Favio. TIERRAS Soporte de la Seguridad Eléctrica.

El método dispone de la colocación en línea recta de 4 electrodos y equidistantes una distancia “*a*” simétricamente respecto al punto en el que se desea medir la resistividad del suelo, no es de importancia la profundidad de los electrodos para profundidades mayores a 30 cm. El aparato de medida es el telurómetro clásico con 4 terminales, siendo los dos electrodos extremos los de inyección de la corriente de medida (*I*) y los dos centrales son los electrodos de medida de potencial (*V*).

En la práctica se puede decir que la resistividad aparente es básicamente la de las capas comprendidas entre la superficie del suelo y la profundidad a la cual la densidad de corriente se ha reducido a la mitad del valor de superficie, es decir, la profundidad de investigación es “*0,75a*”. El eje del sondeo eléctrico vertical y en consecuencia, de medida de resistividad, se encuentra en el medio del sistema simétrico compuesto por los cuatro electrodos, entre los dos de potencial.

Para obtener la resistividad, la ecuación exacta es:

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

Dónde:

ρ : Es la resistividad aparente del suelo en ohms-metro.

a: Es la distancia entre electrodos adyacentes en metros.

b: Es la profundidad de enterramiento de los electrodos en metros.

R: Es la resistencia eléctrica medida en ohms, calculada como *V/I*.

Cuando “*b*” es muy pequeño comparado con “*a*” la expresión se reduce a:

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

2.4 NIVEL DE ILUMINACIÓN

El ser humano tiene la tendencia de dar mucha importancia a la luz, ya que aproximadamente el 80 por ciento de la información que recibe viene de sus ojos. La visión no es una acción pasiva en respuesta a los objetos iluminados, sino la acción de procesar la información y enfocar en los detectores de luz de la retina del ojo. Esta información se almacena y se transfiere a su vez a través del nervio óptico hacia el cerebro para su interpretación. La visión es por lo tanto dependiente de la luz y del sistema visual.

La determinación de los niveles de iluminación adecuados para una instalación no es un trabajo sencillo, pues se debe tener en cuenta que los valores recomendados para cada tarea y entorno son fruto de estudios sobre valoraciones subjetivas de los usuarios (comodidad visual, agradabilidad, rendimiento visual). El usuario estándar no existe y por tanto, una misma instalación puede producir diferentes impresiones a distintas personas. En estas sensaciones influyen factores tales como los estéticos, los psicológicos y el nivel de iluminación, entre otros.

GENERALIDADES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente, hace posible la visión del entorno y al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y su ambientación y afectar el rendimiento visual, el estado de ánimo y la motivación de las personas.

El diseño de iluminación debe comprender la naturaleza física, fisiológica y psicológica de esas interacciones y además conocer y manejar los métodos y la

tecnología para producirlas, pero fundamentalmente demanda, competencia, creatividad e intuición para utilizarlas.

El diseño de iluminación debe definirse como la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la relación visual entre el usuario y su medio ambiente, para esto se deben tener en cuenta diversas disciplinas y áreas del conocimiento.

La solución a una demanda específica de iluminación debe ser resuelta en un marco interdisciplinario, atendiendo los diversos aspectos interrelacionados y la integración de enfoques, metodologías, técnicas y resultados. La iluminación puede ser proporcionada mediante luz natural o luz artificial, pero se debe buscar en lo posible una combinación de ellas que conlleven al uso racional y eficiente de la energía.

ILUMINACIÓN EFICIENTE

En los proyectos de iluminación se deben aprovechar los desarrollos tecnológicos de las fuentes luminosas, las luminarias, los dispositivos ópticos y los sistemas de control, de tal forma que se tenga el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles.

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, empleando apropiadamente los recursos tecnológicos y evaluando todos los costos razonables que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación.

Los sistemas de iluminación deben ser eficientes y por tanto deben contemplar el uso racional y eficiente de energía, entre otros requisitos se deben observar los siguientes:

- En todo diseño se debe buscar obtener las mejores condiciones de iluminación usando fuentes luminosas de la mayor eficacia disponible, conjuntos eléctricos de alta eficiencia y luminarias con la fotometría más favorable en términos de factor de utilización.
- En los proyectos nuevos o remodelaciones de sistemas de iluminación de avenidas, grandes áreas o parques deportivos, donde se tienen altos consumos de energía, se debe considerar la posibilidad de reducir los consumos en las horas de baja circulación de personas o vehículos, mediante la instalación de tecnologías o prácticas apropiadas de control.
- En zonas donde se instale alumbrado con bombillas que no permitan cambios de tensión como método de reducción de potencia, tales como las de halogenuros metálicos, se deben prever los circuitos eléctricos necesarios o los fotocontroles temporizados, para controlar el encendido de las bombillas.

REQUISITOS GENERALES EN EL DISEÑO DE ILUMINACIÓN INTERIOR

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

Los ítems más importantes que se necesitan investigar antes iniciar un diseño de alumbrado interior es:

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

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

ALUMBRADO EN LOCALES DE TRABAJO INTERIOR

Al diseñar el alumbrado para un local destinado a realizar algún tipo de trabajo, la meta más importante es la de obtener buenas condiciones visuales en el plano de trabajo. Una meta secundaria sería la creación de un medio ambiente visual que ejerza una influencia positiva sobre el rendimiento y el bienestar de sus usuarios.

Cuando se realiza un proyecto de iluminación normalmente se establece un nivel de iluminación superior, según el factor de mantenimiento, que dependerá de la fuente de luz elegida, de las luminarias, así como de la posibilidad de ensuciamiento del local. Con el tiempo el valor de iluminación inicial va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como de la suciedad acumulada en las luminarias, paredes, techos y suelo.

Los ciclos de mantenimiento y limpieza se deben realizar para mantener un nivel de iluminación adecuado a la tarea que se realiza en esta área, esto es lo que se llama nivel de iluminación mínimo mantenido, y se tendrán que sustituir las bombillas justo antes de alcanzar este nivel mínimo, de este modo se asegura que las tareas se puedan desarrollar según las necesidades visuales.

MÉTODO DE LAS CAVIDADES ZONALES

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

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

El método tiene cuatro pasos básicos:

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

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

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

Dónde:

N: Es el número de luminarias en el local.

n: Es el número de bombillas por luminaria

Φ_L : Es el flujo luminoso de una Bombilla de la luminaria.

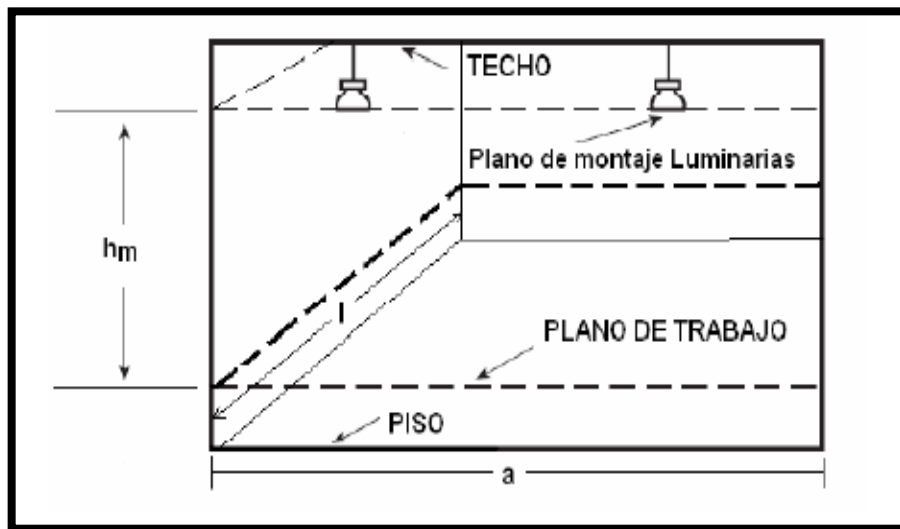
CU: Es el coeficiente o Factor de utilización para el plano de trabajo.

FM: Es el factor de mantenimiento de la instalación.

l: Es la longitud del local en metros

a: Es el ancho del local en metros

Figura 5: Distancias y cavidades para la aplicación del método del coeficiente del local.



Fuente: Reglamento Técnico de Iluminaciones y Alumbrado público RETILAP.

Las reflexiones de las cavidades de techo y piso son tenidas en cuenta mediante factores de corrección en la aplicación del método.

En este método la uniformidad se asocia con el criterio de espaciado propio de cada luminaria, el cual se determina en laboratorio junto con la información fotométrica. Tal criterio corresponde con la distancia máxima a respetar en un arreglo cuadrado de luminarias, determinada con base en el comportamiento fotométrico a lo largo de los ejes normales de la luminaria y su diagonal para mantener el nivel de uniformidad. Si este criterio no es suministrado se deberá

evaluar la uniformidad mediante el cálculo puntual de niveles de iluminación mediante los diagramas isocandela.

ÍNDICES DE LAS CAVIDADES

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

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

$$\text{Índice de la cavidad local} = R_{cl} = \frac{5 \cdot h_{cl} \cdot (l+a)}{l \cdot a}$$

$$\text{Índice de la cavidad piso} = R_{cp} = \frac{5 \cdot h_{cp} \cdot (l+a)}{l \cdot a}$$

Dónde:

h_{ct}: Es la altura de la cavidad del techo

h_{cl}: Es la altura de la cavidad del local

h_{cp}: Es la altura de la cavidad del piso

l: Es la longitud del local

a: Es el ancho de local

LA REFLECTANCIA (P)

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

Tabla 5. Valores de reflectancia (aproximada) en % para colores y texturas

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

Fuente: Reglamento Técnico de Iluminaciones y Alumbrado público RETILAP.

REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LAS CAVIDADES

Conocidas las reflectancias del techo, piso y paredes, en la tabla 5, se determinan las reflectancias efectivas para las cavidades de techo (ρ_{cc}) y piso (ρ_{fc}) mediante el uso de los índices de cavidad de techo y de cavidad de piso. Teniendo en cuenta que si la luminaria está montada en el techo o el plano de trabajo corresponde con el piso, el índice de cavidad será 0, y por lo tanto la reflectancia corresponderá con la del techo o el piso, respectivamente.

Tabla 6. Reflectancia efectiva de cavidad de techo y piso para varias combinaciones de reflectancias.

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

Fuente: Reglamento Técnico de Iluminaciones y Alumbrado público RETILAP.

USO DE TABLAS FOTOMÉTRICAS DE Cu

El coeficiente de utilización se determina con base en las tablas suministradas por los fabricantes relacionados con la información fotométrica de cada tipo de luminaria. Las tablas de Cu están parametrizadas en función del índice de local y de los índices de reflectancias efectivas para las cavidades de techo (ρ_{cc}) y piso (ρ_{fc}), así como de la reflectancia de las paredes ρ_w .

Una vez determinado el índice de local k y las reflectancias efectivas para las cavidades del techo (ρ_{cc}) y del piso (ρ_{cf}), el factor de utilización o coeficiente de utilización (CU) se obtiene, por extrapolación, de los datos de la tabla de CU correspondiente a cada luminaria. Normalmente como las tablas de coeficiente de utilización se construyen para una reflectancia efectiva del piso del 20% se deberá efectuar una corrección si el valor es distinto. Para el efecto se aplicará la tabla 7.

Tabla 7. Factores de Corrección cuando la Reflectancia efectiva de Piso difiere del 20%.

Reflectancia efectiva cavidad del techo ρ_{cc} (%)	80				70				50			30			10		
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Reflectancia paredes ρ_w (%)	Para 10% de reflectancia efectiva de la cavidad del piso (20% : 1,00)																
Índice del local																	
1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002
	Para 30% de reflectancia efectiva de la cavidad del piso (20% : 1,00)																
Índice del local																	
1	0.923	0.929	0.935	0.940	0.933	0.939	0.943	0.948	0.956	0.960	0.963	0.973	0.976	0.979	0.989	0.991	0.993
2	0.931	0.942	0.950	0.958	0.940	0.949	0.957	0.963	0.962	0.968	0.974	0.976	0.980	0.985	0.988	0.991	0.995
3	0.939	0.951	0.961	0.969	0.945	0.957	0.966	0.973	0.967	0.975	0.981	0.978	0.983	0.988	0.988	0.992	0.996
4	0.944	0.958	0.969	0.978	0.950	0.963	0.973	0.980	0.972	0.980	0.986	0.980	0.986	0.991	0.987	0.992	0.996
5	0.949	0.964	0.976	0.983	0.954	0.968	0.978	0.985	0.975	0.983	0.989	0.981	0.988	0.993	0.987	0.992	0.997
6	0.953	0.969	0.980	0.986	0.958	0.972	0.982	0.989	0.977	0.985	0.992	0.982	0.989	0.995	0.987	0.993	0.997
7	0.957	0.973	0.983	0.991	0.961	0.975	0.985	0.991	0.979	0.987	0.994	0.983	0.990	0.996	0.987	0.993	0.998
8	0.960	0.976	0.986	0.993	0.963	0.977	0.987	0.993	0.981	0.988	0.995	0.984	0.991	0.997	0.987	0.994	0.998
9	0.963	0.978	0.987	0.994	0.965	0.979	0.989	0.994	0.983	0.990	0.996	0.985	0.992	0.998	0.988	0.994	0.999
10	0.965	0.980	0.985	0.990	0.967	0.981	0.990	0.995	0.984	0.991	0.997	0.986	0.993	0.998	0.988	0.994	0.999

Fuente: Reglamento Técnico de Iluminaciones y Alumbrado público RETILAP.

ESPECIFICACIONES DE ILUMINACIÓN EN EL ALUMBRADO INTERIOR

Para garantizar que la iluminación, sea un factor de seguridad, productividad, rendimiento en el trabajo, mejora del confort visual y duración de vida, se debe

garantizar el cumplimiento de los valores mínimos promedio mantenidos de iluminancia, requeridos para iluminación de acuerdo con el uso y el área a iluminar y demás parámetros exigidos en el reglamento.

MEDICIÓN DE ILUMINANCIA GENERAL DE UN SALÓN

Para mediciones de precisión el área debe ser dividida en cuadrados y la iluminancia se mide en el centro de cada cuadrado y a la altura del plano de trabajo. Para la verificación de diseños se deberán usar las mismas mallas de cálculo empleadas. La iluminancia promedio del área total se puede obtener al promediar todas las mediciones.

Para tomar las lecturas el sensor del luxómetro se debe colocar en el plano de trabajo, si no se especifica este parámetro, se considera un plano imaginario de trabajo de 0,75 m, sobre el nivel del suelo para trabajar sentados y de 0,85 m para trabajos de pie. Esto se puede lograr por medio de un soporte portátil sobre el cual se coloca el sensor. La luz día se puede excluir de las lecturas, ya sea tomándolas en la noche o mediante persianas, superficies opacas que no permiten la penetración de la luz día.

2.5 SELECCIÓN DE CONDUCTORES

Entre los aspectos fundamentales de una instalación eléctrica de una edificación se encuentra la selección de los conductores eléctricos de la acometida, los alimentadores de los circuitos ramales, los conductores puestos a tierra y los conductores de puesta a tierra, ya que representan una alta inversión económica.

Los parámetros en base a los cuales se calculan estos conductores son la regulación de tensión, la corriente nominal, la temperatura de operación, los dispositivos de protección y por supuesto la carga. Con referencia a estos

parámetros se hacen cálculos que lleven a hallar conductores que trabajen a corrientes dentro de los límites permitidos y a un nivel de tensión adecuado para el aislamiento de los mismos, y lograr así que los conductores no trabajen sobrecargados y se pueda conseguir un excelente funcionamiento de la acometida

2.5.1 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DEL CIRCUITO RAMAL

Como primera medida se debe calcular la carga del circuito ramal, tal como lo indica el artículo 230-3 de la NTC 2050 “La capacidad nominal del circuito ramal no debe ser menor a la carga no continua más el 125% de la carga continua y el calibre mínimo de los conductores del circuito ramal, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe tener una capacidad de corriente igual o mayor que la carga no continua más el 125% de la carga continua”, luego se debe tener en cuenta los factores de corrección por temperatura y por números de conductores que se muestran en la tabla 8 y tabla 9 respectivamente. Con base a estos parámetros se usa la siguiente expresión para seleccionar la corriente del conductor:

$$I = \frac{I_{trabajo}}{n * f_m * f_{\phi}}$$

Dónde:

n : Es el número de conductores por fase

f_m : Es el factor de corrección de multiplicidad

f_{ϕ} : Es el factor de corrección por temperatura

Tabla 8. Factores de corrección por temperatura

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

Fuente: Tomado de las Normas Para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA (Tabla 3.16).

Tabla 9. Factores de corrección para más de 3 conductores

Número de conductores	Porcentaje de los valores de tabla
4 a 6	80
7 a 9	70
10 a 20	50
21 a 30	45
31 a 40	40
> 41	35

Fuente: Tomado de las Normas Para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA (Tabla 3.17).

Cuando ya se obtiene el valor de la corriente, se realiza la selección del conductor teniendo en cuenta que este pueda soportar más de la corriente calculada a temperatura y material adecuados. La selección del conductor se realiza en base a la tabla 10 que se utiliza para conductores aislados de 0 a 2000 V nominales y conductores en canalización, cable o directamente enterrados.

Tabla 10. Capacidades de corriente (A) permisibles para conductores aislados.

. Capacidades de corriente (A) permisibles para conductores aislados.

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

(*) El régimen nominal de corriente y la protección contra sobrecorriente, para estos conductores, no debe exceder 15A para el calibre #14, 20 A para el calibre #12 y 30A para el calibre #10 de cobre. En conductores de aluminio o de aluminio con recubrimiento de cobre, el límite es de 15A para el calibre #12 y 30A para el calibre #10.

Fuente: Tomado de las Normas Para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA (Tabla 3.15).

Además de la selección del conductor, se debe tener en cuenta el número de conductores que se pueden llevar por ducto, estos datos se pueden obtener de la Tabla 11.

Tabla 11. Número máximo de conductores y alambres de aparatos en tubo conduit rígido de PVC.

Aislamiento	Calibre AWG ó kcmil	Tamaño comercial en milímetros (pulgadas)											
		12,7 (1/2)	19,05 (3/4)	25,4 (1)	31,8 (1¼)	38,1 (1½)	50,8 (2)	63,5 (2½)	76,2 (3)	88,9 (3½)	101,6 (4)	121 (5)	152,4 (6)
TW	14	8	14	24	42	57	94	135	209	280	361	568	822
	12	6	11	18	32	44	72	103	160	215	277	436	631
	10	4	8	13	24	32	54	77	119	160	206	325	470
	8	2	4	7	13	18	30	43	66	89	115	181	261
THW	14	5	9	16	28	38	63	90	139	186	240	378	546
	12	4	8	12	22	30	50	72	112	150	193	304	439
	10	3	6	10	17	24	39	56	87	117	150	237	343
	8	1	3	6	10	14	23	33	52	70	90	142	205
TW THW	6	1	2	4	8	11	18	26	40	53	69	109	157
	4	1	1	3	6	8	13	19	30	40	51	81	117
	3	1	1	3	5	7	11	16	25	34	44	69	100
	2	1	1	2	4	6	10	14	22	29	37	59	85
	1	-	1	1	3	4	7	10	15	20	26	41	60
	0	-	1	1	2	3	6	8	13	17	22	35	51
	00	-	1	1	1	3	5	7	11	15	19	30	43
	000	-	1	1	1	2	4	6	9	12	16	25	36
	0000	-	-	1	1	1	3	5	8	10	13	21	30
	250	-	-	1	1	1	3	4	6	8	11	17	25
	300	-	-	1	1	1	2	3	5	7	9	15	21
	350	-	-	-	1	1	1	3	5	6	8	13	19
	400	-	-	-	1	1	1	3	4	6	7	12	17
	500	-	-	-	1	1	1	2	3	5	6	10	14
	600	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8	11
	700	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	7	10
	750	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	6	10
	800	-	-	-	-	1	1	1	2	3	4	6	9
	900	-	-	-	-	-	1	1	1	3	3	6	8
	1000	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	7
1250	-	-	-	-	-	1	1	1	1	2	4	6	
1500	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	3	5	
1750	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4	
2000	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4	

Fuente: Tomado de las Normas Para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA (Tabla 3.10).

2.5.2 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE ACOMETIDA.

Para seleccionar el conductor de la acometida, se debe tener en cuenta el valor total de la carga, y el factor de diversidad que se debe aplicar según lo muestra la tabla 12.

Tabla 12. Factores de demanda para cargas en edificaciones no residenciales.

Parte de la carga del tomacorriente a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda %
Primeros 10 000 VA o menos	100
A partir de 10 000 VA	50

Fuente: Código Eléctrico Colombiano NTC 2050. (Tabla 250-13)

2.5.3 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.

El conductor de puesta a tierra, es un conductor que se coloca con el fin de garantizar que cualquier objeto metálico de un equipo esté conectado al neutro del transformador que lo alimenta, de tal forma que sirva como retorno de las corrientes de falla. Por esta razón, a diferencia del conductor del neutro, el conductor de puesta a tierra sólo lleva corriente durante las fallas a tierra. El calibre de los conductores de puesta a tierra de los equipos, de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre se selecciona con base a la corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito antes de los equipos, tubos conduit, etc., y no debe ser menor al especificado en la tabla 13.

Tabla 13. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos conduit, etc. (A)	Sección Transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre *	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1.000	67,44	2/0	107,21	4/0
1.200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1.600	107,21	4/0	177,34	350 kcmil
2.000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2.500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3.000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4.000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5.000	354,69	700 kcmil	608,04	1.200 kcmil
6.000	405,36	800 kcmil	608,04	1.200 kcmil

Fuente: Código Eléctrico Colombiano NTC 2050. (Tabla 250-95)

2.6 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES

Las protecciones son una parte integral de las instalaciones eléctricas, pues tienen como tarea evitar la destrucción de un conjunto de equipos o dispositivos interconectados en una tarea común por causa de una falla que podría iniciarse de manera simple y después extenderse sin control en forma encadenada.

La mala protección de los equipos y de la instalación, contribuyen en alta proporción a que sobrecargas y cortocircuitos produzcan daños en los equipos, muchas veces irreparables, e incendios que atentan contra las personas y la infraestructura de la empresa. El objetivo principal de los dispositivos de

protección es asegurar que no se alcancen temperaturas peligrosas limitando la corriente en el conductor.

Estas protecciones se seleccionan de acuerdo con la sección 240 de la NTC-2050 y para circuitos con cargas de motores y controladores que requieren factores de corrección y de seguridad dispuestos por la NTC-2050 en la sección 430.

2.7 SELECCIÓN DE LA DUCTERÍA

La norma NTC-2050 hace referencia a la selección del ducto por dónde van los conductores eléctricos en la tabla 10 del capítulo 9 y en su apéndice C donde se observan las tablas de ocupación de los tubos conduit y tuberías para conductores y conductores para aparatos de la misma sección transversal.

2.8 DEMANDA MÁXIMA

La demanda máxima es la mayor de todas las demandas ocurridas durante un período determinado. El cálculo de este parámetro es importante a la hora de dimensionar el sistema, pues es un dato clave para el cálculo del transformador y de los conductores alimentadores. Para estimar la demanda se puede utilizar el método de la NTC 2050 con el cual se calculan y luego se suman todas las demandas de los aparatos e iluminación (tabla 220-3 y art 220-4.c), medianos aparatos (art 220-18 y tabla 220-18), grandes aparatos (de acuerdo a su potencia nominal) y aparatos especiales (art 220-19, 220-20, 220-21 y tabla 220-19). conectados a la red eléctrica del edificio.

2.9 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO UTILIZADO

Para el desarrollo del proyecto se deben tener como referencia las diferentes mediciones de campo las cuales brindan la información referente al estado actual

de la red eléctrica del establecimiento y que además servirán como punto de partida para realizar las recomendaciones concernientes a la optimización del sistema eléctrico.

Para llevar a cabo las diferentes mediciones, es necesaria la utilización de instrumentos de medida, los cuales hacen más fácil la recopilación de datos. Los equipos empleados para la toma de datos son:

- Analizador de redes
- Rastreador de circuitos
- Luxómetro
- Telurómetro
- Medidor de Resistencia de Aislamiento (Megger)
- Pinza de medida Voltiamperimétrica.

2.9.1 Analizador de redes. Este dispositivo es utilizado para monitorear la calidad de la energía eléctrica, está equipado con 8 canales independientes, 4 canales de tensión y 4 canales de corriente, proporciona respuestas de calidad de potencia instantánea en el campo, recoge, analiza y tabula una amplia gama de datos de control de potencia en categorías codificadas por colores para identificar rápidamente las áreas de interés.

Se puede seleccionar la duración y el modo de recopilación de datos, incluyendo la solución de problemas, registro de datos, calidad de la energía y el equilibrio de carga.

Los datos se pueden consultar en tiempo real utilizando el modo de alcance, el modo de metro, el modo de caso, el espectro de armónicos o diagramas de fasores.

Las especificaciones generales del analizador de calidad de potencia son:

ESPECIFICACIONES GENERALES	
Marca	Power Visa
Tensión de alimentación	230 [V] (+10%; -15%)
Frecuencia	50/60 [Hz]
Consumo	25 [VA]
Temperatura de trabajo	0/50 [°C]
Circuito de medida	Trifásico o Aron
Rangos de medida de tensión	20 a 500 [VA] (entre fase y neutro), cambio automático de escala
Frecuencia	45 a 65 [Hz]

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

Las especificaciones generales del rastreador de circuitos son:

MARCA: Scotchtrak 3M

SERIE: TK- 6B

TRANSMISOR	
Corriente máxima de carga	200 [mA]
Ancho de pulso	17 [ms]
Velocidad de repetición	2 [Hz]
Frecuencia de operación	4.6 [kHz]
Tensión de operación	9 - 600[V] AC o DC
Temperatura de operación	0/50 [°C]
Temperatura de almacenaje	-40/90 [°C]
Humedad de operación	95% hum. Máx.
Fusible	250 [V], ¼ [A], 3AG de acción rápida
Dimensiones	111 x 83 x 38 [mm]

DETECTOR	
Batería	9 [V] Alcalina NEDA N° 1605A
Indicador estado de batería	1 LED verde
Respuesta del detector	10 LED rojos
Detección	Magnética
Alcance máximo	8[ft] (2.44 [m])
DETECTOR DE GANANCIA	
#1 Conductor	1
#2 Cortacircuitos	12
#3 Búsqueda	80
#4 Búsqueda	200
Temperatura de operación	0/50 [°C]
Temperatura de almacenaje	-40/50 [°C] con batería, - 40/90 [°C] sin batería.
Dimensiones	188 x 52 x 28 [mm]

- **Modo de empleo:**

El transmisor cuando se conecta a una fuente de energía de 9-600 V A.C. o D.C. induce una corriente de alta frecuencia a 4,6 kHz en pulsos de aproximadamente dos pulsos por segundo. Encima de la unidad existe un led rojo que alumbrá intermitentemente a la misma velocidad indicando que el transmisor está energizado y trabajando correctamente. La corriente inducida por el transmisor crea un campo magnético característico alrededor del conductor bajo estudio el cual es sintonizado por el detector haciendo que éste emita una respuesta. El detector solamente responde a la señal característica del transmisor por iluminación intermitente de sus leds y por emisión de un sonido también intermitente.

Cuando el detector es orientado en la dirección apropiada, hacia el conductor o breaker que alimenta al transmisor, emite una respuesta tanto visual como sonora. El número y la intensidad de los leds que entren en intermitencia son directamente proporcionales a la distancia existente entre el rastreador y el conductor o breaker rastreado.

La instalación del transmisor consiste en conectar uno cualquiera de sus terminales a una buena tierra o a un neutro diferente al del circuito analizado y el otro terminal a la fase del circuito a identificar. A continuación se procede a desplazar el detector en forma sistemática y de forma tal que la intensidad de sus respuestas sonora y visual permita deducir con certeza el recorrido o la ubicación del conductor o breaker rastreado.

2.9.3 LUXÓMETRO

Es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia de un ambiente. Contiene una célula fotoeléctrica que capta

la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display con la correspondiente escala de luxes.

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

ESPECIFICACIONES GENERALES	
Marca	Meterman LM631
Precisión total	3% lectura +10 dígitos
Resolución	0.01 [Lux]; 0.01 [fc]
Temperatura de operación	0/50 [°C]
Baterías	4 unidades de 1.5 [V], triple A
Peso	220 [gr], con baterías
Rangos	20 [Lux], 200 [Lux], 2000 [Lux], 20000 [Lux], 20 [fc], 200 [fc], 2000 [fc], 20000 [fc].

- **Modo de empleo**

Se coloca el interruptor en la unidad lux y se procede a quitar la cubierta protectora de la cabeza de detección, la cual se mantiene firme en el lugar donde se desea medir. En la pantalla LCD aparecerá el valor de luminancia, si no se conoce la magnitud en lux se pulsa el botón de range, lo cual permite llegar al rango más alto y desde este reducir el valor hasta obtener una lectura satisfactoria. Es importante alejarse de la cabeza de detección para no proyectar sombras. La cabeza de detección tiene un cable de 1,5 metros para permitir la separación entre el observador y el lugar de medición. Una vez terminada la lectura se recomienda cubrir la cabeza de detección para extender la vida útil de la misma.

2.9.4 TELURÓMETRO

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

ESPECIFICACIONES GENERALES	
Marca	KYORITSU
Modelo	4102A
Precisión	± (3% de la escala completa)
Resolución	0, 10, 100, 1000 [Ω]
Voltaje de prueba nominal	50/1000 [V] en pasos de 10 [V]
Corriente de cortocircuito de prueba	< 20 [mA]
Pantalla analógica con lectura desde la escala seleccionada	
Modelo de 4 varillas (2 de potencial, referencia y corriente)	

2.9.5 MEDIDOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Se utiliza para realizar pruebas de aislamiento en el sistema de cableado eléctrico y de las bobinas del motor, además ofrece una función para realizar pruebas de conexión a tierra y de continuidad. Este instrumento ofrece pruebas de resistencia de aislamiento hasta de 4000 Megohms, con tres tensiones de salida: 250V, 500V y 1000V.

ESPECIFICACIONES GENERALES	
Marca	Fluke 1520 Megohmmeter
Tensión de alimentación	0/600 [V] de AC o DC
Frecuencia de operación	50/60 [Hz]
Rango de medición	4 [$M\Omega$], 40 [$M\Omega$], 400 [$M\Omega$], 4000 [$M\Omega$].
Tensiones de prueba	250 [V], 500 [V], 1000 [V].
Corriente nominal	1 [mA]

Temperatura de operación	-10/50 [°C]
Temperatura de almacenamiento	-40/70 [°C]
Altitud de funcionamiento	2500 [m] máx
Baterías	4 unidades tamaño C, 1.5 [V] alcalinas
Peso	1.1 [kg]
Dimensiones	241 x 108 x 72 [mm]

2.9.6 PINZA DE MEDIDA

El medidor de pinza proporciona medidas de seguridad, no invasivo de hasta 400KW, 400 A AC, y mide hasta 600 Volts AC/DC utilizando el par de cables de prueba estándar. Es un medidor portátil de peso ligero, baterías de medidas de sujeción accionado el más común de ACV, DCV, ACA, DCA [12].

ESPECIFICACIONES GENERALES	
Serie	BK precisión
Modelo	325
Rangos de medición	
Corriente CC	400/600 [A]
Corriente AC	400/600 [A]
Voltage CC	400/600 [V]
Voltage AC	400/600 [V]
Resistencia	4000 [Ω]
Frecuencia	4 [kHz], 40 [kHz], 400 [kHz].

2.10 MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO

Los conductores activos de una instalación eléctrica (neutro y fases) deben estar unidos entre sí y con tierra a través de los aislantes que los recubren para

controlar dicha imperfección o “corriente de fuga”. Dicha “corriente de fuga” se genera cuando se aplica una tensión entre los conductores por el paso de pequeñas cantidades de corrientes a través de los aislantes.

Las Normas eléctricas que rigen en Colombia, establecen algunas precisiones sobre los niveles de corriente de fuga permitidos.

Para instalaciones de hasta 100 metros de longitud se acepta que la corriente de fuga en la salida de la protección general, entre un conductor activo (fase y neutro) y tierra, o entre los dos conductores activos, no sea superior a 1 miliampere (mA). Dicho de otro modo, la resistencia que la aislación opone al paso de la corriente de fuga, o resistencia de aislación mínima, debe ser:

- De 300 000 ohms para la instalación cuya tensión de servicio sea hasta 220 volts.
- Para instalaciones con tensión de servicio superior a 220 volts, se aceptará una resistencia de aislación de 1000 ohms por cada volt de tensión de servicio, es decir, si la tensión de servicio es de 380 volts, la resistencia de aislación mínima es 380 000 ohms.

Las pruebas o ensayos de aislación que se deben realizar durante la supervisión eléctrica, son:

- Aislación entre cada conductor activo y tierra.
- Aislación entre conductores activos.

Para hacer ambas mediciones, la instalación debe estar en las siguientes condiciones:

- Sin tensión.

- Ningún receptor conectado. Es decir, sin artefactos conectados a los enchufes.
- Los interruptores que controlan a los receptores deben estar conectados, para continuidad eléctrica de la instalación.

Para realizar la prueba de aislamiento, se debe contar con un instrumento para medir el aislamiento (megger), este permite medir la resistencia de aislación, posee un generador de corriente continua accionado por medio de una manivela, con tensiones de medida de 500 o 1000 volts.

3. LEVANTAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

3.1 METODOLOGÍA UTILIZADA

El proyecto se realizó en cinco etapas, la primera fue la recopilación y obtención de la información, la segunda el análisis de los datos obtenidos, la tercera el rediseño de las instalaciones eléctricas, la cuarta el diseño de un software de cálculo para iluminación y la quinta fue la elaboración de las cantidades de obra con su respectivo presupuesto y análisis de precios unitarios.

3.1.1 Recopilación y obtención de la información. Antes de dar inicio a la primera etapa del trabajo se realizó una inspección visual general de las instalaciones eléctricas, una búsqueda de planos arquitectónicos del edificio además recopilación de información de internet y apuntes de clase.

La inspección se realizó de la siguiente manera:

- Se localizó la subestación eléctrica.
- Se realizó la verificación del código de colores en los barrajes del tablero general de acometidas, y se observó que aunque en bornes del transformador se encuentran los conductores rotulados con color amarillo para la fase A, azul para la B y rojo para la C, el blanco para el neutro y verde para la tierra, en los barrajes del tablero general no se encuentran los conductores rotulados.
- Se hizo el rastreo de la acometida, partiendo desde el tablero general, además se identificaron las fases que van para cada tablero de distribución de uso final.

- Con base en los planos arquitectónicos obtenidos, se procedió a enumerar los tableros de distribución con una letra T seguida de una letra en orden alfabético, realizando así un distintivo de los circuitos ramales del tablero dentro del plano.
- En cada tablero se tomaron datos del número de circuitos, la capacidad amperimétrica de interruptores automáticos, el calibre de conductores para circuitos ramales, el número de conductores por ductos de salida, calibre de acometida y ducto de llegada, identificación de barrajes de fase, neutro y puesta a tierra según código de colores y rotulado de circuitos.
- Se realizó la localización y rastreo de los circuitos ramales de los tableros y sus canalizaciones, toma de distancias y ubicación de luces y tomacorrientes. Para esto fue necesario destapar las cajas de paso, los tomacorrientes, los interruptores, las salidas de iluminación y los tableros de distribución, ya que en ocasiones a simple vista era imposible conocer el recorrido de los conductores, por lo que fue necesario el uso del rastreador de circuitos, conectando el emisor de señal en cada punto de salida y el rastreador en los tableros de distribución.
- Se realizaron medidas directas de los niveles de iluminación actuales en cada recinto de la edificación y de reflectancia de techo, pared y piso, utilizando el *luxómetro*. Además se realizó el inventario de las lámparas instaladas y se tomaron datos del tipo de iluminación y estado de las luminarias en cada área.
- Se realizó la medida de la resistividad del terreno y la medida de la resistencia para la malla de puesta a tierra en servicio y para la subestación por medio del *telurómetro*.

- Se realizaron pruebas de resistencia de aislamiento sobre los conductores en mal estado, con el fin de identificar posibles riesgos de cortocircuito y de tensión de contacto, para esto se utilizó el medidor de resistencia de aislamiento.
- Se registró el perfil de carga de la sede conectando el analizador de redes en las salidas de baja tensión del transformador; tomando datos de tensión por fase, corriente por fase, potencia activa y reactiva cada 5 minutos durante 5 días.

3.1.2 Análisis de los datos obtenidos. Con base en la información adquirida a través de planillas y planos en borrador, se procedió a digitalizar los planos eléctricos y los diagramas unifilares de los tableros de distribución existentes en el edificio Planta de Aceros de la Universidad Industrial de Santander, utilizando la herramienta computacional **AutoCad**.

Se realizaron los respectivos cuadros de carga, donde se especifica la distribución de los circuitos de los tableros existentes, la identificación de las fases, el diámetro de la tubería existente, la carga instalada por circuito, la corriente nominal, la procedencia de la alimentación y su respectiva protección en el tablero general. También se realizó la verificación de la existencia del conductor de puesta a tierra.

En base a los planos del estado actual de las instalaciones eléctricas realizados a escala, se calcularon las distancias del punto más lejano (condición más desfavorable) de cada circuito para realizar los cálculos de regulación parcial (desde cada tablero de distribución) y regulación total (desde bornes del transformador).

Con los datos de medida de los niveles de iluminación y reflectancia en cada área, se calcularon los niveles medios de iluminancia y coeficientes de uniformidad.

Estos datos se compararon con los valores exigidos en el RETILAP con el fin de definir las zonas críticas en las que se debe realizar el rediseño de la iluminación. Los datos de medida de resistencia de aislamiento sobre los conductores en mal estado (deterioro visible del aislamiento) fueron comparados con los valores mínimos exigidos en el RETIE para definir su reemplazo en la etapa de rediseño.

Con los datos de resistividad del terreno y resistencia de puesta a tierra medidos, se realizaron los cálculos para establecer la conformidad de estos parámetros con respecto a los valores permitidos y evaluar el estado actual de la malla de puesta a tierra de servicio de la edificación.

Los datos obtenidos del perfil de carga, permitieron conocer el comportamiento de la carga en el edificio Planta de Aceros en diferentes horarios y establecer condiciones de demanda máxima para futuras ampliaciones de carga.

3.2 ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO

A continuación se presentan la serie de pasos que se tuvieron en cuenta para la recopilación de la información referente a las instalaciones eléctricas actuales del edificio Planta de Aceros del campus central de la Universidad Industrial de Santander.

1. Inspección visual de los tableros encontrados en la edificación.
2. Verificación de las fases que llegan al barraje de cada uno de los tableros.
3. Inventario de los motores eléctricos encontrados en cada una de las plantas de la edificación.
4. Observaciones generales donde se mencionan las fallas encontradas en cada una de las plantas de la edificación.

3.2.1 Alimentación. La acometida de alimentación del edificio es una acometida subterránea a 13.2 kV con conductor calibre # 2 AWG XLPE Cu.

Figura 6: Acometida alimentación del edificio



Fuente: Los autores.

3.2.2 Subestación eléctrica. En este edificio se encuentra una subestación tipo interior no encapsulada ni en pedestal, localizada a un costado del edificio en un cuarto que no cumple con los estándares exigidos por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, en cuanto a su sección 17.6 “Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias (DPS)” y 29.2 “Requisitos generales para subestaciones”.

Figura 7: Subestación eléctrica



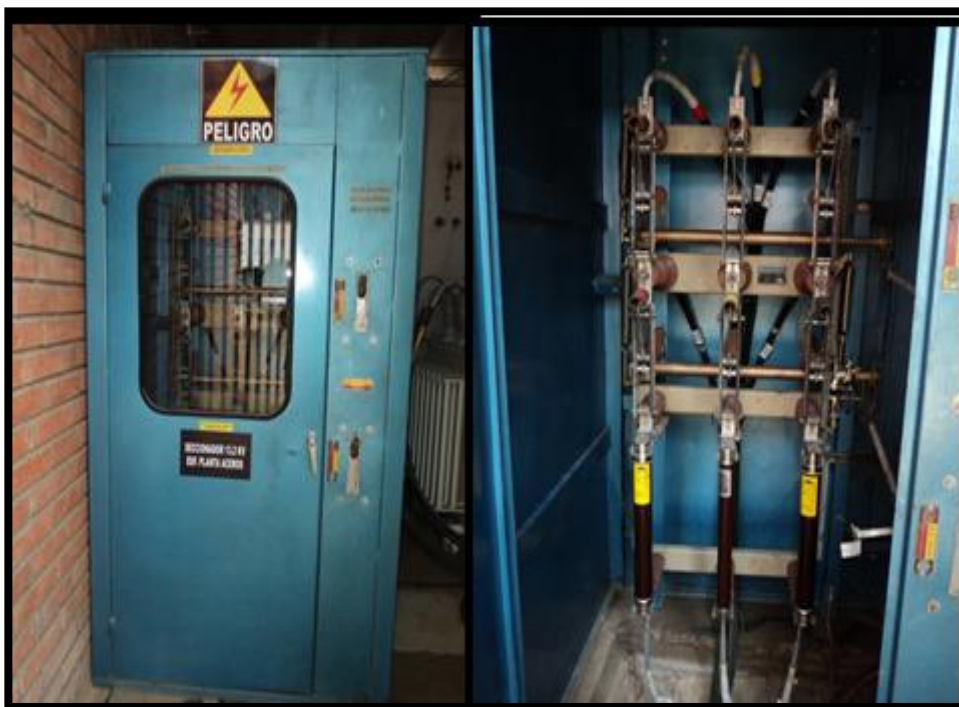
Fuente: Los autores.

- **MEDIA TENSION**

La subestación del edificio se encuentra protegida por un seccionador de doble celda, que cuenta con las siguientes especificaciones:

In A	25
CF	24 / 25
Un kV	24

Figura 8: Seccionador subestación eléctrica



Fuente: Los autores

Cuenta también con un transformador de potencia trifásico auto-refrigerado, soportado sobre sus rodamientos, con las siguientes características:

Relación de transformación	11400/(208-120) [V]
Capacidad	200 kVA
Grupo de conexión	Dy5
Intensidad de cc	15 kA
Refrigeración	ONAN
Tensión de cc (μZ)	3,4 %
Peso total	980 Kg
Δ Temperatura	55°C
Clase de Aislamiento	Ao

Figura 9: Transformador de potencia



Fuente: Los autores

Por el lado de baja tensión del transformador salen 4 conductores en cobre THW por fase, es decir $12 \times \#2/0 + 2 \times \#2/0$ para el neutro y un $\#3/0$ en cobre desnudo para la tierra, identificado con código de colores así: amarillo para la fase R, azul para la fase S, rojo para la fase T y blanco para el neutro. Esta acometida se reparte en 2 conductores por fase y un neutro para cada uno de los barrajes del tablero general.

Figura 10: Conductores en bornes de salida del transformador



Fuente: Los autores

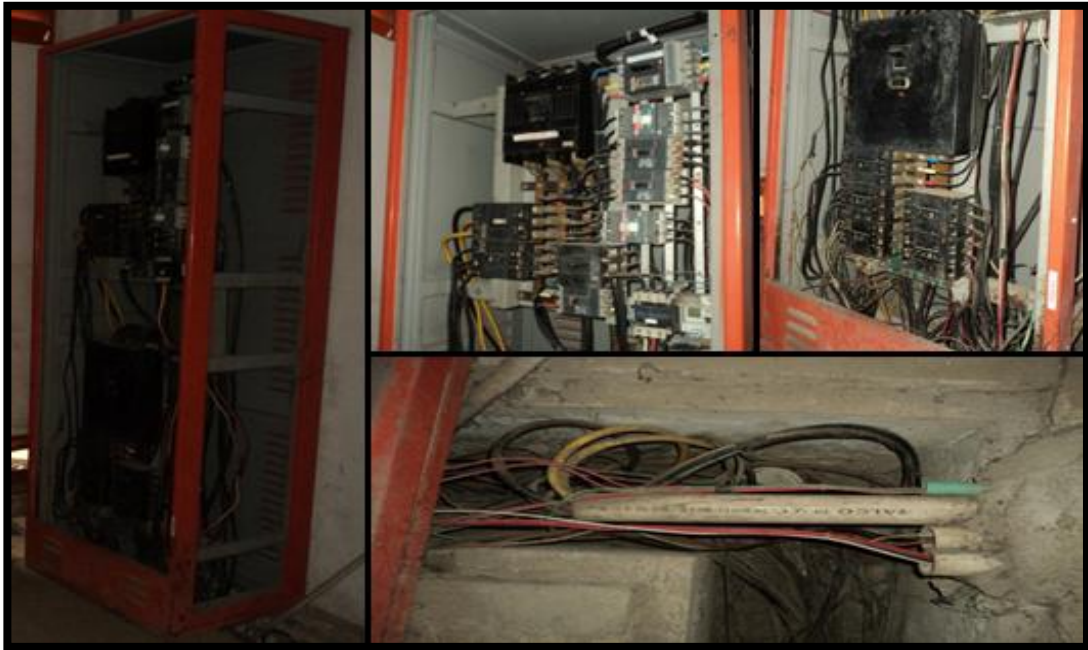
Figura 11: Conductores en bornes de entrada del transformador



Fuente: Los autores.

3.2.3 Tablero General. Este tablero general se encuentra en un armario ubicado en el cuarto de la subestación, cuenta con dos barrajes y con un totalizador diferente para cada uno de estos, por esta razón durante el desarrollo del proyecto se hará referencia a TGA y TGB, a estos barrajes llegan los conductores de alimentación del transformador a través de un cárcamo.

Figura 12: Tablero general, barrajes (TGA y TGB) y acometida de llegada



Fuente: Los autores

3.2.4 Puesta a Tierra. El edificio Planta de Aceros cuenta con una malla de puesta a tierra que tiene conexión con el tablero general, el tablero TM y el transformador de potencia. Durante el estudio que se realizó se pudo observar que el resto de tableros del edificio no tienen conductor de continuidad.

Para realizar el cálculo de la resistencia de la malla de puesta, se utilizó el método de la regla del 62% descrita anteriormente (ver literal 2.3.2.1).

Tabla 14. Método de la resistencia de puesta a tierra

METODO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA			
MÉTODO DE LA REGLA DEL 62% Electrodo de corriente: 50 m			
Resistencia [Ω]	R50%[Ω]	R62%[Ω]	R70%[Ω]
	7	7.62	8.1
Electrodo de potencial [m]	25	31	35

Fuente: Los autores

Calculando las variaciones de resistencia se tiene:

$$\frac{7.62 - 7}{7.62} * 100\% = 8.13\% < 10\%$$

$$\frac{8.1 - 7.62}{8.1} * 100\% = 6.17\% < 10\%$$

Después de comprobar que la variación de las resistencias medidas al 50% y 70% no supera el 10 %, entonces se toma el valor de la resistencia de la malla de puesta a tierra el que se obtuvo al 62% que fue:

$$\mathbf{RPAT = 7,62 (\Omega)}$$

3.2.5 Descripción de los tableros de distribución final.

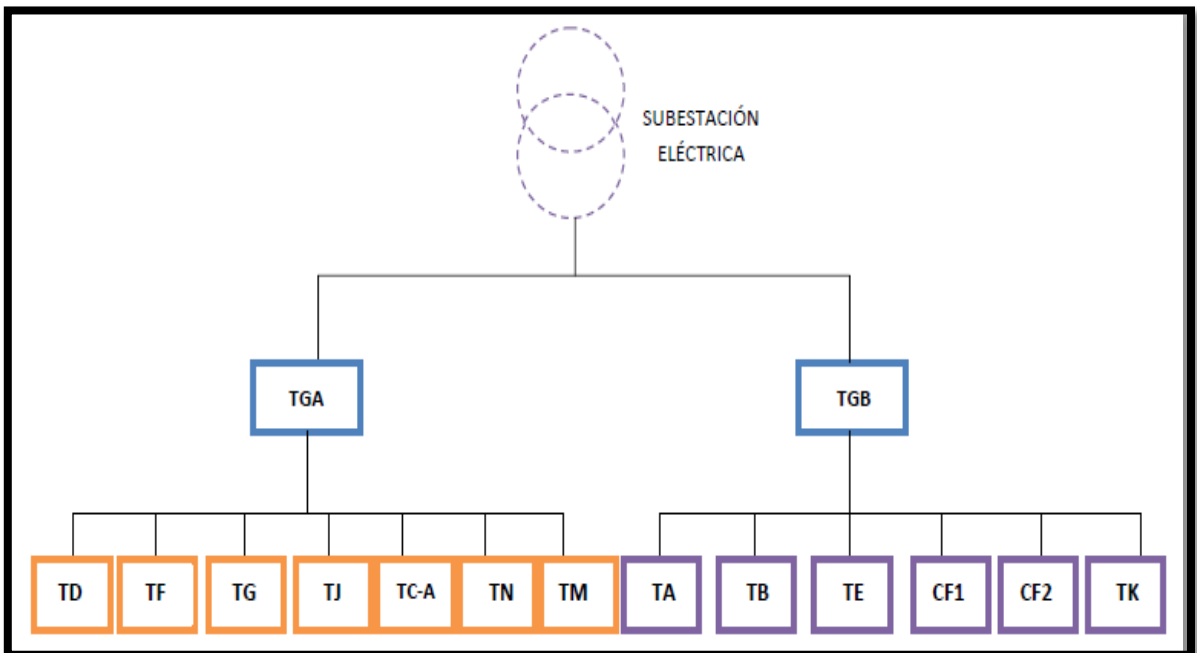
La subestación del edificio planta de aceros de la Universidad industrial de Santander cuenta con un tablero general encargado de distribuir la energía a todo el edificio, este tablero contiene dos barrajes que para el desarrollo de este proyecto se llamarán TGA y TGB. De estos barrajes se realiza la distribución a todos los tableros de uso final existentes en el edificio. Así:

Desde el tablero TGA se alimentan 7 tableros de distribución de uso final, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

El tablero TD está ubicado en el salón 003, el tablero TF está ubicado en el taller, el tablero TG está ubicado en un depósito de materiales, los tableros TH, TI, TJ, TN y TC-A están ubicados en el patio de fundición, y el tablero TM se encuentra ubicado en uno de los laboratorios del segundo piso del edificio.

Desde el tablero TGB se alimentan los 7 tableros restantes de uso final que son: Los tableros TA y TB están ubicados en el patio de fundición, el tablero TE está ubicado en el salón 003, las cajas de fusibles CF1 y CF2 están ubicadas en el patio de fundición y el tablero TK está ubicado en el primer piso del edificio.

Figura 13: Esquema de distribución eléctrica actual del edificio Planta de Aceros.

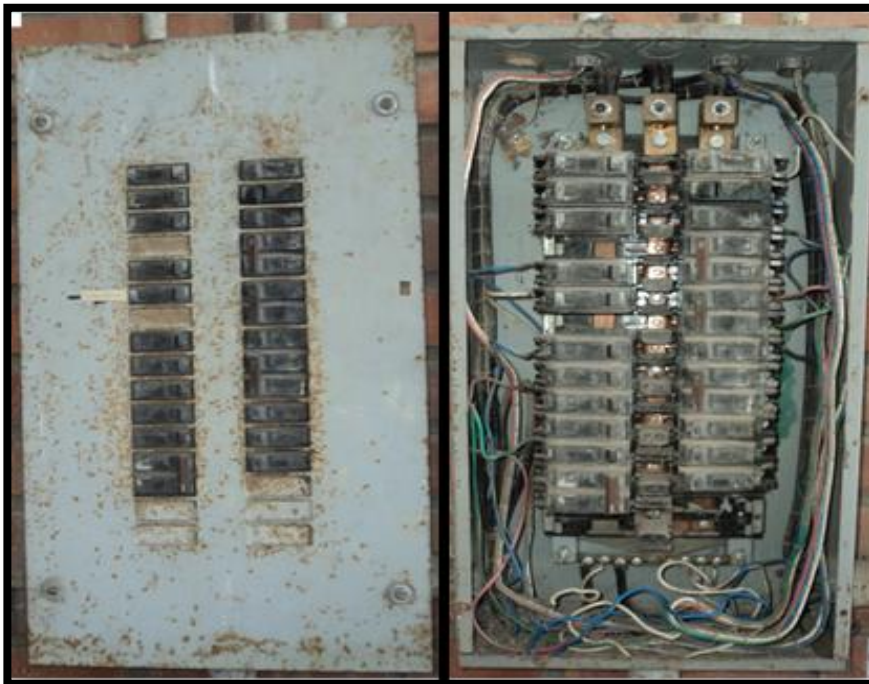


Fuente: Los autores.

3.2.5.1 Tablero de uso final TA

Tablero trifásico metálico de 32 puestos con tapa, ubicado en el patio de fundición, alimentado por una acometida de conductores de cobre THW AWG# 6 para las tres fases y el neutro por un ducto metálico de 2", tiene 26 puestos de reserva, este tablero no contiene barraje de tierra y sus fases no cuentan con identificación de código de colores.

Figura 14: Tablero de uso final TA

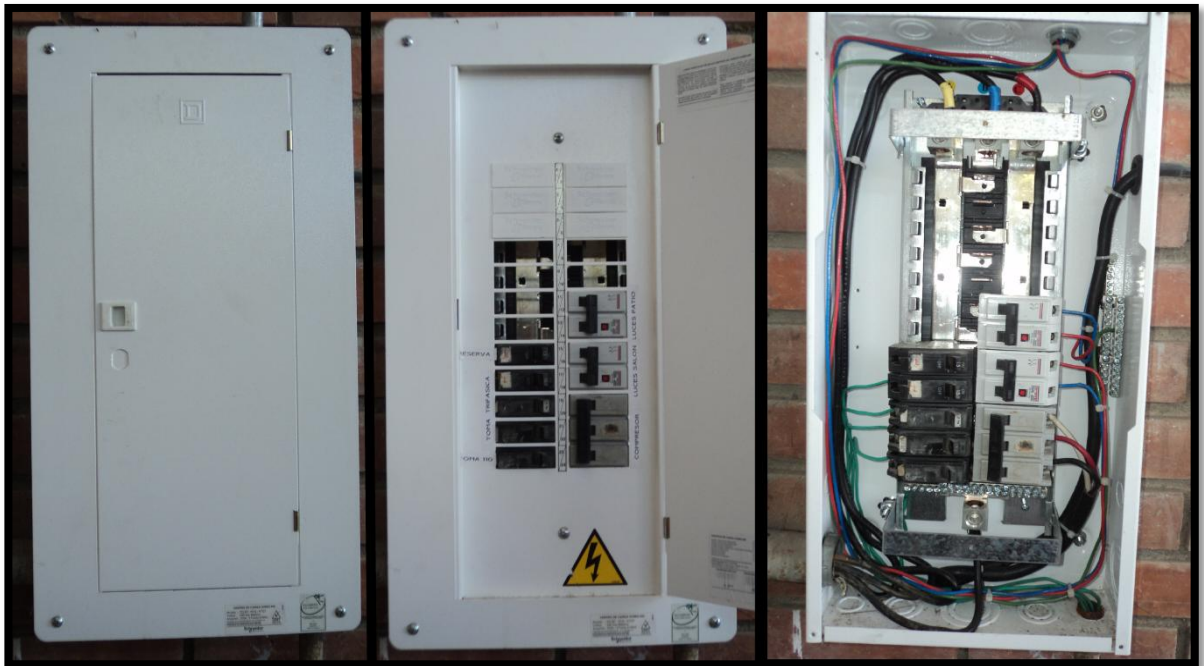


Fuente: Los autores

3.2.5.2 Tablero de uso final TB

Tablero trifásico metálico de 24 puestos con tapa, ubicado en el patio de fundición, alimentado por una acometida de conductores de cobre THW AWG# 6 para las tres fases y el neutro por un ducto metálico de 2", tiene 13 puestos de reserva, cuenta con la respectiva identificación de código de colores para su acometida de llegada, barraje de tierra y protección.

Figura 15: Tablero de uso final TB

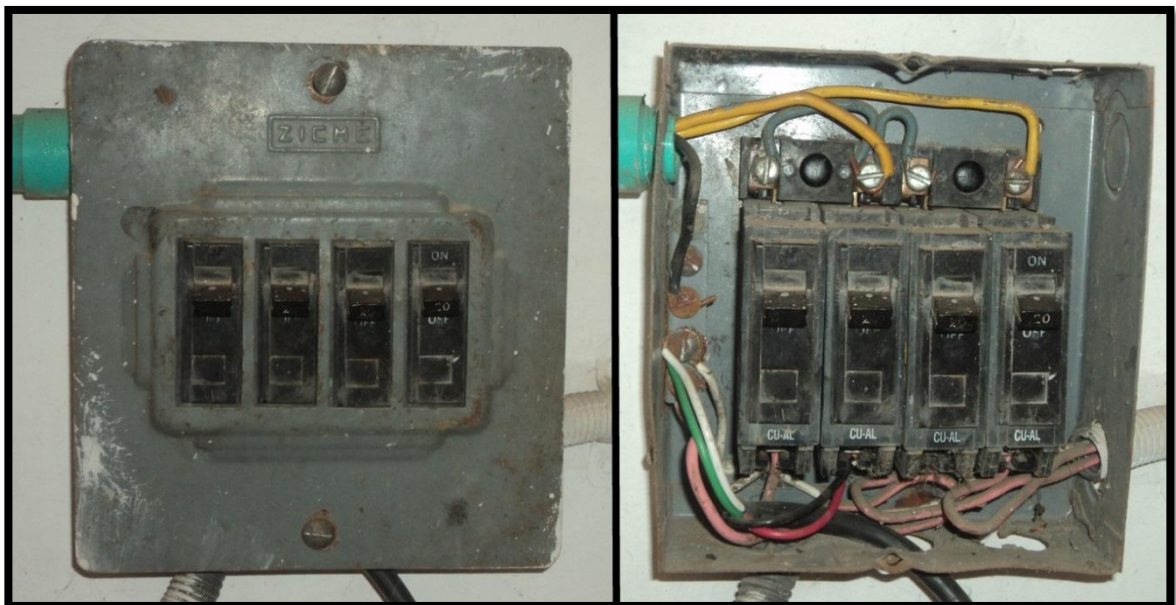


Fuente: Los autores

3.2.5.3 Tablero de uso final TC

Tablero bifásico metálico de 4 puestos s sin tapa, ubicado en el laboratorio de procesos de materiales I y II del sótano, su función es alimentar cuatro motores monofásicos, está alimentado por una acometida de conductores de cobre THW AWG#10 para las dos fases y el neutro por un ducto de PVC de ½”, no cuenta con puestos de reserva, con barraje de tierra ni con código de identificación de colores para sus fases.

Figura 16: Tablero de uso final TC



Fuente: Los autores

3.2.5.4 Tablero de uso final TD

Tablero trifásico metálico de 12 puestos con tapa, ubicado en el laboratorio de procesos de materiales I y II del sótano, está alimentado por una acometida de conductores de cobre THW AWG# 6 para las tres fases y el neutro por un ducto de PVC de 1 1/2", cuenta con 8 posiciones de reserva, se encuentra en estado de deterioro al igual que sus interruptores, no tiene barraje de tierra y sus fases no cumplen con el código de identificación de colores. Además en la evaluación que se realizó se observó que este tablero no cumple con el porcentaje de ocupación que exige la norma para cálculo y diseño de sistemas de distribución.

Figura 17: Tablero de uso final TD



Fuente: Los autores

3.2.5.5 Tablero de uso final TE

Tablero trifásico metálico de 36 puestos con tapa, ubicado en el laboratorio de procesos de materiales I y II del sótano, está alimentado por una acometida de conductores de cobre THW AWG #2 para las tres fases y #6 para el neutro por un ducto de PVC de 1 1/2", cuenta con 1 puesto de reserva, sus fases no cumplen con el código de identificación de colores y aunque tiene barraje de tierra, este no se encuentra conectado.

Figura 18: Tablero de uso final TE



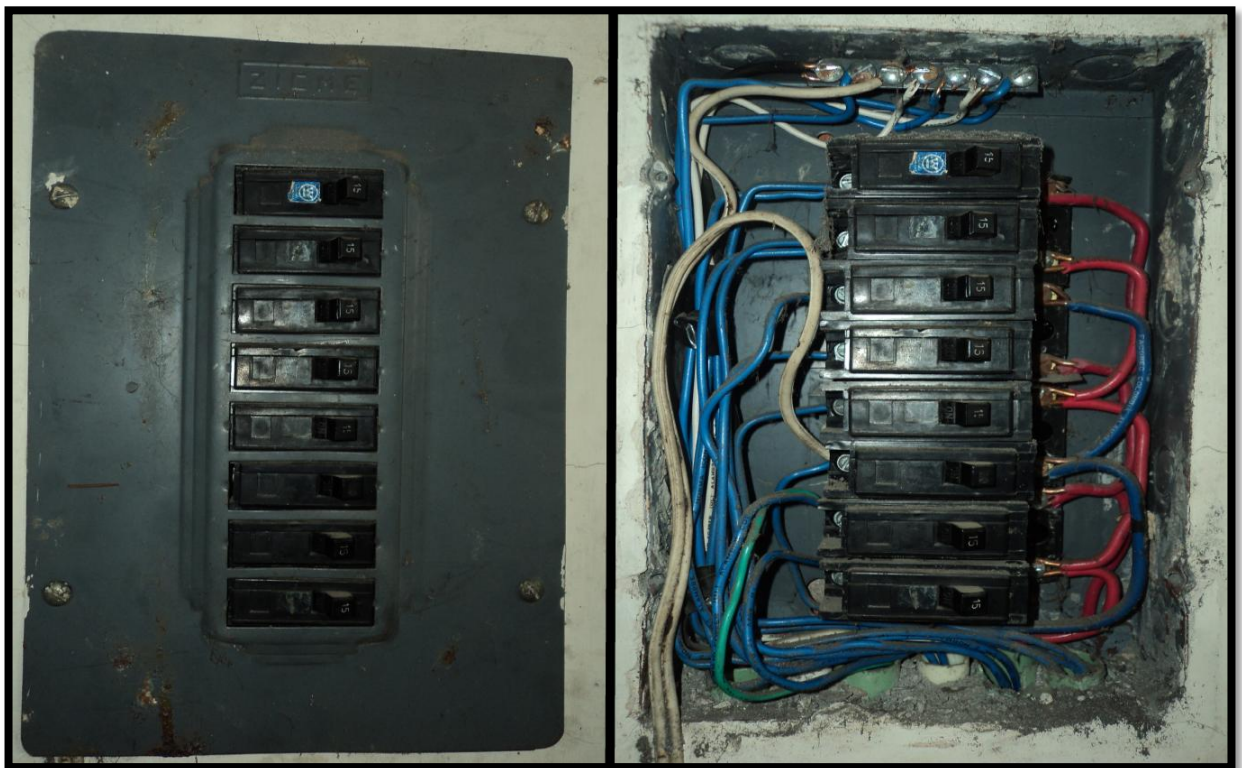
Fuente: Los autores

3.2.5.6 Tablero de uso final TF

Tablero trifásico metálico de 8 puestos con tapa, ubicado en el almacén del

sótano, está alimentado por una acometida de conductores de cobre THW AWG#8 para las tres fases y THW AWG#10 para el neutro por un ducto de PVC de $\frac{3}{4}$ ", no cuenta con puestos de reserva, con barraje de tierra y sus fases no cumplen con el código de identificación de colores. Además se pudo observar que este tablero no cuenta con el nivel de ocupación de los ductos.

Figura 19: Tablero de uso final TF

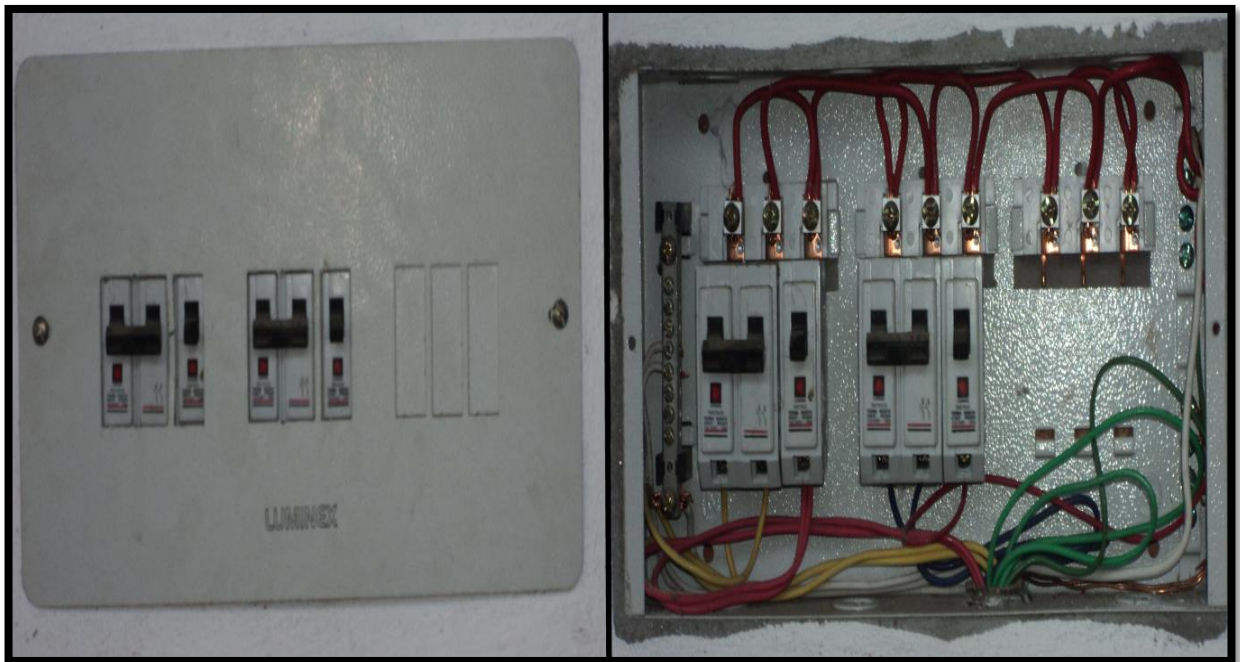


Fuente: Los autores

3.2.5.7 Tablero de uso final TG

Tablero bifásico metálico de 9 puestos sin tapa, ubicado en el depósito de materiales del sótano, está alimentado por una acometida de conductores de cobre THW AWG# 10 para las fases y el neutro por un ducto de PVC de $\frac{3}{4}$ ", cuenta con 3 posiciones de reserva, este tablero no cumple con la norma exigida en cuanto a la ocupación de los ductos, pues en la revisión se observó que el porcentaje de ocupación es aproximadamente del 80%.

Figura 20: Tablero de uso final TG

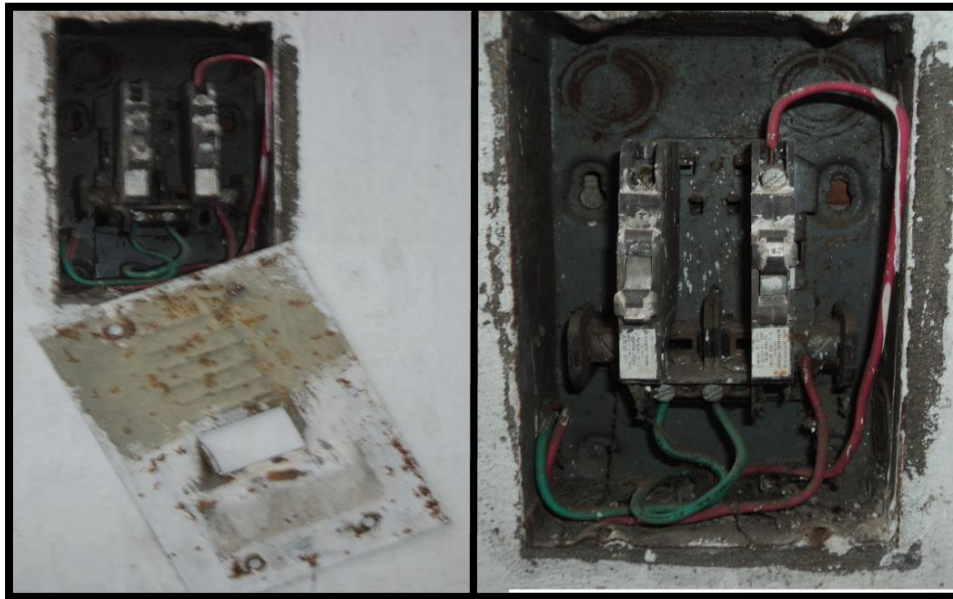


Fuente: Los autores

3.2.5.8 Tablero de uso final TH

Tablero monofásico metálico de 2 puestos sin tapa, ubicado en el patio del sótano, tiene un puesto de reserva, está alimentado con una acometida de conductores de cobre TWH AWG # 10 para su fase y para el neutro por un ducto metálico de $\frac{3}{4}$ " que se encuentra en condiciones de deterioro al igual que el tablero, no cuenta con barraje de puesta a tierra y sus fases no cumplen con el código de identificación de colores.

Figura 21: Tablero de uso final TH

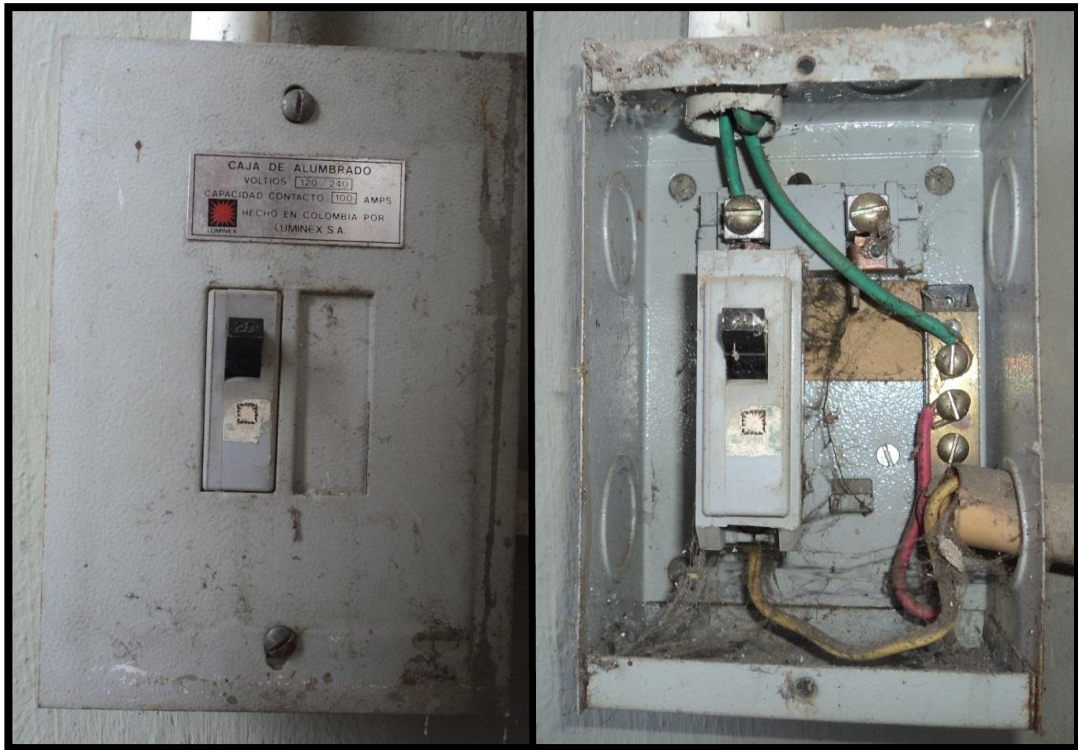


Fuente: Los autores

3.2.5.9 Tablero de uso final TI

Tablero monofásico metálico de 2 puestos, ubicado en la cabina del patio del sótano, tiene un puesto de reserva, está alimentado con una acometida de conductores de cobre THW AWG# 12 para la fase y el neutro por un ducto de PVC de ½", no cuenta con barraje de tierra y sus fases no cumplen con el código de identificación de colores. Además se pudo observar que el ducto de salida del tablero se encuentra roto por lo que expone a los conductores a la intemperie generando riesgo eléctrico.

Figura 22: Tablero de uso final TI

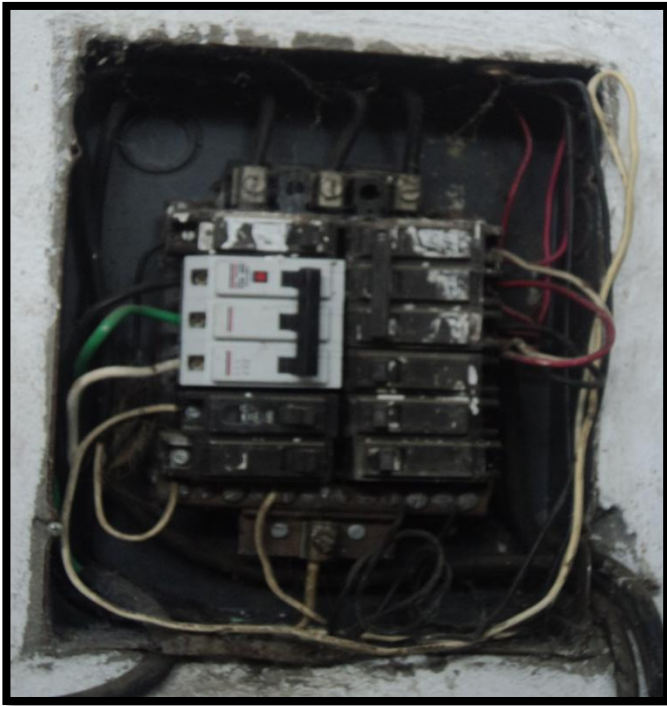


Fuente: Los autores

3.2.5.10 Tablero de uso final TJ

Tablero trifásico metálico de 12 puestos sin tapa, ubicado en el patio de fundición, cuenta con un puesto de reserva, está alimentado con una acometida de conductores de cobre THW AWG# 6 para las fases y THW AWG#8 para el neutro por un ducto de PVC de 1 ½ ”, no cuenta con barraje de tierra y sus fases no cumplen con el código de identificación de colores, en aspectos generales el tablero esta es estado de deterioro al igual que la mayoría de sus interruptores.

Figura 23: Tablero de uso final TJ

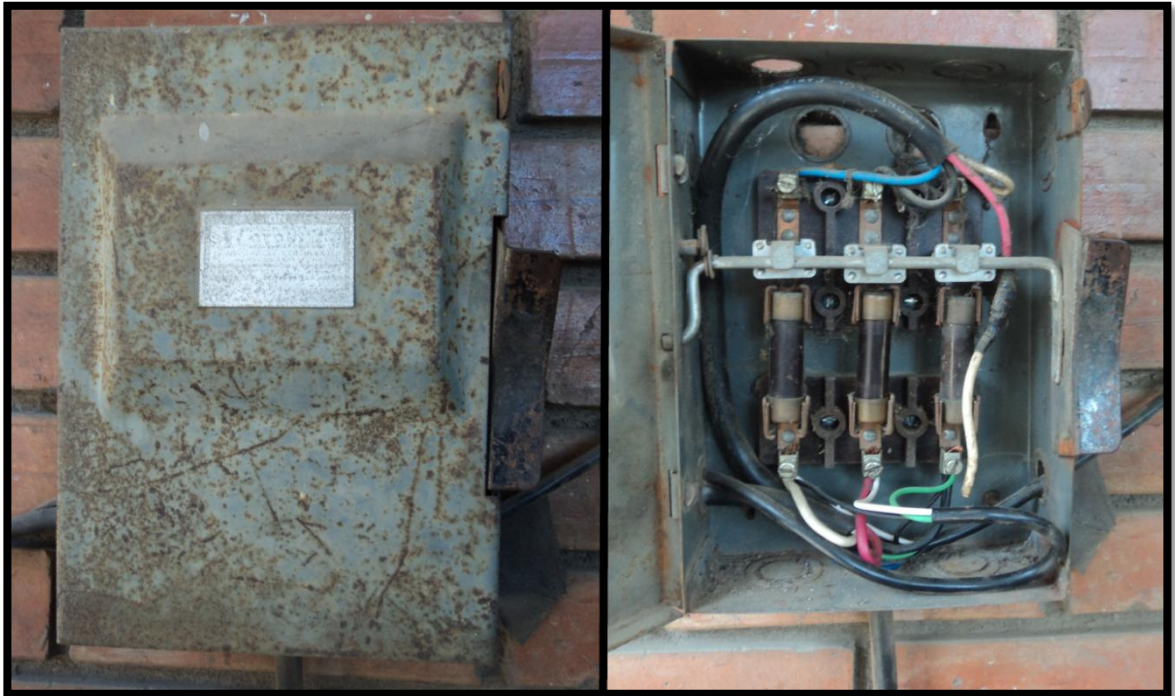


Fuente: Los autores

3.2.5.11 Caja de fusibles CF1

Caja de fusibles trifásica metálica con tapa, cuenta con 4 circuitos de salida destinados a proteger motores, ubicada en el patio de fundición del sótano, está alimentada con una acometida de conductores de cobre THW AWG#10 para sus fases, según la revisión esta caja de fusibles se encuentra en estado de deterioro, lo que indica que no está brindando la protección necesaria a los equipos.

Figura 24: Caja de fusibles CF1

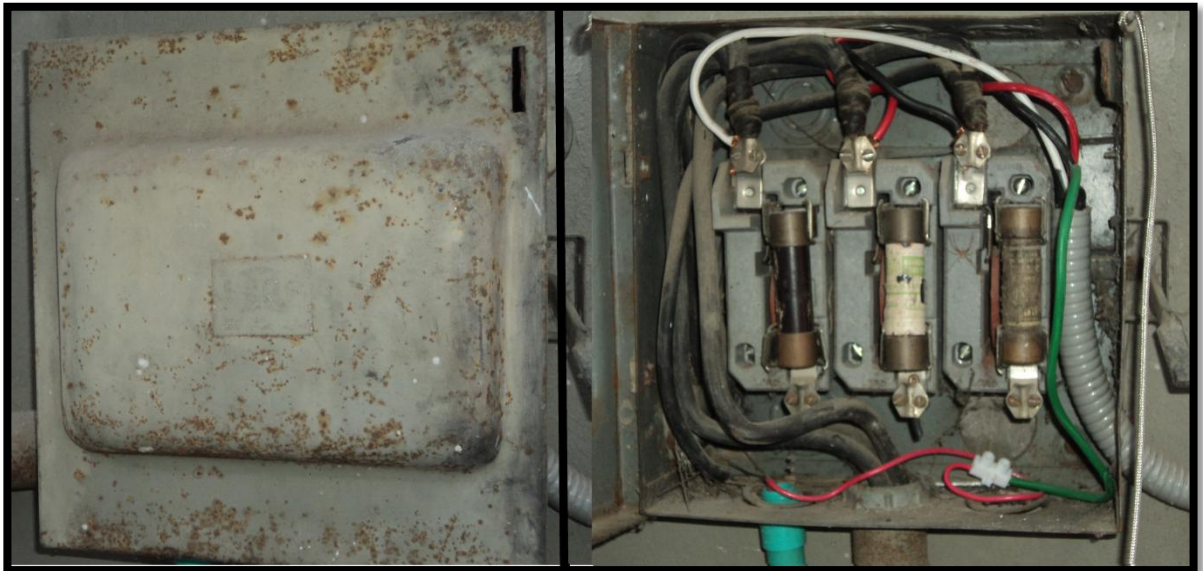


Fuente: Los autores

3.2.5.12 Caja de fusibles CF2

Caja de fusibles trifásica metálica con tapa, cuenta con 2 circuitos de salida destinados a proteger motores, ubicada en el patio de fundición del sótano, está alimentada con una acometida de conductores de cobre THW AWG#2 para sus fases en un ducto metálico de 2", según la revisión esta caja de fusibles se encuentra en estado de deterioro, lo que indica que no está brindando la protección necesaria a los equipos.

Figura 25: Caja de fusibles CF2

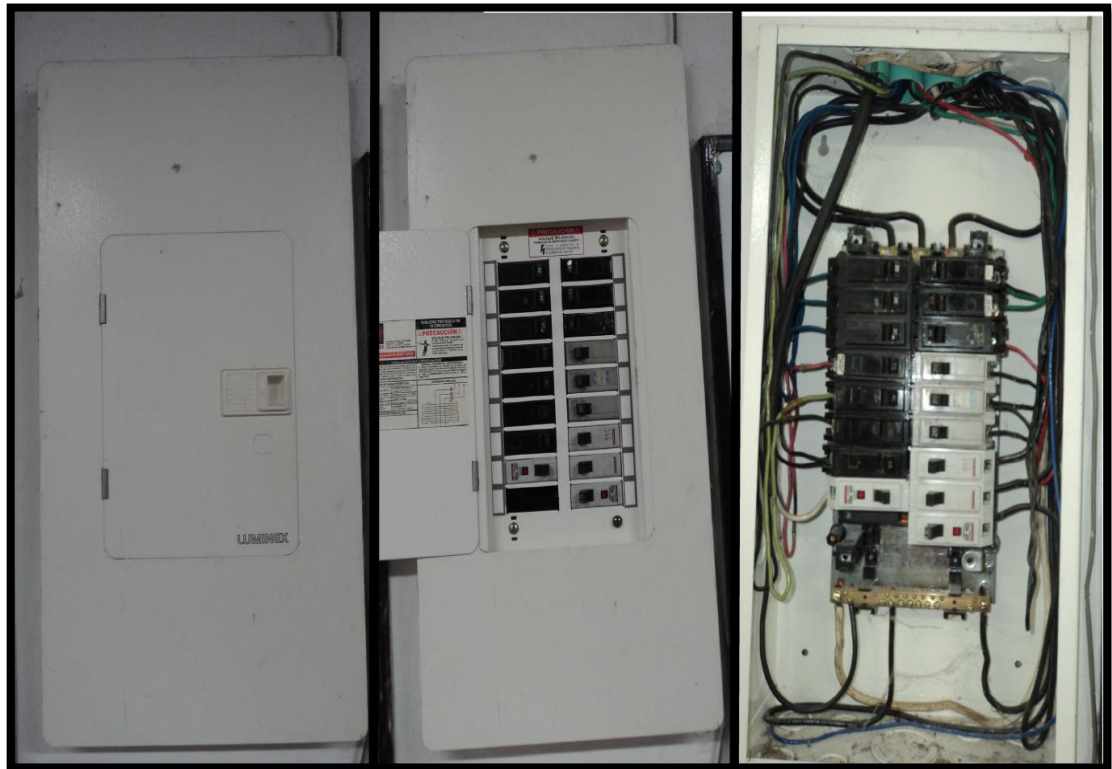


Fuente: Los autores

3.2.5.13 Tablero de uso final TK

Tablero trifásico metálico de 18 puestos con tapa, ubicado en el laboratorio del primer piso, cuenta con 4 puestos de reserva, está alimentado con una acometida de conductores de cobre THW AWG# 6 para las fases y para el neutro por un ducto de PVC de 1 ½", no cuenta con barraje de tierra y sus fases no cumplen con el código de identificación de colores, en la revisión se pudo observar que este tablero no cumple con los porcentajes de ocupación de los ductos, además algunos circuitos tienen una protección sobredimensionada.

Figura 26: Tablero de uso final TK



Fuente: Los autores.

3.2.5.14 Tablero de uso final TL

Tablero trifásico metálico de 12 puestos con tapa, ubicado en el laboratorio de pirometalúrgica del primer piso, cuenta con 4 puestos de reserva, está alimentado con una acometida de conductores de cobre THW AWG# 8 para las fases y para el neutro por un ducto de PVC de $\frac{3}{4}$ ", no cuenta con barraje de tierra y sus fases no cumplen con el código de identificación de colores, en la revisión se pudo observar que en este tablero algunos circuitos tienen una protección sobredimensionada.

Figura 27: Tablero de uso final TL

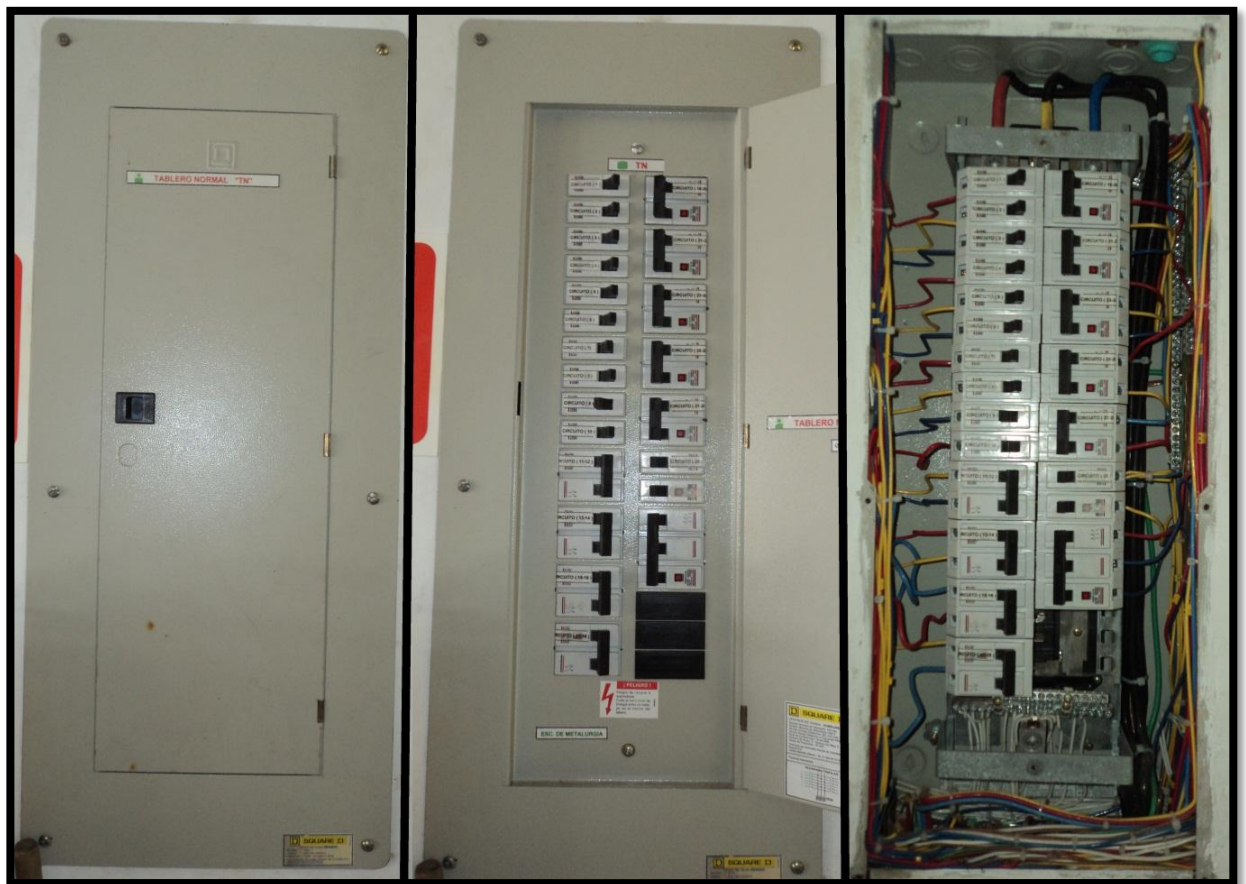


Fuente: Los autores.

3.2.5.15 Tablero de uso final TM

Tablero trifásico metálico de 36 puestos con tapa, ubicado en el laboratorio del segundo piso, cuenta con 3 puestos de reserva, está alimentado con una acometida de conductores de cobre THW AWG# 2 para las fases y para el neutro y THW AWG#8 para la tierra por un ducto de PVC de 2", cuenta con protección y sus fases cumplen con el código de identificación de colores.

Figura 28: Tablero de uso final TM



Fuente: Los autores.

3.2.5.16 Tablero de uso final TN

Tablero trifásico metálico con tapa, ubicado en el patio del sótano, es el encargado de brindar y proteger la acometida para el puente grúa, está alimentado con una acometida de conductores de cobre THW AWG#6 para las fases y para el neutro y TWH AWG#10 para la tierra por un ducto metálico galvanizado de 2", cuentan con protección pero sus fases no cumplen con el código de identificación de colores.

Figura 29: Tablero de uso final TN



Fuente: Los autores.

3.2.5.17 Tablero de control TC-A

Tablero de control trifásico metálico con tapa, cuenta con 4 circuitos de salida encargados de controlar y proteger motores, está alimentado con dos acometidas de conductores de cobre con protección, una es THW AWG#4 para las fases THW AWG#6 para el neutro y TWH AWG#8 para la tierra y la otra es THW AWG#4 para las fases, cada una por un ducto metálico galvanizado de 2”.

Figura 30: Tablero de uso final TC-A



Fuente: Los autores.

3.2.6 Fallas generales del sistema eléctrico

Realizando la evaluación y el levantamiento de las instalaciones eléctricas del edificio se pudo observar que existen demasiadas fallas y situaciones que pueden resultar en incidentes y accidentes de la comunidad universitaria. Son muchos los factores que pueden ocasionar estas fallas, pero la idea del estudio es encontrarlas, mejorarlas o darles solución definitiva y así disminuir el riesgo que existe al tenerlas. Las fallas que se encontraron en las instalaciones eléctricas durante la evaluación fueron:

- **AUSENCIA DE SEÑALIZACION:**

Esta falla se encuentra en algunos tableros de uso final del edificio, y aparte que se está incumpliendo la norma vigente, el no mostrar que existe riesgo eléctrico está ocasionando peligro, ya que estos tableros se encuentran al alcance de los estudiantes y puede que algunos desconozcan las precauciones que se deben tener.

También se observó ausencia de señalización para la identificación de los diferentes circuitos de los tableros de uso final, pues no muestra información sobre los circuitos ramales que opera cada protección, situación que puede ser trascendente a la hora de actuar en situaciones de emergencia.

Figura 31: Algunos tableros que muestran la falta de señalización



Fuente: Los autores

La falta de señalización se encuentra presente también en la subestación eléctrica del edificio, pues esta aunque tenga puerta y candado debe contar con la señalización respectiva que indique riesgo eléctrico.

Figura 32: Falta de señalización en la subestación eléctrica



Fuente: Los autores

- **DISPOSICIÓN INADECUADA DE CABLEADO :**

Al destapar los tableros se encontró que dentro de algunos no existe la adecuada disposición del cableado, ocasionando una incomodidad al maniobrar dentro de este y de volver a ubicar la tapa en el puesto.

Figura 33: Muestra de tableros con inadecuada disposición de cableado.



Fuente: Los autores

- **FALTA DE LIMPIEZA:**

En la evaluación se encontró que existe demasiada suciedad acumulada en los tableros de uso final, esto puede llegar a ocasionar un mal funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

Figura 34: Muestra de falta de limpieza



Fuente: Los autores

- **CONDUCTORES EXPUESTOS**

Al realizar la evaluación de las instalaciones también se pudo observar que existen demasiados cables y empalmes expuestos peligrosamente al contacto, originando así un alto riesgo eléctrico, pues en la mayoría de lugares las fases permanecen siempre energizadas.

Figura 35: Algunos cables y empalmes expuestos



Fuente: Los autores

En la evaluación que se realizó, aparte de encontrar muchas faltas que generan riesgos eléctricos, se encontró que existen muchos aparatos que no se encuentran ni en buen estado ni en uso.

Figura 36: Aparatos en mal estado



Fuente: Los autores

3.2.7 Cuadros de carga actuales de los tableros de uso final

De acuerdo a la evaluación que se realizó en el edificio, se desarrolló para cada tablero de uso final un cuadro de carga de las instalaciones eléctricas actuales, en estos cuadros de carga se puede encontrar una descripción de los circuitos ramales que opera cada protección, incluyendo la carga por fase, el calibre del conductor en el que se encuentran y su capacidad de corriente.

Figura 37: Edificio planta de aceros



Fuente: Los autores

Tabla 15. Cuadro de carga Tablero A

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO TA												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]	Fase y Neutro		
1												Reserva
2												Reserva
3												Reserva
4												Reserva
5												Reserva
6	6						384	0,42666667	3,6	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Alumbrado salón 003
7												Reserva
8												Reserva
9	6					384		0,42666667	3,6	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Alumbrado salón 003
10												Reserva
11	4		3				742	0,82444444	6,9	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Alumbrado+ toma salón 003
12												Reserva
13												Reserva
14												Reserva
15	3					192		0,21333333	1,8	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Alumbrado escaleras Sótano, piso 1 y piso 2

Tabla 15. (Continuación)

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO TA												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
16												Reserva
17												Reserva
18												Reserva
19	16				1024			1,1	9,5	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Alumbrado Laboratorio Salón 003
20												Reserva
21												Reserva
22												Reserva
23			1				162	0,2	1,5	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásica salón 003
24												Reserva
25												Reserva
26												Reserva
27												Reserva
28												Reserva
29												Reserva
30												Reserva
31												Reserva
32												Reserva
TOTAL	35	0	4	0	1024	576	1288	3,1	26,1	3*#6(F) + #6(N) Ø= 2"	3*100 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TA

Fuente: Los autores

Tabla 16. Cuadro de carga Tablero B

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO TB												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
1												Reserva
2												Reserva
3												Reserva
4												Reserva
5												Reserva
6												Reserva
7												Reserva
8												Reserva
9												Reserva
10												Reserva
11												Reserva
12 , 14		4			500		500	1,2	5,7	2*#12(F) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Lámparas patio
13												Reserva
15												Reserva
16-18		4				500	500	1,2	5,7	2*#12(F) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Lámparas patio
17-19-21					-	-	-	-	-	3*#12(F)	2*15 [A] + 1*20 [A]	Salida a Toma trifásica, Sin toma
20-22-24				1	2238	2238	2238	8,4	38,17	ENCAUC 3*#10(F)	3*50 [A]	Salida a compresor trifásico de 9 Hp
23			1				162	0,2	0,8	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Salida a Toma monofásica Sótano
TOTAL	0	8	1	1	2738	2738	3400	11,1	50,3	3*#6(F) + #6(N) Ø= 2"	3*100 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TB

Fuente: Los autores

Tabla 17. Cuadro de carga Tablero C

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TC													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]			Fase y Neutro
1				1		373			0,5	3,9	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
2				1			373		0,5	3,9	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
3				1		373			0,5	3,9	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
4				1			373		0,5	3,9	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
TOTAL	0	0	0	4	0	746	746		1,9	15,5	2*#10(F) + #10(N) Ø= 1/2"	2*20	ACOMETIDA A TABLERO TC

Fuente: Los autores

Tabla 18. Cuadro de carga Tablero D

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO TD												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
1												Reserva
2												Reserva
3												Reserva
4												Reserva
5												Reserva
6												Reserva
7,9,11				1	1243,3	1243	1243,3	4,7	12,2	3*#10(F)	3*20 [A]	Salida a MOTOR de 5 Hp Salón 003
8												Reserva
10												Reserva
12			1	1			330,5	0,4	1,1	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a Toma monofásica + Ventilador de 0,25 Hp salón 003
TOTAL	0	0	2	1	1243,3	1243	1573,8	5,1	13,3	3*#6(F) + #6(N) Ø= 1 1/2"	3*100 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TD

Fuente: Los autores

Tabla 19. Cuadro de carga Tablero

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO TE												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
1,3,5				2	248,67	248,7	248,67	0,9	2,4	3*#10(F)	3*20 [A]	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Trifásico Salón 003
2												Reserva
4			1			162		0,2	0,5	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a Toma Monofásica Salón 003
6	3						192	0,2	0,5	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Alumbrado Baños
6,8				1	1300		1300	3,3	8,5	2*#10(F) + #10(N)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásica Trifilar Salón 003, 2600 W
7				1	186,5			0,2	0,6	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Salida a MOTOR de 1/4 Hp Salón 003
8			3		486			0,5	1,5	#10(F) + #10(N)	1*20 [A]	Toma Monofásico Salón 003
9												Reserva
10			1		162			0,2	0,5	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Toma Monofásico Salón 003
10,18				1		800	800	2	5,2	2*#10(F) + #10(N)	1*15 [A]+1*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 003, Motor de 1600 W
11				1			248,67	0,3	0,8	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a MOTOR de 1/3 Hp Salón 003
12,16				1		625	625	1,6	4,1	2*#12(F) + #12(N)	2*15 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 003, 1000 VA; sin uso
13,15,17				1	55	55	55	0,2	0,5	3*#10(F)	3*20 [A]	Salida a MOTOR de 0,2211 Hp (165 W) Salón 003
13,15				1	750	750		1,9	4,9	2*#10(F) + #10(N)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 003, 1500 W

Tabla 19. (Continuación)

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TE													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]			Fase y Neutro
15,17				4		746	746		1,9	4,9	2*#10(F) + #10(N)	2*20 [A]	Salida Bifásica a Tablero TC Salón 003, Motores de 0,5 Hp
14,16,18				1	733,3	733,3	733,3		2,8	7,2	3*#10(F)	1*15 [A]+1*20 [A]+1*30 [A]	Salida a Toma Trifásica Salón 003, Motor de 2200 W
19			1		162				0,2	0,5	#10(F) + #10(N)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásica Salón 003
20			2	1	510,5				0,6	1,5	#10(F) + #10(N)	1*20 [A]	MOTOR Salón 003 + Toma monofásico Salón 003
20,22,24				1	1865	1865	1865		7	18,4	3*#10(F)	3*20 [A]	Salida a MOTOR de 7,5 Hp Salón 003
21,23,25				1	746	746	746		2,8	7,3	3*#10(F)	3*20 [A]	Salida a MOTOR de 3 Hp Salón 003
22,24				1		625	625		1,6	4,1	2*#12(F)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásica Salón 003, 1000 VA; sin uso
26,28,30				5	2113,7	2114	2113,7		7,9	20,8	3*#8(F)	3*40 [A]	Salida a MOTORES en total 8,5 Hp Salón 003
26			1		162				0,2	1,5	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 003
27,29,30				1	497,3	497,3	497,3		1,9	4,9	3*#12(F)	3*15 [A]	Salida a MOTOR de 2 Hp Salón 003
32,34,36				1	746	746	746		2,8	7,3	3*#12(F)	3*20 [A]	Salida a MOTOR de 3 Hp Salón 003
33,35				1		746	746		1,9	4,9	2*#10(F)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 003, Motor de 2 Hp
35			1		162				0,2	0,5	#10(F) + #10(N)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 003
TOTAL	17	0	17	24	10886	11459	12288		42,7	111,9	3*#2(F) + #6(N) Ø= 1 1/2"	3*100 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TE

Fuente: Los autores

Tabla 20. Cuadro de carga Tablero F

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO TF												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]	Fase y Neutro		
1,2,3				1	416,7	416,7	416,7	1,6	4,1	3*#12(F)	3*15 [A]	Salida a Toma Trifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
1,2				1	625	625		1,6	13	2*#12(F)	2*15 [A]	Salida a Toma Bifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
4,5				1	625	625		1,6	7,1	2*#12(F)	2*15 [A]	Salida a Toma Bifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
5			1			162		0,2	1,5	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a Toma Monofásico Almacén
6			7				1134	1,3	10,5	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Almacén
7	4		1		418			0,5	3,9	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Alumbrado Deposito de materiales
8	2					128		0,1	1,2	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Alumbrado Almacén
TOTAL	6	0	9	3	2084,7	1957	1550,7	6,7	41,3	3*#8(F) + #10(N) Ø= 3/4"	3*100 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TF

Fuente: Los autores

Tabla 21. Cuadro de carga Tablero G

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TG													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]			Fase, Neutro y Tierra
1,2				1		625	625		1,6	7,1	2*#10(F) + #14(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásica Deposito de materiales, 1000 VA; sin uso
3			2			324			0,4	3	#10(F) + #12(N) + #14(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Deposito de materiales, 1000 VA; sin uso
4,5				1		625	625		1,6	7,1	2*#10(F) + #14(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásica Deposito de materiales, 1000 VA; sin uso
6	2							128	0,1	1,2	2*#14(F) + #14(N)	1*15 [A]	Alumbrado Deposito de materiales
7													Reserva
8													Reserva
9													Reserva
TOTAL	2	0	2	2	0	1574	1378		3,6	18,4	2*#10(F) + #10(N) Ø= 3/4"	2*30 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TG

Fuente: Los autores

Tabla 22. Cuadro de carga Tablero G

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TH													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]			Fase y Neutro
1			2		324				0,4		#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a Toma Monofásico Zona de descargue
													Reserva
TOTAL	0	0	2	0	324	0	0		0,4	3	#10(F) + #10(N) Ø= 3/4"	1*15 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TH

Fuente: Los autores

Tabla 23. Cuadro de carga Tablero I

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA														
TABLERO TI														
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES		
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]			Fase y Neutro	
1	1		1			182			0,2		1,7	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico + Alumbrado
														Reserva
TOTAL	0	0	2	0	0	182	0		0,2		1,7	#12(F) + #12(N) Ø= 1 1/2"	1*30 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TI

Fuente: Los autores

Tabla 24. Cuadro de carga Tablero J

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO TJ												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
1				1	800			1	8,3	ENCAUC 2*10 AWG	1*30 [A]	Salida Monofásica a Motor (Horno)
2,4,6				1	373	373	373	1,4	3,7	ENCAUC 3*10 AWG	3*15 [A]	Salida a Toma Trifásica Salida a Motor 1,5 [Hp]
2			1		162			0,2	1,5	#12(F) + #12(N)	1*20	Salida a toma Monofásica
3,5,7				1	497,33	497,3	497,33	1,9	4,9	ENCAUC 3*10 AWG	3*30 [A]	Salida a Motor Ventilador de 2 [Hp] + Toma Monofásica + Salida Monofásica a tablero TH
3			1			162		0,2	1,5	#12(F) + #12(N)	1*20	Salida a toma Monofásica
9	1		2		344			0,4	3,2	#10(F) + #10(N)	1*30 [A]	Salida Monofásica a Tablero TI
8,10,12				1	700	700	700	2,6	6,9	ENCAUC 3*10 AWG	3*30[A]	Salida a Motor (Horno), 2100 W
11												Reserva
TOTAL	1	0	4	4	2876,3	1732	1570,3	7,6	30	3*#6(F) + #8(N) Ø= 1 1/2"	3*100 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TJ

Fuente: Los autores

Tabla 25. Cuadro de carga Tablero CF1

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO CF1												
CIRCUIT O	LUMINARIAS		TOMACORRIENT ES		POTENCIA POR FASE			POTENCI A APARENT E	CORRIENT E	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓ N	OBSERVACION ES
	Número	Común [W]	Especi al [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
1				1	497	497	497	2	4,9	ENCAUC 3*#10 AWG	3*60 [A]	Toma Trifásico, Motor de 2 [Hp]
2				1	249	249	249	1	2,5	ENCAUC 3*#10 AWG	3*60 [A]	Toma Trifásico, Motor de 1 [Hp]
3				1	124	124	124	0	1,2	ENCAUC 3*#10 AWG	3*60 [A]	Toma Trifásico, Motor de 1/2 [Hp]
4				1	1243	1243	1243	5	12,2	ENCAUC 3*#10 AWG	3*60 [A]	Toma Trifásico, Motor de 5 [Hp]
5				1	1243,3	1243,3	1243,3	5	12,2	ENCAUC 3*#10 AWG	3*60 [A]	Toma Trifásico, 1000 [VA], sin uso
TOTAL	0	0	0	5	3357,3	3357,3	3357,3	13	33	ENCAUC 3*#10 AWG	3*100 [A]	ACOMETIDA A CF1

Fuente: Los autores

Tabla 26. Cuadro de carga Tablero CF2

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO CF2													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]			Fase y Neutro
1				1	400	400			1	2,6	#10	3*60 [A]	Tomacorriente
2				1	249	249			0,6	1,6	#10	3*60 [A]	Toma Trifásico, Motor 1 [Hp]
TOTAL	0	0	0	2	649	649			1,6	4,2	3*#2(F) Ø= 2"	3*100 [A]	ACOMETIDA A CF2

Fuente: Los autores

Tabla 27. Cuadro de carga Tablero N

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO TN												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
1				1	6217	6217	6217	23,3	61,2	3*#6(F) + #6(N) + 10(T)	3*80(64-80) [A]	Motor puente grúa
TOTAL	0	0	0	1	6217	6217	6217	23,3	61,2	*#6(F) + #6(N) + 10(T) Ø= 2"	3*80(64-80) [A]	ACOMETIDA A TABLERO TN

Fuente: Los autores

Tabla 28. Cuadro de carga Tablero TC-A

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO: TC-A												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
1				1	7460	7460	7460	22,4	28	ENCAUC 4*#8 AWG		Toma Trifásico, Motores de 30 [Hp]
2				1	746	746	746	2,2	2,8	ENCAUC 4*#8 AWG		Toma Trifásico, Motor 3[Hp]
3				1	746	746	746	2,2	2,8	ENCAUC 4*#8 AWG		Toma Trifásico, Motor 3 [Hp]
TOTAL	0	0	0	3	8952	8952	8952	26,9	33,6	3*#4(F) + #6(N) + #8(T) Ø= 2"	3*80 (64-80) [A]	ACOMETIDA A TABLERO TC-A

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO: TC-A												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
4				1	4476	4476	4476	16,8	44	3*#4(F) + #8(T)	3*64 (64-80) [A]	Toma Trifásico, Motor 18 [Hp]
TOTAL	0	0	0	1	4476	4476	4476	16,8	44	3*#4(F) Ø= 2"	3*64 (64-80) [A]	ACOMETIDA A TABLERO TC-A

Fuente: Los autores

Tabla 29. Cuadro de carga Tablero K

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TK													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[VA]	[A]			Fase y Neutro
1,3				1	186,5	186,5			0,5	2,1	2*#10(F)	2*30 [A]	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 103
2			3		486				0,5	4,5	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Salida a Tomas Monofásicas Salón 103
2,4				1	373	373			0,9	4,2	2*#12(F)	2*20 [A]	MOTOR Salón 103, 1 Hp
4			1			162			0,2	1,5	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 103
5													Reserva
6			1				162		0,2	1,5	#12(F) + #12(N)	1*30 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 103
7,9				2	2200	2200			5,5	25	2*#12(F)	1*20 [A] + 1*40 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 103, 2200 W
8													Reserva
10,12				1		373	373		0,9	4,2	2*#12(F) + #12(N)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 103, 1 Hp

Tabla29. Continuación

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TK													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[VA]	[A]			Fase y Neutro
11												Reserva	
12				1				162	0,2	1,5	#12(F) + #12(N)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 103
13				1		162			0,2	1,5	#12(F) + #12(N)	1*30 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 103
14,16,18	3			5	2	1729	1861	324	4,9	12,8	#8(F) + #8(N)	3 *50 [A]	Salida Trifásica (fase A, fase B y fase C) a tablero TL
15					1		3000		3,7	31,2	ENCAUC 2*12 AWG	1*40 [A]	Salida a Ducha Eléctrica Baños Sótano
17													Reserva
TOTAL	3	0		12	8	5136,5	8155,5	1021	17,7	90,2	3*#6(F) + #6(N) Ø= 1 1/2"	3*50 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TK

Fuente: Los autores

Tabla 30. Cuadro de carga Tablero L

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TL													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[VA]	[A]			Fase y Neutro
1	3				354				0,4	3,3	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida para Iluminación Salón 103
2,4				1	750	750			1,9	8,5	2*#12(F) + #12(N)	2*30 [A]	Salida a Toma Bifásico, 1500 W
3			3			486			0,5	4,5	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a Toma Monofásico
5			2				324		0,4	3	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a Toma Monofásico + Ventilador
6													Reserva
8													Reserva
7,9				1	625	625			1,6	7,1	2*#12(F)	2*30 [A]	Salida a Toma Bifásico, 1000 VA; sin uso
10													Reserva
11			2				324		0,4	3	#12(F) + #12(N)	1*15 [A]	Salida a Toma Monofásico
12													Reserva
TOTAL	3	0	5	2	1729	1861	648		5	29,4	3*#8(F) + #8(N) Ø= 3/4"	3*50 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TL

Fuente: Los autores

Tabla 31. Cuadro de carga Tablero M

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TM													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]			Fase, Neutro y Tierra
1			3		486				0,5	4,5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a una Toma Monofásico GFCI + Dos Tomas Monofásicos Esclavos Salón 202
2			4			648			0,7	6	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Dos Tomas Monofásicos + Dos Tomas Monofásicos Esclavos Salón 202
3			4				648		0,7	6	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 202
4	1		4		712				0,8	6,6	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico GFCI + Toma Monofásico Esclavo + Dos Tomas Monofásicos Salón 202 + Iluminación baño
5			2						0	0	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Toma Monofásico Salones 202
6			3				486		0,5	4,5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 203
7			3		486				0,5	4,5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 203
8			4			648			0,7	6	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 203
9			3				486		0,5	4,5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 203
10			4		648				0,7	6	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Dos Tomas Monofásicos + Toma Monofásico GFCI + Toma Monofásico Esclavo Salón 203
11.12				3		1500	1500		3,7	17	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Tres Tomas Bifásicos Salón 202
13.14				2	500	500			1,2	5,7	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Tomas Bifásicos Salón 202
15.16				2	2100		2100		5,2	23,9	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Tomas Bifásicos Salón 203

Tabla 31. (Continuación)

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TM													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[VA]	[A]			Fase, Neutro y Tierra
17.18				2		1600	1600		4	18,2	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Tomas Bifásicos Salón 203
19.20				1	550	550			1,4	6,2	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 203
21.22				1	400		400		1	4,5	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 203
23.24				1		1300	1300		3,2	14,8	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 203
25.26				1	1232	1232			3,1	14	2*#10(F) + #10(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 203
27.28				3	3696		3696		9,2	42	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Tres Toma Bifásicos Salón 203
29	17					1088			1,2	10,1	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*15 [A]	Salida a Iluminación en salones del Segundo piso
30			8				1296		1,4	12	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón de clases
31.32				1	400	400			0,9	4,1	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 203
31.32.33				1	924	924	924		3,1	8,1	3*#12(F) + #12(T)	3*20 [A]	Salida a Toma Triásico Salón 203
34.35.36													Reserva
TOTAL	17	0	8	21	12134	10390	14436		44,6	229,1	3*#2(F) + #2(N) + #8(T) Ø= 2"	3*128(128-160) [A]	ACOMETIDA A TABLERO TM

Fuente: Los autores

Tabla 32. Cuadro de carga Tablero TGA

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO TGA												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
1				1	4476	4476	4476	16,8	44,0	3*#1/0(F)	3*150 [A]	Tablero de control TC-A
2	7		13	7	4961	3689	3121	14,2	37,2	(3*#6 + 3*#8)(F) + (#8 + #10)(N)	3*100 [A]	Salida Trifásica a Tableros de distribución TF y TJ
3	18		42	18	12134	10390	14436	38,9	102,1	3*#2(F) + #2(N) + #8(T)	3*128 [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TM Piso 2
4	15		18		3876	3876	3876	12,9	33,9	3*#4(F) + #4(N)	3*100 [A]	Jardineria
5	6	4	3		1870	1870		4,2	18,9	3*#10(F) + #10(N) + #10(T)	2*30 [A]	Porteria
6			1	2	1243,3	1243,33	1573,833333	5,3	13,8	3*#6(F) + #6(N)	3*100 [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TD
7	2		2	2		1574	1378	3,4	15,6	2*#10(F) + #12(N) + #12(T)	2*30 [A]	Salida Bifásica a Tablero de distribución TG
8				3	6527,5	6527,5	6527,5	24,5	64,2	3*#6(F) + #6(N) + #10(T)	3*80 [A]	Salida Trifásica a Motores de 15, 3 y 3 [Hp]
9				3	8952	8952	8952	33,6	88,1	3*#4(F) + #6(N) + #8(T)	3*150 [A]	Tablero de control TC-A
TOTAL	48	4	79	36	44040	42597,8	44340,3	153,7	417,9	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	3*320 (160-400) [A]	ACOMETIDA A TABLERO TGA

Fuente: Los autores

Tabla 33. Cuadro de carga Tablero TGB

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO TGB												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]	Fase, Neutro y Tierra		
1				1	5595	5595	5595	21	55,1	2*#2(F)	3*150 [A]	Salida Trifásica a soldador
2				4	648,67	648,667		1,6	4,3	3*#2(F)	3*100 [A]	Salida Trifásica a CF2
3	35	8	5	5	7119	6671	8045	27,3	71,6	3*#6(F) + #6(N)	3*100 [A]	Salida Trifásica a Tableros de distribución TA y TB + CF1
4	3		9	25	10538	11459	12287,67	42,9	112,5	3*#2(F) + #6(N)	3*100 [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TE
5		3	14	8	5136,5	8155,5	1021	17,9	47	3*#6(F) + #6(N)	3*50 [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TK
6												Reserva
TOTAL	38	11	28	43	29037	32529,2	26948,7	110,6	290,4	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	3*350 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TGB

Fuente: Los autores

Tabla 34. Cuadro de carga General

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
TABLERO GENERAL												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
TGA	48	4	79	36	44040	42597,8	44340,33	153,7018019	417,9404131	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	3*320 (160-400) [A]	ACOMETIDA A TABLERO TGA
TGB	38	11	28	43	29037	32529,2	26948,67	110,643125	290,3629	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	3*350 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TGB
TOTAL	86	15	107	79	73076	75127	71289	264,3449269	708,3033131	12*#2/0(F) + 3*#2/0(N) + #2/0(T)		ACOMETIDA TRIFÁSICA

Fuente: Los autores

3.2.8 Cuadros de regulación actuales de los tableros de uso final

Para poder realizar un buen estudio de las instalaciones eléctricas actuales, saber en qué estado se encuentran y comprobar si están cumpliendo la normatividad vigente, se desarrollaron los cuadros de regulación de cada uno de los tableros de uso final existentes en el edificio.

En estos cuadros se encuentra la regulación de cada uno de los circuitos ramales de los tableros, que fue calculada con la fórmula:

$$\delta\% = \frac{Fc * Kg * M}{V_L^2}$$

Dónde:

Fc: Es el factor de corrección que para este proyecto es 1 por tratarse de un sistema trifásico.

Kg: Es la constante de regulación que depende del calibre del conductor del circuito.

M: Es el momento eléctrico, su resultado es la multiplicación de la potencia aparente y la longitud de cada circuito, en el caso más desfavorable.

V_L: Es la tensión de servicio del circuito.

CÁLCULO TIPO PARA REGULACIÓN TABLERO TA

- **Circuito ramal 6**

DATOS:

Fc: El factor de corrección es 6 para 1Ø + N.

Kg: 532,18 para conductor #12 y factor de potencia 0,9.

M: El momento eléctrico es 11,48 [kVA].

V_L: 120 [V].

$$\delta\% = \frac{6 * 532,18 * 11,48}{120^2}$$

$$\delta\% = 2,5 \%$$

Además se encuentran las pérdidas de potencia de cada circuito ramal, estas se calcularon así:

$$P_P\% = \frac{3 * 10^{-4} * r * L * I^2}{P_T}$$

Dónde:

r : Es la resistencia del conductor a 50°C en ohm/metro

L : Es la longitud del circuito en metros

I : Es la corriente de la demanda máxima

P_T : Es la potencia máxima del circuito en watt

CÁLCULO TIPO PARA PERDIDAS DE POTENCIA TABLERO TA

- **Circuito ramal 6**

DATOS:

r : Es 9,2736 [Ω/km] para conductor #12

L : 26,9 [m].

I : 3,5 [A].

P_T : 0,384 [kW].

$$P_P\% = \frac{3 * 10^{-4} * 9,2736 * 26,9 * 3,5^2}{0,384}$$

$$P_P\% = 2,46 \%$$

Tabla 35. Cuadro de regulación Tablero A

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TA									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1									Reserva
2									Reserva
3									Reserva
4									Reserva
5									Reserva
6	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,43	26,9	11,5	2,5	2,46	Alumbrado salón 003
7									Reserva
8									Reserva
9	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,43	18,9	8,1	1,8	1,73	Alumbrado salón 003
10									Reserva
11	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,8	26,2	21,6	4,8	4,64	Alumbrado+ toma salón 003
12									Reserva
13									Reserva
14									Reserva
15	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,2	10,1	2,1	0,5	0,46	Alumbrado escaleras Sótano, piso 1 y piso 2
16									Reserva
17									Reserva

Tabla 34. (Continuación)

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TA									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
18									Reserva
19	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	1,14	26	29,6	6,5	6,35	Alumbrado Laboratorio Salón 003
20									Reserva
21									Reserva
22									Reserva
23	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,18	7	1,3	0,3	0,27	Salida a Toma Monofásica salón 003
24									Reserva
25									Reserva
26									Reserva
27									Reserva
28									Reserva
29									Reserva
30									Reserva
31									Reserva
32									Reserva
TOTAL	3 * # 6(F) + #6(N)	138,855	0,9	3,1		74,1			Acometida Trifásica Tablero TA

Fuente: Los autores

Tabla 36. Cuadro de regulación Tablero B

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TB									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1									Reserva
2									Reserva
3									Reserva
4									Reserva
5									Reserva
6									Reserva
7									Reserva
8									Reserva
9									Reserva
10									Reserva
11									Reserva
12,14	2*#12(F) + #12(N)	476,467	0,8	1,2	49,7	62,1	1,4	4,46	Salida a Lámparas patio
13									Reserva
15									Reserva
16,18	2*#12(F) + #12(N)	476,467	0,8	1,2	43,1	53,9	1,2	3,87	Salida a Lámparas patio
17,19,21	3*#12(F)				6,3				Salida a Toma trifásica, Sin toma
20,22,24	ENCAUC 3*#10(F)	302,877	0,8	8,4	4,5	37,8	0,3	1,71	Salida a compresor trifásico de 9 Hp
23	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,18	3,5	0,6	0,1	0,04	Salida a Toma monofásica
TOTAL	3* # 6(F) + #6(N)	126,254	0,8	11,1		154,4			Acometida Trifásica Tablero TB

Fuente: Los autores

Tabla 37. Cuadro de regulación Tablero C

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TC									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	#12(F) + #12(N)	476,476	0,8	0,46625	1	0,5	0,09	0,11	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
2	#12(F) + #12(N)	476,476	0,8	0,46625	0,9	0,4	0,08	0,1	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
3	#12(F) + #12(N)	476,476	0,8	0,46625	2,9	1,3	0,3	0,3	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
4	#12(F) + #12(N)	476,476	0,8	0,46625	2,2	1,02	0,2	0,24	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
TOTAL	2*#10(F) + #10(N)	302,877	0,8	1,865		3,3			Acometida Bifásica Tablero TC

Fuente: Los autores

Tabla 38. Cuadro de regulación Tablero D

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TD									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1									Reserva
2									Reserva
3									Reserva
4									Reserva
5									Reserva
6									Reserva
7,9,11	3*#10(F)	302,877	0,8	4,7	4	18,6	0,8	0,28	Salida a MOTOR de 5 Hp Salón 003
8									Reserva
10									Reserva
12	#12(F) + #12(N)	476,476	0,8	0,4	7,9	3,3	0,6	0,078	Salida a Toma monofásica + Ventilador de 0,25 Hp
TOTAL	3*#6(F) + #6(N)	126,254	0,8	5,1		22			Acometida Trifásica Tablero TD

Fuente: Los autores

Tabla 39. Cuadro de regulación Tablero E

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TE									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1,3,5	3*#10(F)	302,877	0,8	0,9325	13,7	12,8	0,09	0,19	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
2									Reserva
4	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,18	12,6	2,3	0,5	0,05	Salida a Toma Monofásica Salón 003
6	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,2	22,8	4,9	1,07	0,1	Alumbrado Baños
6,8	2*#10(F) + #10(N)	302,877	0,8	3,25	31,6	102,7	1,4	1,55	Salida a Toma Bifásica Trifilar Salón 003, 2600 W
7	#12(F) + #12(N)	302,877	0,8	0,2	9,5	2,2	0,28	0,05	Salida a MOTOR de 1/4 Hp Salón 003
8	#10(F) + #10(N)	337,154	0,9	0,54	28,4	15,3	2,15	0,21	Toma Monofásico Salón 003
9									Reserva
10	#12(F) + #12(N)	337,154	0,9	0,18	7,02	1,26	0,18	0,03	Toma Monofásico Salón 003
10,18	2*#10(F) + #10(N)	302,877	0,8	2	7,5	15,1	0,2	0,23	Salida a Toma Bifásico Salón 003, Motor de 1600 W
11	#12(F) + #12(N)	476,467	0,8	0,3	11,3	3,5	0,7	0,08	Salida a MOTOR de 1/3 Hp Salón 003
12,16	2*#12(F) + #12(N)	476,467	0,8	1,6	6,04	9,4	0,2	0,23	Salida a Toma Bifásico Salón 003, 1000 VA; sin uso
13,15,17	3*#10(F)	302,877	0,8	0,2	13,04	2,7	0,018	0,04	Salida a MOTOR de 0,2211 Hp (165 W) Salón 003
13,15	2*#10(F) + #10(N)	302,877	0,8	1,9	12,7	23,8	0,33	0,36	Salida a Toma Bifásico Salón 003, 1500 W
15,17	2*#10(F) + #10(N)	302,877	0,8	1,9	15,24	28,4	0,4	0,43	Salida Bifásica a Tablero TC Salón 003, Motores de 0,5 Hp

Tabla 38. (Continuación)

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TE									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
14,16,18	3*#10(F)	302,877	0,8	2,7	5,4	14,8	0,1	0,22	Salida a Toma Trifásica Salón 003, Motor de 2200 W
19	#10(F) + #10(N)	337,154	0,9	0,18	13,5	2,4	0,3	0,03	Salida a Toma Monofásica Salón 003
20	#10(F) + #10(N)	337,154	0,9	0,6	21,2	12,02	1,7	0,16	MOTOR Salón 003 + Toma monofásico Salón 003
20,22,24	3*#10(F)	302,877	0,8	6,9	21,2	148,3	1,04	2,23	Salida a MOTOR de 7,5 Hp Salón 003
21,23,25	3*#10(F)	302,877	0,8	2,7	19,7	55,1	0,4	0,83	Salida a MOTOR de 3 Hp Salón 003
22,24	2*#12(F)	476,467	0,8	1,6	21,2	33,1	0,7	0,79	Salida a Toma Bifásica Salón 003, 1000 VA; sin uso
26,28,30	3*#8(F)	196,463	0,8	7,9	17,9	141,9	0,6	1,35	Salida a MOTORES en total 8,5 Hp Salón 003
26	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,18	15	2,7	0,6	0,58	Salida a Toma Monofásica Salón 003
27,29,30	3*#12(F)	476,467	0,8	1,9	3,9	7,3	0,08	0,17	Salida a MOTOR de 2 Hp Salón 003
32,34,36	3*#12(F)	476,467	0,8	2,8	2,9	8,1	0,08	0,19	Salida a MOTOR de 3 Hp Salón 003
33,35	2*#10(F)	302,877	0,8	1,9	2,7	5,03	0,07	0,08	Salida a Toma Bifásico Salón 003, Motor de 2 Hp
35	#10(F) + #10(N)	337,154	0,9	0,18	0,6	0,1	0,01	0,001	Salida a Toma Monofásico Salón 003
TOTAL	3* #2(F) + #6(N)	53,8566	0,8	43,01		655,3			Acometida Trifásica Tablero TE

Fuente: Los autores

Tabla 40. Cuadro de regulación Tablero F

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TF									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1,2,3	3*#12(F)	476,467	0,8	1,6	7,8	12,1	0,13	0,29	Salida a Toma Trifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
1,2	2*#12(F)	476,467	0,8	1,6	12,5	19,6	0,4	4,73	Salida a Toma Bifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
4,5	2*#12(F)	476,467	0,8	1,6	17,02	26,6	0,58	1,91	Salida a Toma Bifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
5	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,18	17,2	3,09	0,68	0,66	Salida a Toma Monofásico Almacén
6		532,18	0,9	1,26	14,7	18,5	4,1	3,98	Salida a Toma Monofásico Almacén
7	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,5	24,4	11,35	2,5	2,44	Alumbrado Deposito de materiales
8	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,14	11,8	1,67	0,37	0,36	Alumbrado Almacén
TOTAL	3*#8(F) + #1(N)	196,463	0,8	6,73		92,97			Acometida Trifásica Tablero TF

Fuente: Los autores

Tabla 41. Cuadro de regulación Tablero G

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TG									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1,2	2*#10(F) + #14(T)	476,467	0,8	1,6	6,35	9,92	0,21	0,71	Salida a Toma Bifásica Deposito de materiales, 1000 VA; sin uso
3	#10(F) + #12(N) + #14(T)	532,18	0,9	0,4	5,96	2,1	0,5	0,46	Salida a Toma Monofásico Deposito de materiales, 1000 VA; sin uso
4,5	2*#10(F) + #14(T)	476,467	0,8	1,6	2,95	4,6	0,1	0,33	Salida a Toma Bifásica Deposito de materiales, 1000 VA; sin uso
6	2*#14(F) + #14(N)	842,141	0,9	0,14	15,47	2,2	0,8	0,47	Alumbrado Deposito de materiales
7									Reserva
8									Reserva
9									Reserva
TOTAL	2* # 10(F) + #10(N)	302,877	0,8	3,63		18,9			Acometida Bifásica Tablero TG

Fuente: Los autores

Tabla 42. Cuadro de regulación Tablero H

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TH									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,36	1,77	0,6	0,14	0,13	Salida a Toma Monofásico Zona de descargue
									Reserva
TOTAL	#10(F) + #10(N)	337,154	0,9	0,36		0,6			Acometida Monofásica Tablero TH

Fuente: Los autores

Tabla 43. Cuadro de regulación Tablero I

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TI									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,2	4,7	1,8	0,21	0,2	Salida a Toma Monofásico + Alumbrado
									Reserva
TOTAL	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,2		1,8			Acometida Monofásica Tablero TI

Fuente: Los Autores

Tabla 44. Cuadro de regulación Tablero J

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TJ									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	ENCAUC 2*10 AWG	302,877	0,8	1	3,2	3,2	0,4	0,48	Salida Monofásica a Motor (Horno)
2,4,6	ENCAUC 3*10 AWG	302,877	0,8	1,4	4,7	6,6	0,04	0,09	Salida a Toma Trifásica Salida a Motor 1,5 [Hp]
2	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,18	4,5	0,8	0,18	0,17	Salida a Toma Monofásica
3,5,7	ENCAUC 3*10 AWG	302,877	0,8	1,9	9,5	17,72	0,12	0,27	Salida a Motor Ventilador de 2 [Hp] + Toma Monofásica + Salida Monofásica a tablero TH
3	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,18	8,3	1,5	0,3	0,32	Salida a Toma Monofásica
9	#10(F) + #10(N)	337,154	0,9	0,4	11,4	4,4	0,6	0,94	Salida Monofásica a Tablero TI
8,10,12	ENCAUC 3*10 AWG	302,877	0,8	2,6	3,6	9,6	0,07	0,23	Salida a Motor (Horno), 2100 W
11									Reserva
TOTAL	3*#6(F) + #8(N)	126,254	0,8	7,6		43,7			Acometida Trifásica Tablero TJ

Fuente: Los autores

Tabla 45. Cuadro de regulación Tablero CF1

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO CF1									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	ENCAUC 3*#10 AWG	302,877	0,8	1,9	15,3	28,5	0,9	0,43	Toma Trifásico, Motor de 2 [Hp]
2	ENCAUC 3*#10 AWG	302,877	0,8	0,9	14,3	13,3	0,4	0,2	Toma Trifásico, Motor de 1 [Hp]
3	ENCAUC 3*#10 AWG	302,877	0,8	0,47	14,47	6,7	0,2	0,12	Toma Trifásico, Motor de 1/2 [Hp]
4	ENCAUC 3*#10 AWG	302,877	0,8	4,7	1,7	8,04	0,03	0,12	Toma Trifásico, Motor de 5 [Hp]
5	ENCAUC 3*#10 AWG	302,877	0,8	4,7	0,4	2,05	0,0018	0,03	Toma Trifásico, 1000 [VA], sin uso
TOTAL	ENCAUC 3*#10 AWG	302,877	0,8	7,9		58,7			Acometida Trifásica a Tablero CF1

Fuente: Los autores

Tabla 46. Cuadro de regulación Tablero CF2

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO CF2									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	ENCAUC 2*#10	302,877	0,8	932,5	2,4	2,4	2,4	0,036	Tomacorriente
2	ENCAUC 2*#11	302,877	0,8	5595	1,1	0,7	0,7	0,01	Toma Trifásico, Motor 1 [Hp]
TOTAL	3 * # 2(F)	53,8566	0,8	6527,5		8,4			Acometida a Tablero CF2

Fuente: Los autores

Tabla 47. Cuadro de regulación Tablero N

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TN									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	3*#6(F) + #6(N) + #10(T)	126,254	0,8	23312,5	27,6	642,7	15,4	1,51	Motor puente grúa
TOTAL	3*#6(F) + #6(N) + #10(T)	126,254	0,8	23312,5		642,7			Acometida Trifásica a Tablero TN

Fuente: Los autores

Tabla 48. Cuadro de regulación Tablero TC-A

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TC-A									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[VA]			δ%		
1	ENCAUC 4*#10 AWG	196,463	0,8	27975	2,74	76,6	0,28	0,72	Toma Trifásico, Motores de 30 [Hp]
2	ENCAUC 4*#10 AWG	196,463	0,8	2797,5	12,56	35,1	0,6	0,33	Toma Trifásico, Motor 3[Hp]
3	ENCAUC 4*#10 AWG	196,463	0,8	2797,5	2,9	8,1	0,03	0,077	Toma Trifásico, Motor 3 [Hp]
TOTAL	3*#4(F)+ #6(N) + #8(T)	81,9997	0,8	33570		119,9			Acometida Trifásica a Tablero TC-A

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TC-A									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[VA]			δ%		
4	3*#4(F) + #8(T)	81,997	0,8	16785	10,86	182,3	1,12	1,73	Toma Trifásico, Motor 18 [Hp]
TOTAL	3*#4(F)	81,997	0,8	16785		182,3			Acometida Trifásica a Tablero TC-A

Fuente: Los autores

Tabla 49. Cuadro de regulación Tablero K

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TK									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número				[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1,3	2*#10(F)	302,877	0,8	0,46	16	7,46	0,1	0,34	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 103
2	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,54	9,1	4,9	1,09	1,05	Salida a Tomas Monofásicas Salón 103
2,4	2*#12(F)	476,467	0,8	0,93	14,5	13,5	0,3	0,97	MOTOR Salón 103, 1 Hp
4	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,18	4,5	0,8	0,18	0,18	Salida a Toma Monofásico Salón 103
5									Reserva
6	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,18	8,83	1,5	0,35	0,34	Salida a Toma Monofásico Salón 103
7,9	2*#12(F)	302,877	0,8	5,5	21,5	118,2	1,65	5,35	Salida a Toma Bifásico Salón 103, 2200 W
8									Reserva
10,12	2*#12(F) + #12(N)	476,467	0,8	0,93	15,5	14,4	0,31	3,49	Salida a Toma Bifásico Salón 103, 1 Hp
11									Reserva

Tabla 48. (Continuación)

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TK									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número				[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
11									Reserva
12	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,18	12,24	2,2	0,48	0,47	Salida a Toma Monofásico Salón 103
13	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,18	11,15	2	0,44	0,43	Salida a Toma Monofásico Salón 103
14,16,18	3*#8(F) + #8(N)	196,463	0,8	4,9	15,7	76,8	0,34	7,35	Salida Trifásica (fase A, fase B y fase C) a tablero TL
15	ENCAUC 2*12 AWG	476,467	0,8	3,75	7	26,2	5,2	3,99	Salida a Ducha Eléctrica Baños Sótano
17									Reserva
TOTAL	3* # 6(F) + #6(N)	126,254	0,8	17,7		268,3			Acometida Trifásica Tablero TK

Fuente: Los autores

Tabla 50. Cuadro de regulación Tablero L

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TL									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número				[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,393333333	5,57	2,2	0,5	0,47	Salida para Iluminación Salón 103
2,4	2*#12(F) + #12(N)	476,467	0,8	1,875	3,3	6,2	0,14	0,44	Salida a Toma Bifásico, 1500 W
3	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,54	1,83	0,99	0,22	0,21	Salida a Toma Monofásico
5	#12(F) + #12(N)	532,18	0,9	0,36	5,3	1,9	0,42	0,41	Salida a Toma Monofásico + Ventilador
6									Reserva
8									Reserva
7,9	2*#12(F)	476,467	0,8	1,5625	5,6	8,75	0,2	0,4	Salida a Toma Bifásico, 1000 VA; sin uso
10									Reserva
11	#12(F) + #12(N)	532,18		0,36	9,51	3,4	0,76	0,46	Reserva
12									Reserva
TOTAL	3* # 8(F) + #8(N)	196,463	0,8	5,090833333		23,4			Acometida Trifásica Tablero TL

Fuente: Los autores

Tabla 51. Cuadro de regulación Tablero M

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TM									
CIRCUITO Número	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
				[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,54	13,6	7,34	1,62	1,58	Salida a una Toma Monofásico GFCI + Dos Tomas Monofásicos Esclavos Salón 202
2	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,72	24	17,2	3,83	3,71	Salida a Dos Tomas Monofásicos + Dos Tomas Monofásicos Esclavos Salón 202
3	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,72	30,7	22,10	4,9	4,74	Salida a Toma Monofásico Salón 202
4	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,79	26,1	20,64	4,5	4,43	Salida a Toma Monofásico GFCI + Toma Monofásico Esclavo + Dos Tomas Monofásicos Salón 202 + Iluminación baño
5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,36	17,6	6,33	1,4	1,36	Toma Monofásico Salones 202
6	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,54	13,7	7,39	1,64	1,59	Salida a Toma Monofásico Salón 203
7	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,54	13,5	7,29	1,61	1,56	Salida a Toma Monofásico Salón 203
8	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,72	6,3	4,5	1,005	0,97	Salida a Toma Monofásico Salón 203
9	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,54	14,7	7,9	1,76	1,7	Salida a Toma Monofásico Salón 203
10	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,72	10,7	7,7	1,7	1,65	Salida a Dos Tomas Monofásicos + Toma Monofásico GFCI + Toma Monofásico Esclavo Salón 203
11.12	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	3,75	23,7	88,87	2,2	6,39	Salida a Tres Tomas Bifásicos Salón 202
13.14	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	1,25	15	18,75	0,46	1,35	Salida a Tomas Bifásicos Salón 202

Tabla 50. (Continuación)

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TM									
CIRCUITO	FASES	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número				[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
15.16	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	5,25	14,8	77,7	1,92	5,58	Salida a Tomas Bifásicos Salón 203
17.18	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	4	14,8	59,2	1,46	4,25	Salida a Tomas Bifásicos Salón 203
19.20	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	1,37	11,5	15,8	0,39	1,14	Salida a Toma Bifásico Salón 203
21.22	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	1	7,4	7,4	0,18	0,53	Salida a Toma Bifásico Salón 203
23.24	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	3,25	4,4	14,3	0,35	1,03	Salida a Toma Bifásico Salón 203
25.26	2*#10(F) + #10(N) + #12(T)	302,877	0,8	3,08	7,7	23,7	0,37	1,7	Salida a Toma Bifásico Salón 203
27.28	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	9,24	10,1	93,3	2,31	4,22	Salida a Tres Toma Bifásicos Salón 203
29	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	1,208	24,1	29,13	6,46	5,48	Salida a Iluminación en salones del Segundo piso
30	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	1,44	20,2	29,08	6,45	5,32	Salida a Toma Monofásico Salón de clases
31.32	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,88	16,35	14,5	0,402	0,93	Salida a Toma Bifásico Salón 203
31.32.33	3*#12(F) + #12(T)	532,18	0,9	3,08	15,1	46,5	0,572	0,99	Salida a Toma Trifásico Salón 203
34.35.36									Reserva
TOTAL	3* # 2(F) + #2(N) + # 8(T)	53,8566	0,8	45,003		626,91			Acometida Trifásica a tablero TM

Fuente: Los autores

Tabla 52. Cuadro de regulación Tablero GA

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TGA									
CIRCUIT O	CONDUCTO R	KG	FACTOR DE POTENCI A	POTENCIA APARENTE	LONGITU D	MOMENTO	REGULACIÓ N PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	3*#4(F) + #6(N) + #8(T)	81,9997	0,8	16,78	54,2	727,79	1,38	2,19	Tablero de control TC-A
2	3*#6(F) + #6(N) + #8(T)	126,254	0,8	14,18	15,21	179,036	0,52	1,26	Salida Trifásica a Tableros de distribución TF y TJ
3	3*#2(F) + #2(N) + #8(T)	53,8566	0,9	38,905	22,6	835,29	1,041	0,56	Salida Trifásica a Tablero de distribución TM Piso 2
4	3*#4(F) + #4(N)	89,2797	0,9	12,9	60,5	703,49	1,45	2,65	Jardinería
5	3*#10(F) + #10(N) + #10(T)	337,154	0,9	4,15	72	269,28	2,101	7,57	Portería
6	3*#6(F) + #6(N)	126,254	0,8	5,27	6,2	25,17	0,073	0,51	Salida Trifásica a Tablero de distribución TD
7	2*#10(F) + #12(N) + #12(T)	302,877	0,8	3,43	36,12	106,62	0,74	1,32	Salida Bifásica a Tablero de distribución TG
8	2*#6(F) + #6(N) + #10(T)	126,254	0,8	24,47	15	293,73	0,85	5,53	Salida Trifásica a Motores de 15, 3 y 3 [Hp]
9	3*#4(F)	81,9997	0,8	33,57	54,2	1455,59	2,76	6,95	Tablero de control TC-A
TOTAL	6* # 2/0(F) + 2*#2/0(N) + # 1/0(T)	30,0602	0,8	153,701		4596,038			Acometida a tablero TGA

Fuente: Los autores

Tabla 53. Cuadro de regulación Tablero GB

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TGB									
CIRCUIT O	CONDUCTO R	KG	FACTOR DE POTENCI A	POTENCIA APARENTE	LONGITU D	MOMENTO	REGULACIÓ N PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	2*#2(F)	53,8566	0,8	20,9	13,5	226,59	0,56	0,68	Salida Trifásica a soldador
2	3*#2(F)	53,8566	0,8	1,62	26,12	33,88	0,084	0,101	Salida Trifásica a CF2
3	3*#6(F) + #6(N)	126,254	0,8	27,2	26,95	588,45	1,71	4,46	Salida Trifásica a Tableros de distribución TA y TB + CF1
4	3*#2(F) + #6(N)	53,8566	0,8	42,8	5,75	197,13	0,24	0,59	Salida Trifásica a Tablero de distribución TE
5	3*#6(F) + #6(T)	126,254	0,8	17,89	21	300,57	0,87	2,28	Salida Trifásica a Tablero de distribución TK
6									Reserva
TOTAL	6* # 2/0(F) + 2*#2/0(N) + # 1/0(T)	30,0602	0,8	110,6		1346,64			Acometida a tablero TGB

Fuente: Los autores

Tabla 54. Cuadro de regulación General

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO GENERAL									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
TGA	6* # 2/0(F) + 2*#2/0(N) + # 1/0(T)	30,0602	0,8	153,7	5,2	4596,03	3,2	3,08	Salida Trifásica a Tablero TGA
TGB	6* # 2/0(F) + 2*#2/0(N) + # 1/0(T)	30,0602	0,8	110,6	5,2	1346,6	0,94	3,49	Salida Trifásica a Tablero TGB
TOTAL	12*#2/0(F) + 3*#2/0(N) + #2/0(T)	30,0602	0,8	264,34		5942,6			Salida Trifásica a Tablero general

Fuente: Los autores

3.2.9 Análisis de la calidad del suministro actual de energía

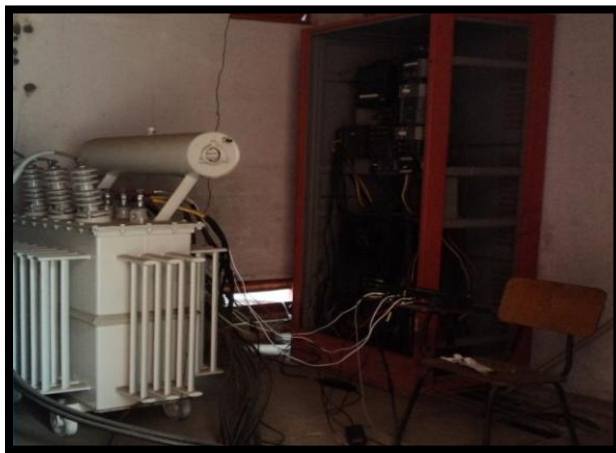
Para poder obtener valores actuales de las instalaciones eléctricas del edificio y darle desarrollo al proyecto fue necesario realizar un análisis de la calidad de la energía eléctrica suministrada al edificio, pues se requerían datos necesarios para conocer la demanda de energía y la corriente máxima necesaria para el edificio.

Este análisis se dividió en 2 etapas: La conexión del analizador de redes y la obtención y el análisis de datos.

CONEXIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES

Con el fin de establecer la demanda de energía actual en el edificio, se realizó la conexión del analizador de redes en la subestación eléctrica del mismo, desde el día martes 22 de enero del 2013 hasta el día lunes 28 de Enero de 2013 tomando datos cada 5 minutos obteniendo 5777 datos, esta conexión se realizó en una semana normal de actividades y para obtener resultados completos y confiables se colocaron en funcionamiento cargas de que usualmente no lo están, teniendo así un comportamiento real y a mayor carga del común.

Figura 38: Conexión del analizador de redes



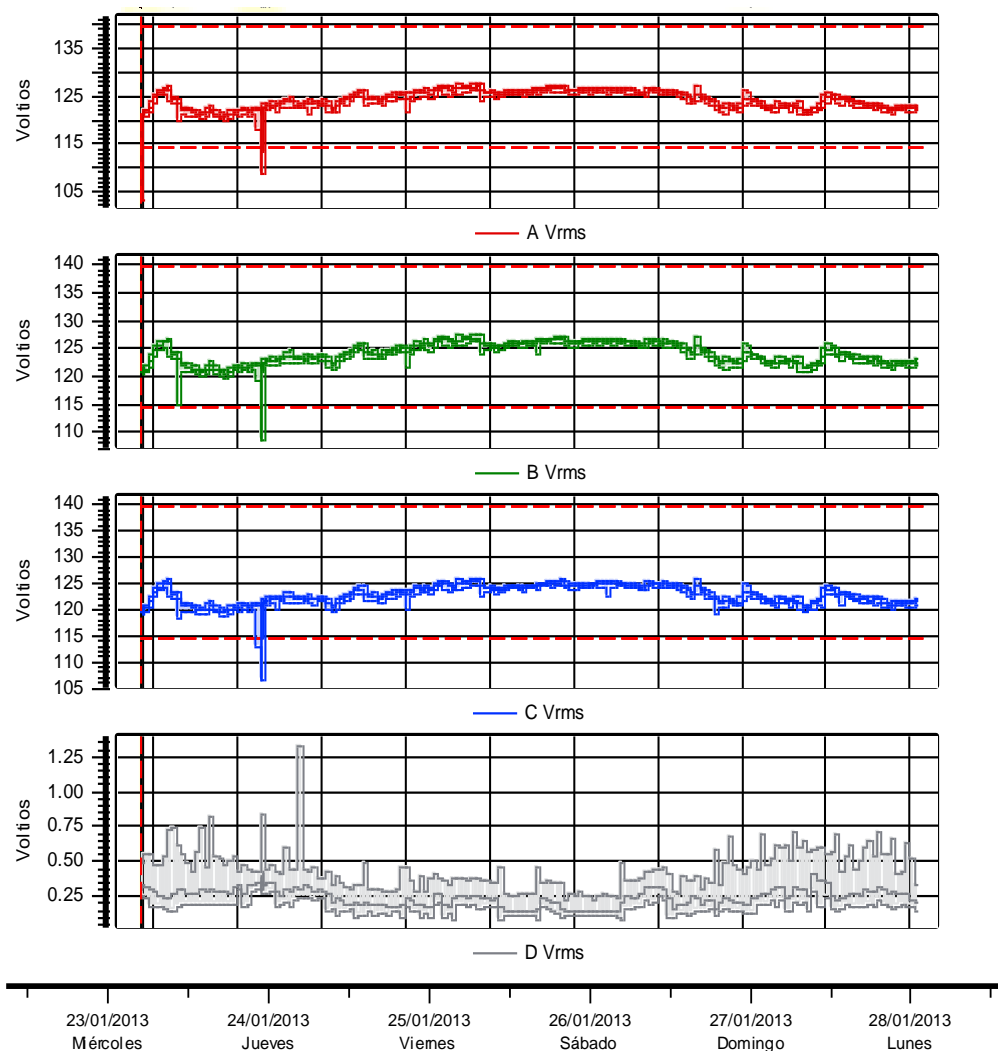
Fuente: Los autores

OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Luego del periodo de medición, los datos obtenidos son analizados mediante el software Dran-view 6.11.02, con este software se lograron analizar los parámetros que sirven de referencia para enmarcar el comportamiento en general de las instalaciones eléctricas del edificio. Los resultados se muestran a continuación.

Diagramas de tensión RMS

Figura 39: Diagrama de tensión por fase en edificio



Fuente: Los autores

La figura 40 muestra el comportamiento de la tensión durante el periodo de medición, de acuerdo a este comportamiento se puede obtener los valores de las tensiones mínimas y máximas que se presentaron durante el estudio.

Tabla 55. Resumen de tensiones en fases y neutro

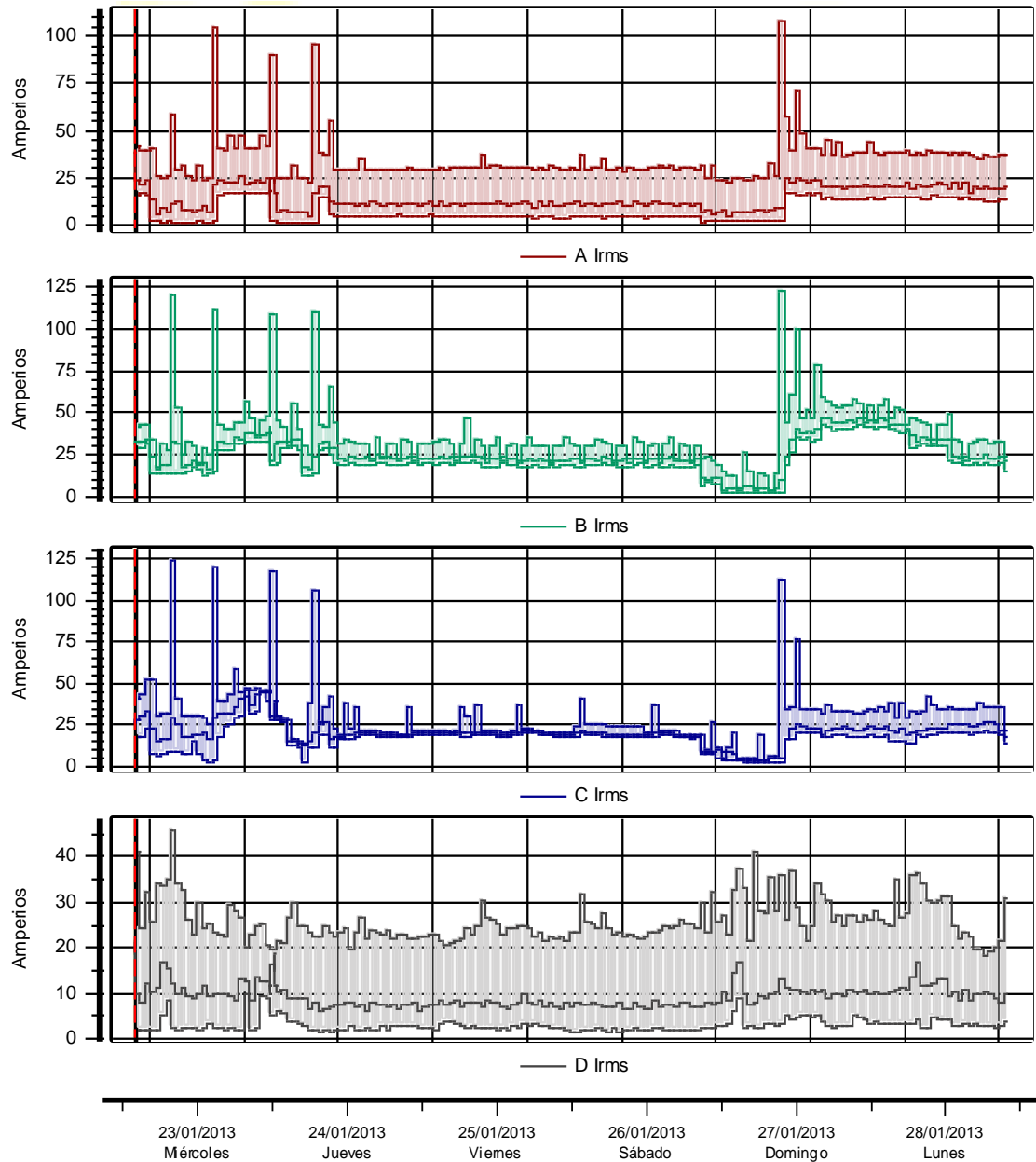
Fase \ Vfase	Mínima [V]	Máxima [V]
A	103.1	127.6
B	108.5	127.4
C	106.5	126.0
D	0.07934	1.326

Fuente: Los autores

Según los resultados que se muestran en la tabla 55, donde la tensión mínima de fases es de 103.1 (V), la tensión máxima es 127.6 (V) y la tensión media es de 123.7 (V), se puede concluir que el valor de la tensión mínima no se encuentra dentro del rango de los valores permitidos por la norma, pero este valor solo representa una caída de tensión en la red a la cual está conectado el transformador y no un exceso de carga en la instalación; el valor de la tensión máxima sobrepasa los límites permitidos, pero este valor se alcanza en horas en las que el edificio no presta un servicio lo que indica que no existe ningún riesgo para las instalaciones eléctricas; el valor de la tensión media es de 123.7 (V) valor que también sobrepasa los límites permitidos por la norma, esto se puede deber a un desbalance entre las fases consecuencia de una posible mala distribución de las cargas existentes.

- **Diagramas de intensidad de corriente RMS**

Figura 40: Diagrama de intensidad de corriente por fase en edificio



Fuente: Los autores

La figura 41 muestra el comportamiento de la intensidad de corriente que se registró durante el periodo de medición, en donde se pueden observar variaciones

en el comportamiento debido al inicio de actividades diarias y el encendido de equipos que no se conectan usualmente.

El comportamiento que presento la intensidad de corriente durante el periodo de medición, presento valores descritos en la tabla 56.

Tabla 56. Resumen de intensidad de corriente en el edificio

Fase \ Ifase	Mínima [A]	Máxima [A]
A	1.147	108.2
B	2.303	122.9
C	2.288	120.4
D	1.376	41.12

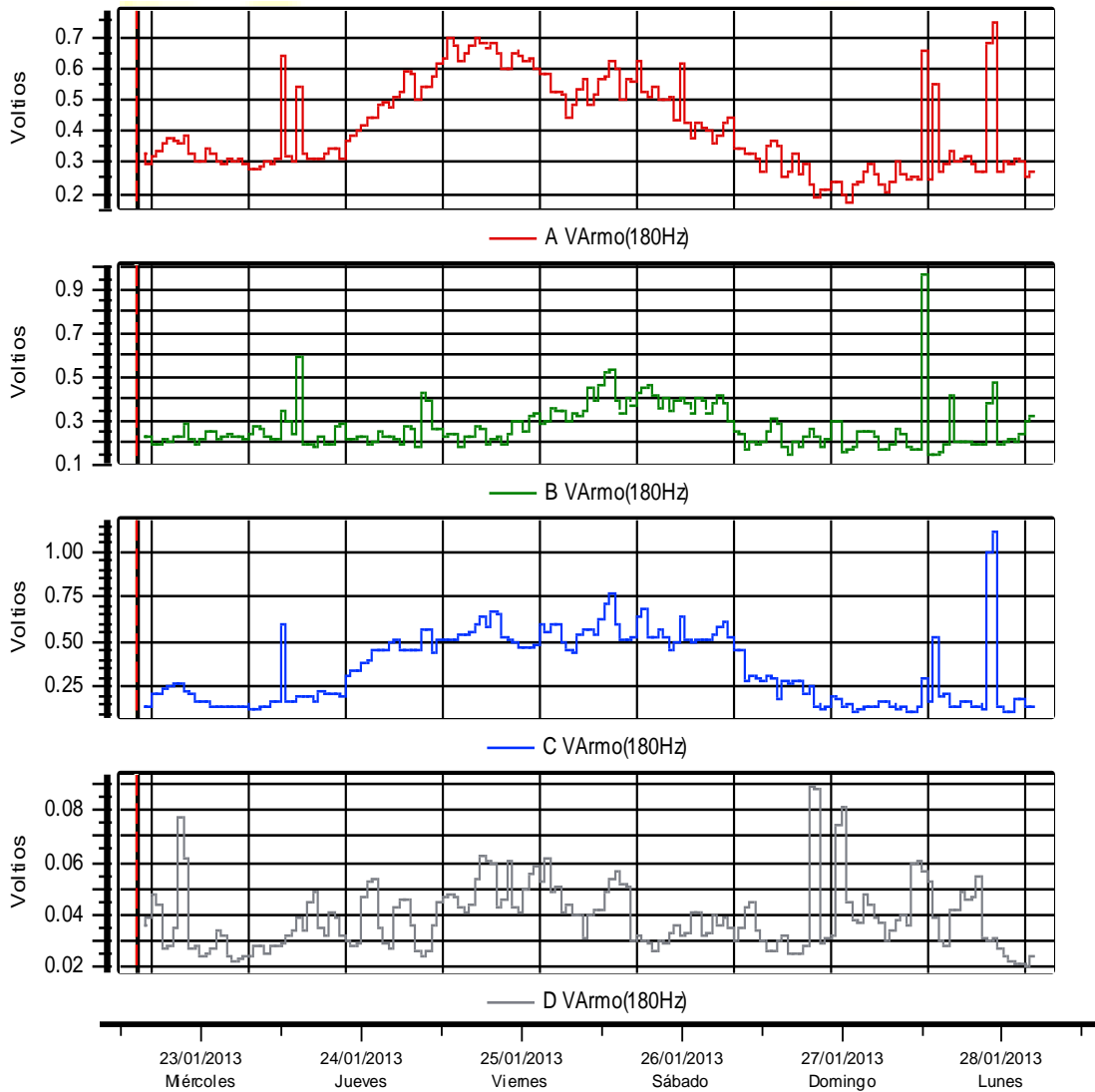
Fuente: Los autores

Según los valores que muestra la tabla 56 se observa que las fases B y C muestran valores mínimos y máximos similares, mientras que la fase A presenta una variación en estos valores.

Esta variación en la fase A se debe a la diversidad de cargas que se encuentran conectadas (monofásicas, bifásicas, trifásicas), por ejemplo se podría decir que a alguna hora del día se enciende una carga bifásica que obliga a que circule corriente por el neutro para tratar de balancear el sistema.

- **Armónicos de tensión**

Figura 41: Diagrama de armónicos de tensión

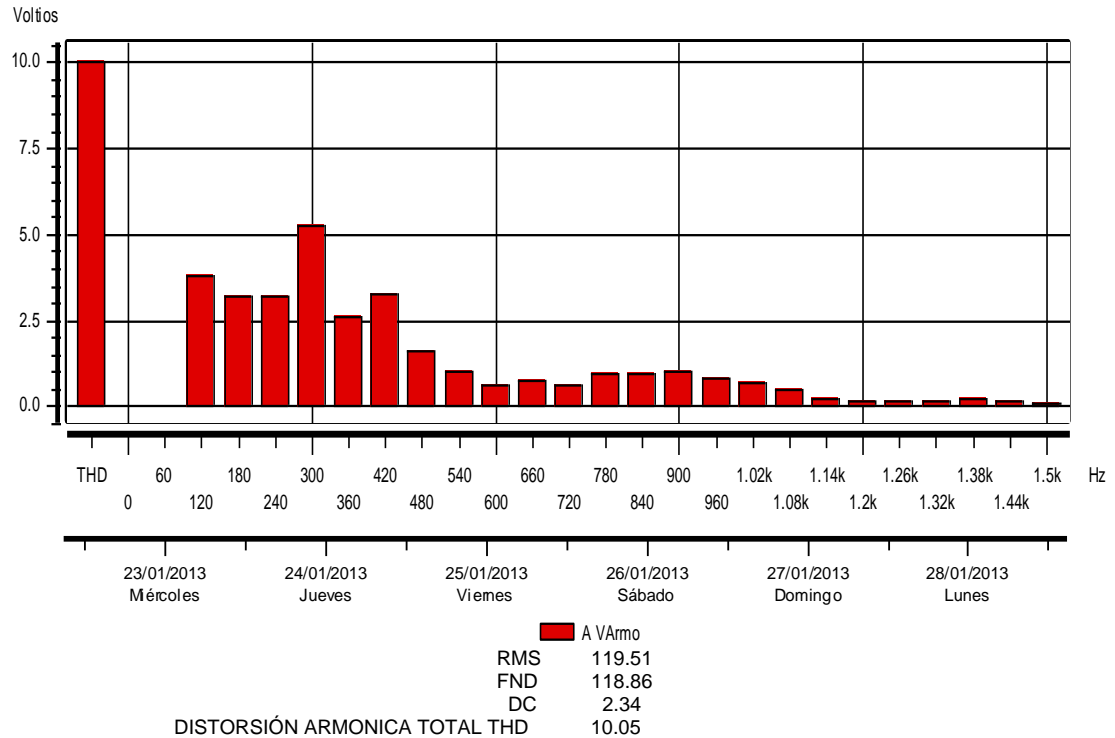


Fuente: Los autores

La figura 42 muestra el diagrama del tercer armónico en todas las fases obtenidos mientras el periodo de medición, ya que según se tiene entendido es el armónico que más afecta la señal.

Para verificar el estado y comportamiento de los armónicos se realizó un espectro fase por fase de los armónicos de tensión, como se muestra a continuación.

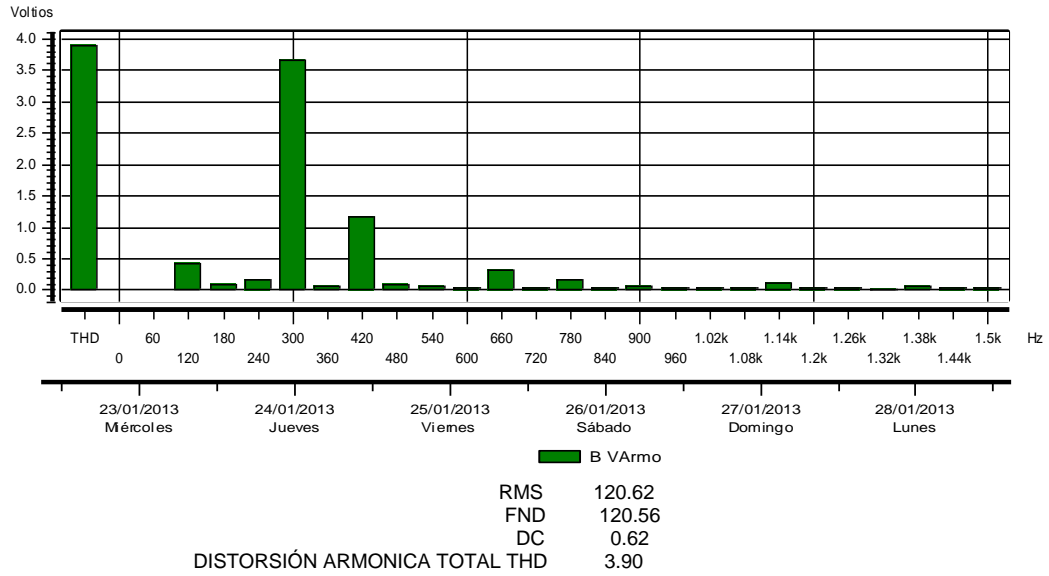
Figura 42: Diagrama de armónicos de tensión para la fase A



Fuente: Los autores

La norma IEEE 1159-2009 exige que el nivel de los armónicos se deben encontrar en un rango del 0% y el 20% del valor real, para esta fase el nivel de armónicos se encuentra en 8.40 %, lo que permite concluir que se encuentra en el rango permisible.

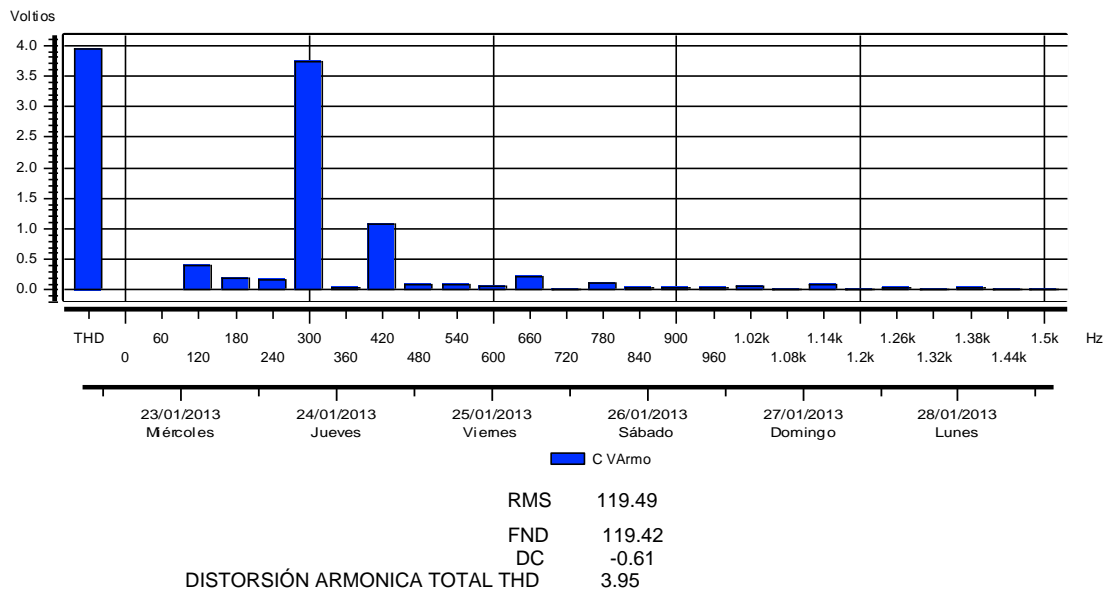
Figura 43: Diagrama de armónicos de tensión para la fase B



Fuente: Los autores

Para esta fase el nivel de armónicos alcanza el 3.233 %, lo que indica que se encuentra en el rango permisible por norma.

Figura 44: de armónicos de tensión para la fase C

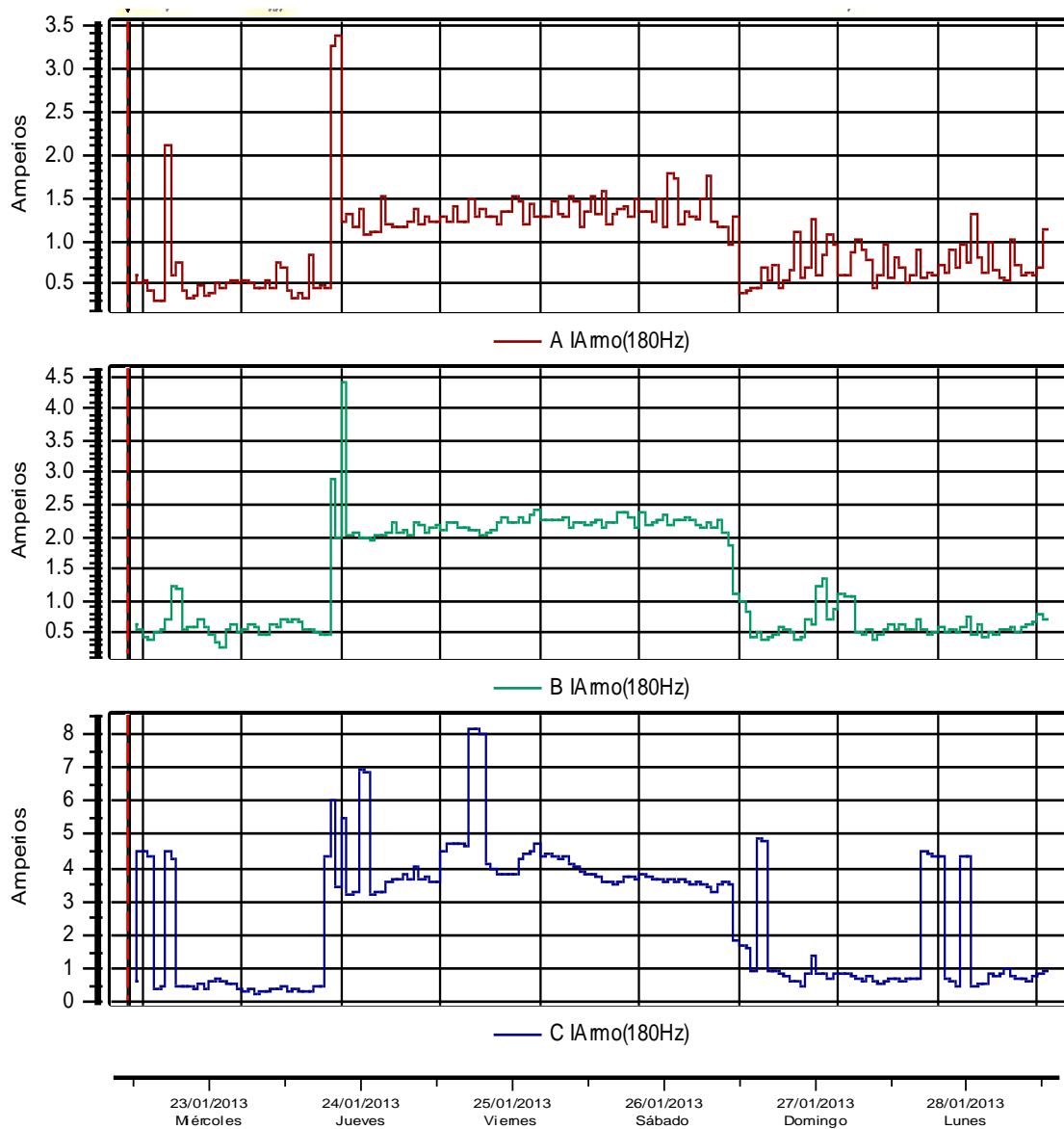


Fuente: Los autores

Para esta fase el nivel de armónicos alcanza el 3.30 %, lo que indica que se encuentra en el rango permisible por la norma.

- **Armónicos de intensidad de corriente**

Figura 45: Diagrama de armónicos de intensidad de corriente

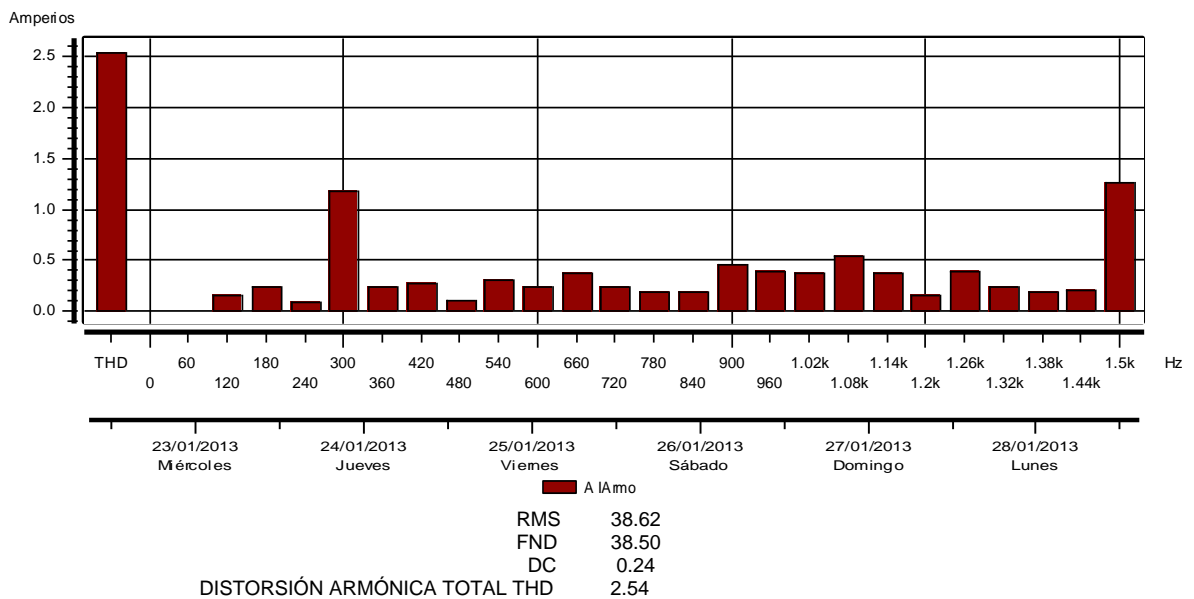


Fuente: Los autores

La figura 46 muestra los resultados obtenidos en el estudio del tercer armónico de intensidad de corriente, ya que es el armónico que más afecta la señal.

Para verificar el estado y comportamiento de los armónicos se realizó un espectro fase por fase de los armónicos de intensidad de corriente, como se muestra a continuación.

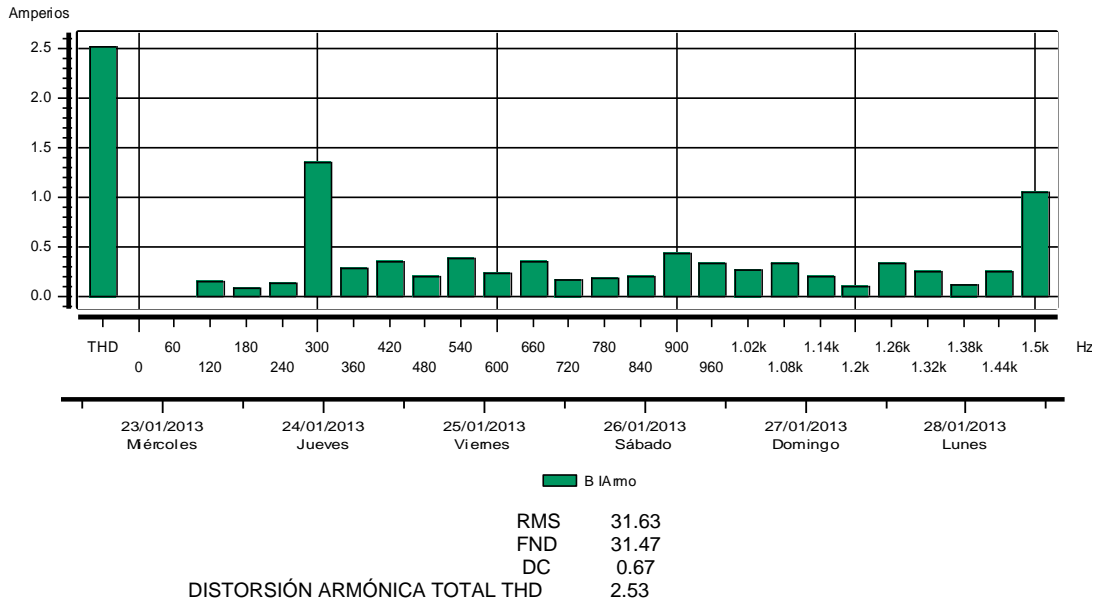
Figura 46: Diagrama de armónicos de intensidad de corriente para la fase A



Fuente: Los autores

La norma IEEE 1159-2009, exige que los armónicos se deben encontrar entre el 0% y el 20% del valor real, para esta fase el nivel de armónicos alcanza el 6.57 % y se encuentra en el rango permisible.

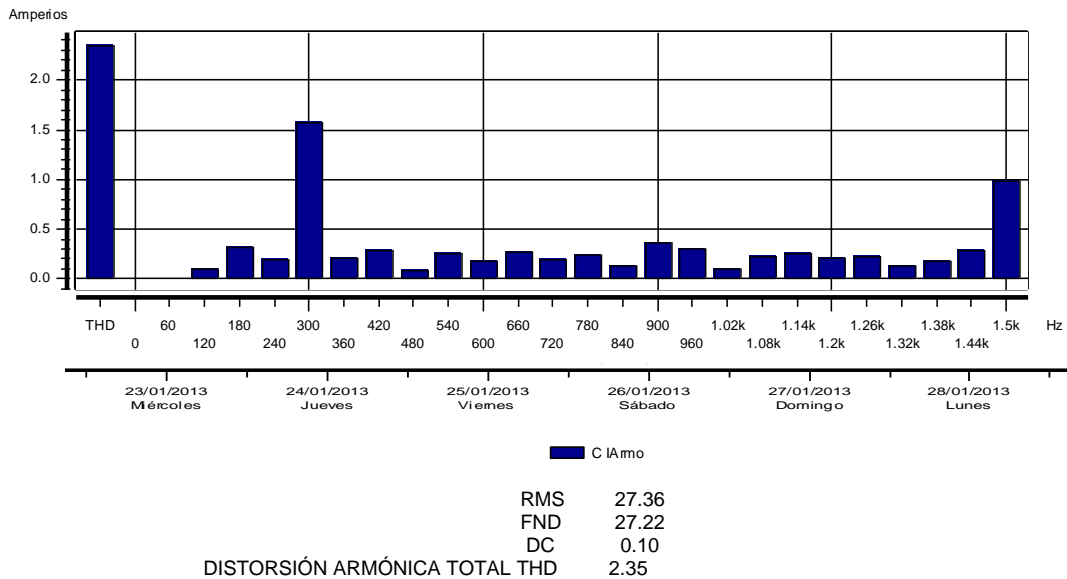
Figura 47: Diagrama de armónicos de intensidad de corriente para la fase B



Fuente: Los autores

Para esta fase el nivel de armónicos alcanza el 7.99 %, lo que indica que se encuentra en el rango permisible por la IEEE 1159-2009.

Figura 48: Diagrama de armónicos de intensidad de corriente para la fase C

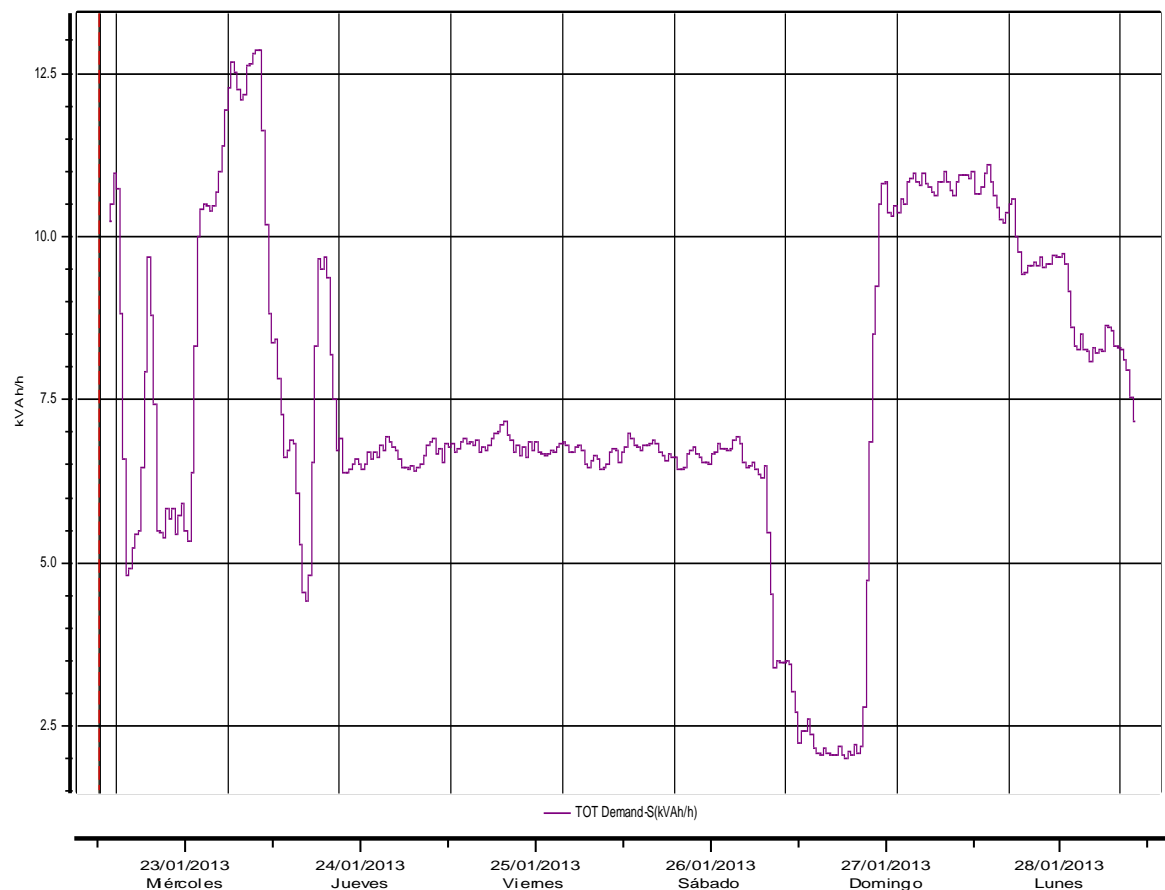


Fuente: Los autores

Para esta fase el nivel de armónicos alcanza el 0.72%, lo que indica que se encuentra en el rango permisible por la IEEE 1159-2009.

- **Diagrama de demanda**

Figura 49: Diagrama de demanda del edificio



Fuente: Los autores

En la figura 50 se puede observar que la demanda máxima que consume el edificio en el tiempo de estudio es aproximadamente 12.86 (kVA), valor que se encuentra muy por debajo de la capacidad nominal del transformador, lo que nos indica que este soporta cómodamente la carga actual y futuras ampliaciones.

4. PROPUESTA DE REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Después de analizar la información obtenida y revisar cómo se encuentran actualmente las instalaciones eléctricas se observó que existe una gran cantidad de irregularidades que en el estado que se encuentran están generando un riesgo tanto al personal como a los equipos y se llegó a la conclusión que estas requieren de un rediseño eléctrico, que tenga como prioridad cumplir con los parámetros de la normatividad vigente y preservar la seguridad de la comunidad universitaria.

Esta propuesta de rediseño se realizó en base a las normas actuales, cumpliendo totalmente con las medidas de seguridad y calidad exigidas, además muestra claramente en que ubicación y tramo de la instalación eléctrica debe realizarse. Los parámetros a tener en cuenta en el desarrollo de este rediseño principalmente fueron:

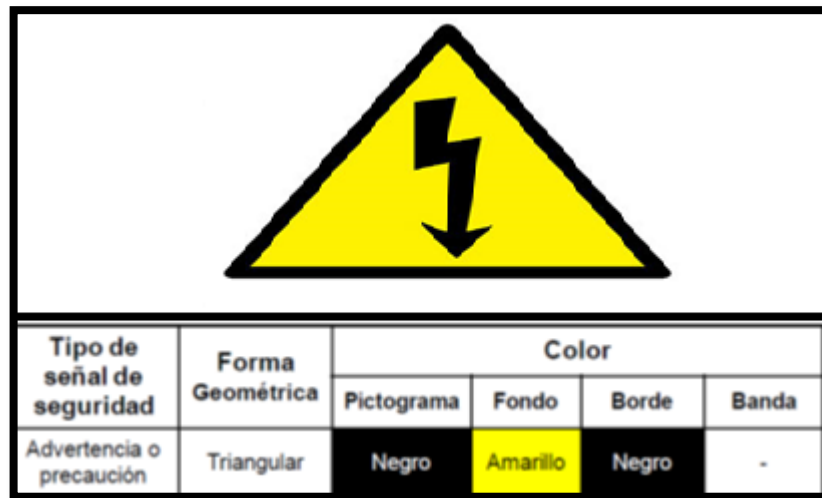
- ✓ La seguridad para la comunidad, los equipos y el edificio.
- ✓ Estado actual las instalaciones eléctricas incluyendo interruptores automáticos, cableado, tableros, tomacorrientes y armarios.
- ✓ Cumplimiento de parámetros de regulación, pérdidas de potencia y capacidad de corriente.
- ✓ Requerimientos para futuras ampliaciones de carga.

Además se plantearon consideraciones generales necesarias para tener en cuenta en este rediseño que son:

- Todas las partes metálicas de la instalación no portadoras de corriente se deben poner a tierra mediante un puente al conductor de puesta a tierra.
- Para cada tablero se debe establecer la identificación correcta de los circuitos

- La lectura de las especificaciones de la obra debe estar coordinada con los planos de planta, diagramas unifilares y cuadros de carga y regulación.
- Todos los tableros de uso final deberán disponer de un símbolo de riesgo eléctrico como lo muestra la figura 66, este deberá ir en la tapa frontal.

Figura 50: Símbolo de riesgo eléctrico para los tableros.



Fuente: Reglamento técnico de instalaciones eléctricas página 47

4.1 DESCRIPCIÓN DE REFORMAS

- **SUBESTACIÓN**

Se recomienda construir una bóveda y una puerta cortafuegos con las especificaciones presentadas en la norma NTC 2050 sección 450-42 y en la para el cálculo y diseño de sistemas de distribución norma de la electrificadora de Santander ESSA (pág. 90) literal 6.4.1.1.

- **TRANSFORMADOR**

Al realizar el análisis respectivo se opta por darle viabilidad al transformador actual, el cual por los resultados obtenidos muestra que la potencia de este es capaz de soportar la demanda máxima del edificio, por lo cual no se ve necesario presentar propuesta para cambiarlo.

TABLERO GENERAL

Para este tablero se propone instalar un gabinete de tres módulos, en un módulo se encontrarán el totalizador principal y los totalizadores del módulo 1 y módulo 2, y en los otros dos módulos se podrán encontrar los totalizadores de los tableros de distribución de cada uno de los barrajes del tablero general. Tal como se muestra en el plano 10 de 10 “Diagrama unifilar Rediseño Tablero General Planta de Aceros”.

Se propone también instalar dos interruptores tripolares compactos de 320 (160-400) [A] uno para cada barraje y realizar la debida identificación de colores en cada una de sus fases. Además se propone instalar para cada uno de los módulos las siguientes protecciones:

Módulo 1

Tripolar compacto $3 * 80 \text{ A}$; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección del tablero TA

Tripolar compacto $3 * 30 \text{ A}$; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección del tablero TB

Tripolar compacto $3 * 160 \text{ A}$; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección de tablero TD

Tripolar compacto 3 * 64 64 – 80 A ; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección de tablero TE

Tripolar compacto 3 * 40 A ; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección de tablero TF

Bipolar compacto 2 * 30 A ; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección de tablero TG

Tripolar compacto 3 * 50 A ; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección de JARDINERÍA

Bipolar compacto 2 * 30 A ; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección de PORTERÍA

Módulo 2

Tripolar compacto 3 * 90 80 – 100 A ; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección del tablero TH

Tripolar compacto 3 * 72 64 – 80 A ; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección del tablero TI

Tripolar compacto 3 * 64 64 – 80 A ; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección del tablero TJ

Tripolar compacto 3 * 128 128 – 160 A ; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección del tablero TL

Tripolar compacto 3 * 64 64 – 80 A ; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección del tablero TC-A

Tripolar compacto 3 * 80 A ; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$, para protección del tablero TC-A

- **TABLERO TA**

El rediseño de este tablero consiste en:

Cambiar la acometida existente por una acometida 3#2(F)+1#4(N)+1#8(T) AWG-THW-THHN, por un ducto de $\varnothing=2$ " PVC.

Instalar totalizador compacto Tripolar 3 * 80(64 – 80) A ; $I_{CC} = 20$ kA ; $V = 220$ [V] en una caja con tapa, debido a que el tablero actual no cuenta con esta protección.

Diseñar y reubicar los circuitos número 2,4,6,7,8,9,10,15,16,17,18,19 y 21

Instalar DPS Tripolar 30 A ; $I_{CC} = 20$ kA ; $V = 220$ V , para proteger los equipos conectados a este tablero con las especificaciones mostradas en el plano unifilar de rediseño.

- **TABLERO TB**

El rediseño de este tablero consiste en:

Realizar el cambio del tablero de distribución actual por un tablero de distribución trifásico de 12 puestos de barrajes normalizados, puerta y espacio para totalizador, con este nuevo tablero se cuentan con 6 puestos de reserva, lo que lleva a cumplir con lo establecido en las normas actuales.

Instalar totalizador Tripolar compacto de 3 * 30 A ; $I_{CC} = 20$ kA ; $V = 220$ V

Cambiar acometida actual por una acometida 3#6(F)+1#6(N)+1#8(T) AWG-THW-THHN por un ducto $\varnothing=1 \frac{1}{2}$ " PVC.

Alimentar el tablero TC con los circuitos 2 y 4

Instalar DPS Tripolar $3 * 30 A$; $I_{CC} = 10 kA$; $V = 220 V$, para proteger los equipos conectados a este tablero con las especificaciones mostradas en el plano unifilar de rediseño.

- **TABLERO TC**

El rediseño de este tablero consiste en:

Cambiar el tablero de distribución actual por un tablero de distribución bifásico de 4 puestos con barrajes normalizados, puerta y espacio para totalizador.

Instalar totalizador bipolar compacto de $2 * 30 A$; $I_{CC} = 10 kA$; $V = 220 V$.

Alimentarlo desde tablero de distribución TB tablero por los circuitos 2 y 4.

Realizar cambio de acometida actual por una acometida con conductores $2\#10(F)+1\#10(N)+1\#10(T)$ por un ducto $\phi=3/4$ " metálico.

- **TABLERO TD**

El rediseño de este tablero consiste en:

Cambiar el tablero de distribución actual por un tablero de distribución trifásico de 42 puestos con barrajes normalizados, puerta y espacio para totalizador.

Instalar totalizador Tripolar compacto de $3 * 160 - 200 A$; $I_{CC} = 20 kA$; $V = 220 V$.

Realizar cambio de subacometida actual por una acometida con conductores $3\#2/0(F)+1\#1/0(N)+1\#4(T)$ AWG, THW- THHN y por un ducto $\phi=3$ " PVC

Instalar DPS Tripolar $3 * 30 A ; I_{CC} = 20 kA ; V = 220 V$, para proteger los equipos conectados a este tablero con las especificaciones mostradas en el plano unifilar de rediseño.

- **TABLERO TE**

El rediseño de este tablero consiste en:

Instalar tablero de distribución trifásico de 18 puestos con barrajes normalizados, puerta y espacio para totalizador.

Instalar totalizador Tripolar compacto de $3 * 64 - 80 A ; I_{CC} = 20 kA ; V = 220 V$.

Cablear con una acometida con conductores 3#4(F)+1#6(N)+1#8(T) AWG, THW-THHN y por un ducto $\varnothing=2$ " MET

Instalar DPS Tripolar $3 * 30 A ; I_{CC} = 20 kA ; V = 220 V$, para proteger los equipos conectados a este tablero con las especificaciones mostradas en el plano unifilar de rediseño.

- **TABLERO TF**

El rediseño de este tablero consiste en:

Cambiar el tablero de distribución actual por un tablero de distribución trifásico de 12 puestos con barrajes normalizados, puerta y espacio para totalizador.

Instalar totalizador Tripolar compacto de $3 * 40 A ; I_{CC} = 20 kA ; V = 220 V$.

Cambiar acometida actual por una acometida con conductores 3#8(F)+1#10(N)+1#10(T) AWG, THW- THHN, por un ducto $\varnothing=1$ " Metálico.

Instalar DPS Tripolar $3 * 30 A ; I_{CC} = 20 kA ; V = 220 V$, para proteger los equipos conectados a este tablero con las especificaciones mostradas en el plano unifilar de rediseño.

- **TABLERO TG**

El rediseño de este tablero consiste en cablear la tierra para todas las luminarias existentes para conformar una acometida 2#10(F) +1#10(N)+ 1#12(T).

- **TABLERO TH**

El rediseño de este tablero consiste en:

Cambiar del tablero de distribución actual por un tablero de distribución de 24 puestos con barrajes normalizados, puerta y espacio para totalizador.

Instalar totalizador Tripolar compacto de $3 * 90 - 100 A ; I_{CC} = 20 kA ; V 220 V$.

Cambiar acometida actual por acometida con conductores 3#2(F)+1#4(N)+1#8(T) AWG, THW- THHN por un ducto $\varnothing=2$ " PVC.

Instalar DPS Tripolar $3 * 30 A ; I_{CC} = 20 kA ; V = 220 V$, para proteger los equipos conectados a este tablero con las especificaciones mostradas en el plano unifilar de rediseño.

- **TABLERO TI**

El rediseño de este tablero consiste en cambiar la acometida actual por una acometida 3#8(F) + 1#10(T) por un ducto de 2" de PVC.

- **TABLERO TJ**

El rediseño de este tablero consiste en:

Cambiar el tablero de distribución actual por un tablero de distribución trifásico de 24 puestos con barrajes normalizados, puerta y espacio para totalizador.

Instalar totalizador Tripolar compacto de $3 * 64 - 80 A ; I_{CC} = 20 kA ; V 220 V$.

Cambiar acometida actual por una acometida con conductores 3#4(F)+1#4(N)+1#8(T) AWG, THW- THHN por un ducto $\varnothing=2$ " PVC

Instalar DPS Tripolar $3 * 30 A ; I_{CC} = 20 kA ; V = 220 V$, para proteger los equipos conectados a este tablero con las especificaciones mostradas en el plano unifilar de rediseño.

- **TABLERO TK**

El rediseño de este tablero consiste en instalar un nuevo tablero de distribución trifásico de 12 puestos con barrajes normalizados y certificados, cablear todos los circuitos para anexarles el conductor de tierra y en dejar una acometida 3#8 (F)+ 1#8(N)+1#8(T) por un ducto $\frac{3}{4}$ " PVC

- **TABLERO TL**

El rediseño de este tablero consiste en Instalar un totalizador Tripolar compacto de $3 * 128 \text{ 128} - 160 \text{ A}$; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$.

Instalar un DPS Tripolar $3 * 30 \text{ A}$; $I_{CC} = 20 \text{ kA}$; $V = 220 \text{ V}$,para proteger los equipos conectados a este tablero con las especificaciones mostradas en el plano unifilar de rediseño, y formar una acometida $3\#10(F) + 1\#1/0(N) + 1\#8(T)$ por un ducto de 2" PVC.

Aparte de las consideraciones por tableros, la propuesta de rediseño incluye:

- ✓ Reemplazar y reubicar tomacorrientes y luminarias donde sea necesario.
- ✓ Cambiar e instalar conductores y ductos.
- ✓ Instalar bandeja portacables con las especificaciones establecidas en el RETIE en el artículo 17.11
- ✓ Instalar nuevas protecciones y circuitos.
- ✓ Reubicar e instalar las luminarias.

Además:

Todos los aspectos relacionados con la propuesta del rediseño, se pueden encontrar en color rojo en los planos adjuntos 6, 7 y 8 "Rediseño Instalaciones eléctricas planta de aceros" y en los cuadros de carga y regulación del rediseño presentes en el libro.

Todos los circuitos eléctricos, protecciones y conductores quedan distribuidos como se muestra en los planos adjuntos 9 y 10 "Diagrama unifilar rediseño planta de aceros"

4.2 CUADROS DE CARGA DEL REDISEÑO

Luego de haber realizado los cálculos y el análisis respectivo, a continuación se presentan los cuadros de carga de la propuesta del rediseño.

Tabla 57. Cuadro de carga Tablero A

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TA													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	[Hp]	A	B	C	[kVA]	[A]		
1, 3, 5				1	9	2238	2238	2238	8.39	22.02	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Salida a compresor trifásico de 9 Hp
2, 4, 6				1		266.7	266,7	266,7	1	2,62	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Salida a Toma trifásica
7			6			972			1.08	9	#10(F) + #10(N) + #10(T)	1*30 [A]	Salida a Toma monofásica
8	7					700			0.78	6,48	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Alumbrado escaleras Sótano, piso 1 y piso 2 + Baños sótano
9	3	6					1008		1.12	9,33	#10(F) + #10(N) + #10(T)	1*20 [A]	Alumbrado salón 003+ Pasillo sótano
10		8					944		1.05	8.74	#10(F) + #10(N) + #10(T)	1*20 [A]	Alumbrado salón 003
11.13		4				500		500	1.25	5.68	2*#12(F) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Lampearas patio
12.14		4				500		500	1.25	5.68	2*#12(F) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a lámparas patio

Tabla 57. (Continuación)

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA

TABLERO TA

CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	[Hp]	Especial	[Hp]	A	B	C	[VA]	[A]		
15,17					1		400	400	1	4,55	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	2*30 [A]	Salida a Toma Bifásica, 1000 [VA]
16, 18		6					1200	1200	3	13.64	2*#10(F) + #10(T)	2*20 [A]	Salida a Lámparas patio
19, 21		4				800		800	2	9.09	2*#10(F) + #10(T)	2*20 [A]	Salida a Lámparas patio
20		6				708			0,79	3,58	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Alumbrado deposito
22-27													Reserva
29													Reserva
31													Reserva
28,30,32												3*30 [A]	DPS
TOTAL	10	38	6	3	9	6684,7	6056,7	5904,7	22,71	100,42	3#2(F) + #4(N) + #8(T) Ø= 2"	3*80 (64-80) [A]	ACOMETIDA TRIFÁSICA A TABLERO TA

Fuente: Los autores

Tabla 58. Cuadro de carga Tablero B

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TB													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTE S		MOTOR [Hp]	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE [VA]	CORRIENTE [A]	CONDUCTOR AWG Fase, Neutro y Tierra	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común		Especial	A	B					
1,3,5				1	5	1243	1243.3	1243	4.66	12.23	3*#10(F) + #10(N)	3*20 [A]	Salida a MOTOR de 5 Hp Salón 003
2.4				4	4* 0,5		746	746	1.86	4.89	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	2*30 [A]	Salida Bifásica a Tablero TC Salón 003, Motores de 0,5 Hp
6			1	1	0.25			348.5	0.38	3.22	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*15 [A]	Salida a Toma monofásica + extractor de 0,25 Hp
7		3	3			840			0.93	7.77	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*15 [A]	Salida a Toma monofásica + Iluminación de la subestación eléctrica
9													Reserva
11													Reserva
8,10,12												3*30 [A]	DPS
TOTAL	-	3	4	6	7,25	2083,3	1989.3	2337,8	7.85	28.13	3#6(F) + #6(N) + #8(T) Ø= 1 1/2"	3*30 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TB

Fuente: Los autores

Tabla 59. Cuadro de carga Tablero C

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TC													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común		Especial	[Hp]	A					
1				1	0.5		373		0.46	3.88	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*15 [A]	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
2				1	0.5			373	0.46	3.88	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*15 [A]	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
3				1	0.5		373		0.46	3.88	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*15 [A]	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
4				1	0.5			373	0.46	3.88	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*15 [A]	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
TOTAL	-	-	-	4	2		746	746	1.86	15.54	2#10(F) + #10(N) + #10(T) Ø= 3/4"	2*30 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TC

Fuente: Los autores

Tabla 60. Cuadro de carga Tablero D

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TD													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común		Especial	[Hp]	A					
1,3,5				5	2 1/2 1 1/2 3.5 1	2114	2113.7	2114	7.92	20.801	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Salida a MOTORES en total 8,5 Hp Salón 003
2, 4, 6				1	7.5	1865	1865	1865	6.99	18.35	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Salida a MOTOR de 7,5 Hp Salón 003
7, 9, 11				1	3	746	746	746	2.79	7.34	3*#12(F) + #12(T)	3*20 [A]	Salida a MOTOR de 3 Hp Salón 003
8, 10				2	3,4852	2600	2600		6.5	29.54	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásica Trifilar Salón 003, 2600 W
12, 14, 16				1	3	746	746	746	2.79	7.34	3*#12(F) + #12(T)	3*20 [A]	Salida a MOTOR de 3 Hp Salón 003
13, 15, 17				1	0,2211	55	55	55	0.206	0.54	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Salida a MOTOR de 0,2211 Hp (165 W) Salón 003
18				1	1/3			248.7	0.27	2.302	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida Monofásica a MOTOR de 1/3 Hp Salón 003
19, 21				1	2	746	746		1.86	8.47	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 003, Motor de 2 Hp

Tabla 60. (Continuación)

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TD													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR [Hp]	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE [VA]	CORRIENTE [A]	CONDUCTOR AWG Fase, Neutro y Tierra	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común		Especial	A	B					
20, 22				2		1250	1250		3.12	14.204	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 003, 1000 VA; sin uso
23, 25, 27				3		373	373	373	1.39	3.67	3*#10(F) + #10(T)	3*20 [A]	Salida a tomas bifásicas columna
24				2	¼ ¼			373	0.41	3.45	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a extractor y motor de 1/4 Hp Salón 003
26, 28, 30				1	2	497.3	497.33	497.3	1.86	4.89	3*#12(F) + #12(T)	3*20 [A]	Salida a MOTOR de 2 Hp Salón 003
29, 31, 33				1	2,95	733.3	733.33	733.3	2.75	7.21	3*#12(F) + #12(T)	3*20 [A]	Salida a Toma Trifásica Salón 003, Motor de 2200 W
32			5			810			0.9	4.09	#10(F) + #10(N) + #10(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 003

Tabla 60. (Continuación)

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TD													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR [Hp]	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE [VA]	CORRIENTE [A]	CONDUCTOR AWG Fase, Neutro y Tierra	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común		Especial	A	B					
34			4				648		0.72	3.27	#10(F) + #10(N) + #10(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 003
35													Reserva
36													Reserva
37													Reserva
39													Reserva
41													Reserva
38,40,42												3*30 [A]	DPS
TOTAL	-	-	9	21	33,48	12535	12373	7751	40.53	135.508	3#2/0(F) + #1/0(N) + #4(T) Ø= 3"	3*160(160-200) [A]	ACOMETIDA A TABLERO TD

Fuente: Los autores

Tabla 61. Cuadro de carga Tablero E

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TE													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	[Hp]	A	B	C	[VA]	[A]		
1, 3, 5				1	5	1243	1243.3	1243	4.66	12.23	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Salida a Motor 5 [Hp]
2, 4, 6				1		416.7	416.67	416.7	1.56	4.1	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Salida a Toma Trifásica, 1000 VA; sin uso
7, 9				1		5595	5595		13.98	63.57	2*#2(F) + #8(T)	2*60 [A]	Salida Trifásica a soldador
8			3			486			0.54	4.5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásica
10, 12				1			416.67	416.7	1.04	8.68	2*#10(N) + #10(N) + #10(T)	2*30 [A]	Salida a Toma Bifásica, 1000 VA; sin uso
13													Reserva
15													Reserva
17													Reserva
14,16,18												3*30	DPS
TOTAL	-	-	3	4	5	7741	7671.7	2077	21.79	93.09	3#4(F) + #6(N) + #6(T) Ø= 2"	3*64(64-80) [A]	ACOMETIDA TABLERO TE

Fuente: Los autores

Tabla 62. Cuadro de carga Tablero F

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TF													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	[Hp]	A	B	C	[VA]	[A]		
1,3,5				1		416,7	416,67	416,7	1,56	4,1	3*#12(F) + #12(T)	3*20 [A]	Salida a Toma Trifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
2,4				1		625	625		1,56	7,1	2*#12(F) + #10(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
6			7					1134	1,26	10,5	#10(F) + #10(N) + #10(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Almacén
7, 9				1		625	625		1,56	7,1	2*#12(F) + #1(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
8	13					832			0,92	7,7	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Alumbrado Almacén
10			2				324		0,36	3	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico
11													Reserva
12													Reserva
13													Reserva
15													Reserva
17													Reserva
14,16,18												3*30 [A]	DPS
TOTAL	13	0	9	3					7,23	39,508	3*#8(F) + #10(N) + #10(T) Ø= 1"	3*40 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TF

Fuente: Los autores

Tabla 63. Cuadro de carga Tablero G

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TG													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	[Hp]	A	B	C	[VA]	[A]		
1.2				1			400	400	1	4,54	2*#10(F) + #10(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásica Deposito de materiales, 1000 VA; sin uso
3			2				324		0.36	3	#10(F) + #10(N) + #10(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Deposito de materiales
4.5				1			400	400	1	4,54	2*#10(F) + #10(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásica Deposito de materiales, 1000 VA; sin uso
6	4							400	0.44	3,7	#14(F) + #14(N) + #14(T)	1*15 [A]	Alumbrado Deposito de materiales
7.8		3				600	600		1.5	6.81	2*#12(F) + #12(T)	2*20 [A]	Iluminación zona de descargue
9													Reserva
TOTAL	4	3	2	2		600	1724	1200	4,44	22,61	2#10(F) + #10(N) + #12(T) Ø= 3/4"	2*30 [A]	ACOMETIDA TABLERO TG

Fuente: Los autores

Tabla 64. Cuadro de carga Tablero H

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA														
TABLERO TH														
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	[HP]	A	B	C	[VA]	[A]			Fase, Neutro y Tierra
1			3				486			0,54	4,5	#10(F) + #10(N) + #10(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico
2,4,6				1	1,5		373	373	373	1,39	3,67	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Salida a Toma Trifásica Salida a Motor 1,5 [Hp]
3, 5, 7				1			249	249	249	0,93	2,44	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Toma Trifásico, Motor de 1 [Hp]
8, 10, 12				3	½ 1 2		870	870	870	3,26	8,56	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Toma Trifásico, Motores de 1 [Hp], 2 [Hp] y 0,5 [Hp]
9,11, 13				1	2		497	497	497	2	4,89	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Toma Trifásico, Motor de 2 [Hp]
14	1		6				884			1	9	#10(F) + #10(N) + #10(T)	1*20 [A]	Toma Monofásico + Iluminación cabina equipo de análisis térmico
15, 17, 19				2			833	833	833	3	8,20	3*#10(F) + #10(T)	3*30 [A]	Toma Trifásico, 1000 [VA]
16				1	1			249		0	3	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Toma Monofásico A Motor 1 [Hp]
18														Reserva
21														Reserva
23														Reserva
20,22,24													3*30	DPS
TOTAL	1	0	9	9	8		4193	3071,3	2823	12,54	44,07	3#2(F) + #4(N) + #8(T) Ø= 2"	3*90(80-100)	ACOMETIDA TABLERO TH

Fuente: Los autores

Tabla 65. Cuadro de carga Tablero I

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TI													
CIRCUIT O	LUMINARIAS		TOMACORRIENTE S		MOTO R	POTENCIA POR FASE			POTEN CIA APAREN TE	CORRIENT E	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓ N	OBSERVACIONE S
	Número	Común [W]	Especia l [W]	Común		Especial	[Hp]	A					
-				1	20	5037	5037	5037	18,65	51,76	3*#4(F) +1#6(N) +1#10(T)	3*64 (64-80) [A]	Motor puente grúa
TOTAL	0	0	0	1	20	5037	5037	5037	18,65	51,76	3*4(F)+ 1#6(N)+1#10(T) Ø= 2"	3*64(64-80) [A]	ACOMETIDA TABLERO I

Fuente: Los autores

Tabla 66. Cuadro de carga Tablero TC-A

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO: TC-A													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	[Hp]	A	B	C	[kVA]	[A]	Fase, Neutro y Tierra		
1				1	30	7460	7460	7460	27,97	73,41	ENCAUC 4*#8	3*30 [A]	Toma Trifásico, Motores de 30 [Hp]
2				1	3	746	746	746	2,79	7,34	ENCAUC 4*#8	3*30 [A]	Toma Trifásico, Motor 3[Hp]
3				1	3	746	746	746	2,79	7,34	ENCAUC 4*#8	3*30 [A]	Toma Trifásico, Motor 3 [Hp]
TOTAL	0	0	0	3	36	8206	8206	8206	33,57	88,10	3*#4(F) + #6(N) + #8(T) Ø= 2"	3*50 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TC-A

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO: TC-A													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	[Hp]	A	B	C	[kVA]	[A]	Fase, Neutro y Tierra		
4				1	18	4476	4476	4476	16,78	44,04	3*#4(F) + #8(T)	3*50 [A]	Toma Trifásico, Motor 18 [Hp]
TOTAL	0	0	0	1	18	4476	4476	4476	16,78	44,04	3*#4(F) + #8(T) Ø= 2"	3*50 [A]	ACOMETIDA A TABLERO TC-A

Fuente: Los autores

Tabla 67. Cuadro de carga Tablero TJ

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TJ													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	[Hp]	A	B	C	[VA]	[A]		
1,3				1	0,5	186,5	186,5		0,46	2,11	2*#12(F) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 103
2,4				1	1	373	373		0,93	4,23	2*#12(F) + #12(T)	2*20 [A]	MOTOR Salón 103, 1 Hp
5	8						468		0,52	4,33	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 103
6			2					324	0,36	3	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 103
7,9				2	2,95	2500	2500		6,25	28,4	2*#10(F) + #10(T)	2*30 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 103, 2200 W
8		12					728		0,808	6,7	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 103
10,12				1	1		373	373	0,93	4,23	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 103, 1 Hp
11			3					486	0,54	4,5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 103

Tabla 67. (Continuación)

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA														
TABLERO TJ														
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES	
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	[Hp]	A	B	C	[VA]	[A]			Fase y Neutro
13			7				1134			1,26	10,5	#10(F) + #10(N) + #10(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 103
14, 16, 18		3	5	2		1729	1861	4,758055		26,62	4,75	3*#10(F) + #10(N) + #10(T)	3 *30 [A]	Salida Trifásica (fase A, fase B y fase C) a tablero TK
15														Reserva
17														Reserva
19														Reserva
21														Reserva
23														Reserva
20,22,24													3 *30 [A]	DPS
TOTAL	11	12	17	7	5,45	4788,5	7623,5	1507		16,98986	81,14604	3*#4(F) + #4(N) + #8(T) Ø= 2"	3 *64 (64-80) [A]	ACOMETIDA TRIFÁSICA A TABLERO TJ

Fuente: Los autores

Tabla 68. Cuadro de carga Tablero TK

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TK													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	[Hp]	A	B	C	[VA]	[A]	Fase y Neutro		
1		3				354			0,39	3,27	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*15 [A]	Salida para Iluminación Salón 103
2,4				1	2,01	750	750		1,87	8,5	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico, 1500 W
3			3					486	0,54	4,5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20[A]	Salida a Toma Monofásico
5			2		0,25			348,5	0,38	3,2	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20[A]	Salida a Toma Monofásico + Ventilador
6,8				1		625	625		1,56	7,1	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico, 1000 VA; sin uso
7													Reserva
9													Reserva
10													Reserva
11													Reserva
12													Reserva
TOTAL	0	3	5	2	2,26	1729	1861	348,5	4,75	26,62	3*#10(F) + #10(N) + #10(T) Ø= 3/4"	3*30 [A]	Acometida trifásica a tablero TK

Fuente: Los autores

Tabla 69. Cuadro de carga Tablero TL

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TL													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR [Hp]	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE [VA]	CORRIENTE [A]	CONDUCTOR AWG Fase, Neutro y Tierra	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común		Especial	A	B					
1			3			486			0,54	4,5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a una Toma Monofásico GFCI + Dos Tomas Monofásicos Esclavos Salón 202
2			4				648		0,72	6	#8(F) + #8(N) + #8(T)	1*20 [A]	Salida a Dos Tomas Monofásicos + Dos Tomas Monofásicos Esclavos Salón 202
3			4					648	0,72	6	#8(F) + #8(N) + #8(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 202
4	1		4			712			0,79	6,59	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico GFCI + Toma Monofásico Esclavo + Dos Tomas Monofásicos Salón 202 + Iluminación baño
5			2					324	0,36	3	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Toma Monofásico Salones 202
6			3					486	0,54	4,5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 203
7			3			486			0,54	4,5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 203
8			4				648		0,72	6	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 203
9			3					486	0,54	4,5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón 203
10			4			648			0,72	6	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Dos Tomas Monofásicos + Toma Monofásico GFCI + Toma Monofásico Esclavo Salón 203
11.12				3			1200	1200	3	13,63	2*#10(F) + #10(N) + #12(T)	2*30 [A]	Salida a Tres Tomas Bifásicos Salón 202
13.14				2		800	800		2	9,09	2*#10(F) + #10(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Tomas Bifásicos Salón 202

Tabla 69. (Continuación)

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA													
TABLERO TL													
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		MOTOR	POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común		Especial	[Hp]	A					
15.16				2		2100		2100	5,25	23,86	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Tomas Bifásicos Salón 203
17.18				2			1600	1600	4	18,18	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Tomas Bifásicos Salón 203
19.20				1		550	550		1,37	6,25	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 203
21.22				1		400		400	1	4,54	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 203
23.24				1			1300	1300	3,25	14,77	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 203
25.26				1		1232	1232		3,08	14	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 203
27.28				3		3696		3696	9,24	42	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Tres Toma Bifásicos Salón 203
29	7							772	0,85	7,14	#10(F) + #10(N) + #10(T)	1*20 [A]	Salida a Iluminación en salones del Segundo piso
30	2		8					1424	1,58	13,18	#8(F) + #8(N) + #8(T)	1*30 [A]	Salida a Toma Monofásico Salón de clases
31.32				1		625	625		1,56	7,1	2*#12(F) + #12(T)	2*20 [A]	Salida a Toma Bifásico Salón 203
33	8							512	0,56	1,49	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Toma Trifásico Salón 203
34		6						708	0,78	2,06	#12(F) + #12(N) + #12(T)	1*20 [A]	Salida a Iluminación en salones del Segundo piso
35.37.39				1		924	924	924	3,08	8,08	3*#12(F) + #12(T)	3*20 [A]	Salida a Iluminación en salones del Segundo piso
36													Reserva
41													Reserva
38,40,42													DPS
TOTAL	18	6	42	18		12659	11007	15100	46,82	237	3*#1/0(F) + #1/0(N) + #8(T) Ø= 2"	3*128 (128-160) [A]	Acometida trifásica a tablero TL

Fuente: Los autores

Tabla 70. Cuadro de carga Módulo 1

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
MODULO 1												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[VA]	[A]		
1	10	38	6	3	6684,7	6056,7	5904,7	22,71	100,42	3*#2(F) + #4(N) + #8(T)	3*80(64-80) [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TA
2		3	4	6	2083,33	1989,3	2337,8	7,85	28,13	3*#6(F) + #6(N) + #8(T)	3*30 [A]	Salida Trifásica a Tableros de distribución TB
6			10	22	12697,3	12373	7751	40,71	136,32	3*#2/0(F) + #1/0(N) + #4(T)	3*160(160-200) [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TD
4			3	4	7741	7671,7	2076,7	21,8	93,09	3*#4(F) + #6(N) + #8(T)	3*64(64-80) [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TE
5	13		9	3	1666,7	1666,7	1550,7	6,87	36,5	3*#8(F) + #10(N) + #10(T)	3*40 [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TF
6	4	3	2	2	600	1724	1200	4,3	22,61	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	2*30 [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TG
7	15		18		3876	3876	3876	12,92	33,9	3*#4(F) + #4(N) + #8(T)	3*50 [A]	Jardinería
8	6	4	3		1370	1370		3,29	14,9	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	2*30 [A]	Portería
9												Reserva
TOTAL	48	48	55	40	36719	36727	24697	120,45	465,87	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	3x320(160-400) [A]	Acometida Trifásica a Modulo 1

Fuente: Los autores

Tabla 71. Cuadro de carga Módulo 2

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
MODULO 2												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
	Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]		
1	1		9	9	4192,7	3071,3	2822,7	12,54	44,07	3*#2(F) + #4(N) + #8(T)	3*90(80-100) [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TH
2				1	5037	5037	5037	18,9	49,57	3*#4(F) + #6(N) + #10(T)	3*72(64-80) [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TI
3	35	8	5	5	4788,5	7623,5	1507	16,96	80,91	3*#4(F) + #4(N) + #8(T)	3*64(64-80) [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TJ
4	3		9	25	12659	11007	15100	46,82	237	3*#1/0(F) + #1/0(N) + #8(T)	3*128(128-160) [A]	Salida Trifásica a Tablero de distribución TL
5				3	8206	8206	8206	33,6	88,09	3*#4(F) + #6(N) + #8(T)	3*50 [A]	Tablero de control TC-A
6				1	4476	4476	4476	16,8	44,04	3*#4(F) + #8(T)	3*50 [A]	Tablero de control TC-A
7												Reserva
TOTAL	38	8	23	44	39359,2	39421	37149	145,62	543,68	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	3*320 (160-400) [A]	Acometida Trifásica a Modulo 2

Fuente: Los autores

Tabla 72. Cuadro de carga general

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA												
GENERAL												
CIRCUITO	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		POTENCIA POR FASE			POTENCIA APARENTE	CORRIENTE	CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN	OBSERVACIONES
Número	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial	A	B	C	[kVA]	[A]	Fase, Neutro y Tierra		
MODULO 1	48	48	55	40	36719	36727	24697	120,45	465,87	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	3*320 (160-400) [A]	Acometida Trifásica a Modulo 1
MODULO 2	38	8	23	44	39359,2	39421	37149	145,62	543,68	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	3*320 (160-400) [A]	Acometida Trifásica a Modulo 2
TOTAL	87	56	69	76	76078,2	76148	61846	266,07	1009,55	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)		Acometida Trifásica

Fuente: Los autores

4.3 CUADROS DE REGULACION DEL REDISEÑO

Con los cuadros de carga realizados, se debe verificar si con la propuesta de rediseño tanto los circuitos como los tableros cumplen con los porcentajes de regulación eléctrica y pérdidas de potencia, parámetros exigidos por la normatividad vigente.

Figura 51: Patio de fundición planta de aceros



Fuente: Los autores

Cálculo tipo de calibre de conductores, diámetro de tubería y capacidad de protección

A continuación se muestran los cálculos de calibre del conductor, el diámetro de tubería y capacidad de la protección de las acometidas de alimentación del tablero TG, ubicado en el sótano del edificio.

EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA						
TABLERO TG						
TG	LUMINARIAS		TOMACORRIENTES		OBSERVACIONES	LONGITUD
	Común [W]	Especial [W]	Común	Especial		[m]
TOTAL	4	3	2	2	ACOMETIDA TRIFÁSICA A TABLERO TG	26,43

Selección del conductor de acometidas.

Los conductores de las acometidas se seleccionan teniendo en cuenta la capacidad de corriente considerada según el método de la ESSA en su numeral 3.1.6 y 3.1.7, remitiéndose a la NTC 2050 en las tablas 220-11 y 220-13.

Selección del conductor de acometidas por corriente y de la protección.

$$P_{total} = P_{tomas} + P_{luminarias} + P_{motores} \quad [W]$$

$$P_{tomas} = P_{primeros\ 10000} * 100\% + P_{resto} * 50\% \quad [W]$$

La potencia de consumo de cada toma común es de 180 VA y la potencia aparente de cada toma especial sin uso es de 1000 VA, la potencia para cada luminaria común es de 100 W y para la luminaria especial es de 2*59 W + 8*250

W + 10*400 W, para los motores la potencia nominal que cada uno de estos contenga en los datos de placa.

$$P_{\text{tomás}} = 2 * 180 * 0,9 + 2 * (1000 * 0,8) = 1924 [W]$$

$$P_{\text{luminarias}} = 4 * 100 W + 3 * 400 W = 1600[W]$$

$$P_{\text{total}} = 1924 + 1600 = 3,524 [kW]$$

$$I_{\text{total}} = \frac{4405}{208} = 22,61 [A]$$

$$I_{\text{cond}} = \frac{I_{\text{total}}}{N * Fm * F\theta} [A]$$

Dónde:

I_{cond} : Corriente del conductor de fase.

N : Número de conductores por fase.

Fm : Factor de multiplicidad.

$F\theta$: Factor de temperatura.

Entonces

$$I_{\text{cond}} = \frac{22,61}{1 * 1 * 0,94} = 24,05[A]$$

$$I_{\text{protecc}} = \frac{P_{\text{cont}} * 125\% + P_{\text{no cont}}}{208} [A]$$

Dónde:

I_{protecc} : Corriente de la protección.

P_{cont} : Potencia de las cargas continuas.

$P_{\text{no cont}}$: Potencia de las cargas no continuas.

Entonces

$$I_{protecc} = \frac{2405 * 1,25 + 2000}{208} = 24,06 [A]$$

Por tanto se debe escoger una protección de $2 * 30 A$ y un calibre que soporte una corriente mayor a $24,06 [A]$, el cual sería en este caso el conductor AWG # 10 THW de Cu.

Selección del conductor de acometidas por regulación.

Según la ESSA y teniendo en cuenta el factor de corrección definen la regulación de la siguiente manera.

$$\delta\% = \frac{F_c * K_g * M}{V_L^2}$$

Dónde:

F_c: Es el factor de corrección que para este proyecto es 1 por tratarse de un sistema trifásico.

K_g: Es la constante de regulación que depende del calibre del conductor del circuito.

M: Es el momento eléctrico, su resultado es la multiplicación de la potencia aparente y la longitud de cada circuito, en el caso más desfavorable.

V_L: Es la tensión de servicio del circuito.

Cálculo tipo para regulación tablero TD (Acometida)

DATOS:

F_c : El factor de corrección es 2,25 para $2\phi + N$.

K_g : 302,877 Para conductor #10 y factor de potencia 0,8.

M : El momento eléctrico es 84,32 [kVA].

V_L : 208 [V].

$$\delta\% = \frac{2,25 * 302,877 * 84,38}{208^2}$$

$$\delta\% = 1,32 \%$$

En este caso lo ideal es utilizar un conductor # 10 para cada una de las fases, lo que sugiere una protección de $2 * 30 A$

Como el conductor neutro debe ser mínimo el 70% del área total del conductor de fase, entonces el conductor neutro será de calibre AWG # 10 THW de Cu.

El conductor de puesta a tierra se selecciona teniendo en cuenta el valor del dispositivo de protección contra sobrecorriente según tabla 250-95 del Código Eléctrico Colombiano. Por tanto el conductor de puesta a tierra en este caso será de calibre AWG # 12 de Cu.

Selección de la ductería de acometidas.

La norma NTC-2050 hace referencia a la selección del ducto por dónde van los conductores eléctricos en la tabla 10 del capítulo 9 y en su apéndice C donde se observan las tablas de ocupación de los tubos conduit y tuberías para conductores

y conductores para aparatos de la misma sección transversal. En este caso la cual sería una tubería PVC de 2 pulgadas de diámetro.

Cálculo tipo para regulación tablero TA

- **Circuito ramal 1,3,5**

DATOS:

F_c : El factor de corrección es 1 para 3ϕ .

K_g : 302,877 Para conductor #10 y factor de potencia 0,8.

M : El momento eléctrico es 37,77 [kVA].

V_L : $\sqrt{3} * 120$ [V].

$$\delta\% = \frac{6 * 302,877 * 37,77}{\sqrt{3} * 120^2}$$

$$\delta\% = 0,26 \%$$

Además se encuentran las pérdidas de potencia de cada circuito ramal, estas se calcularon así:

$$P_p\% = \frac{3 * 10^{-4} * r * L * I^2}{P_T}$$

Dónde:

r : Es la resistencia del conductor a 50°C en ohm/metro

L : Es la longitud del circuito en metros

I : Es la corriente de la demanda máxima

P_T : Es la potencia máxima del circuito en watt

Cálculo tipo para pérdidas de potencia tablero TA

- Circuito ramal 1,3,5

DATOS:

r : Es 5,8352 [Ω/km] para conductor #10

L : 4,5 [m].

I : 22,02 [A].

P_T : 6,71 [kW].

$$P_p\% = \frac{3 * 10^{-4} * 5,8352 * 4,5 * 22,02^2}{6,71}$$

$$P_p\% = 0,57 \%$$

CÁLCULO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA.

Cálculo de la demanda máxima.

Teniendo los factores de demanda y la carga instalada se procede a calcular la demanda máxima de la instalación , como se enuncian en los ítems anteriores el factor de demanda para iluminación , ventiladores y aires acondicionados se toma al 100 % por lo tanto de acuerdo con la tabla 5.1 la demanda máxima debido a estos muestra en la siguiente tabla

EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA	
TABLERO	TOTAL
Carga instalada [kVA]	266,07

Se tiene una demanda máxima de 266,07 kVA a plena carga, por lo cual el transformador de potencia trifásico con una capacidad de 200 kVA existente soportaría esta demanda ya que toda la carga nunca estará instalada en el mismo lapso.

Relación de transformación

Un error común a la hora de la selección del transformador suele ser la determinación de la relación de transformación ya que en ocasiones se pide a la tensión de servicio lo cual es un grave error la forma correcta para calcular la relación es tener en cuenta las pérdidas internas del transformador y la regulación de diseño con lo cual podemos tener que la tensión del secundario del transformador viene dada por:

$$V_{s0} = V_d * \left(1 + \frac{U_z + \frac{\delta}{2}}{100} \right)$$

Dónde:

U_z : Impedancia p.u.

V_d : tensión de servicio.

δ : Regulacion

Para el transformador de 200 kVA tomamos una impedancia en por unidad de 3% por lo cual tenemos que

$$V_{s0} = 208 * \left(1 + \frac{3 + \frac{5}{2}}{100} \right) = 219.44 \text{ V}$$

La relación de transformación del transformador de potencia con una tensión del primario de 13.2 kVA será:

$$13200/220 - 127 \pm 2 * 2,5\%$$

Tabla 73. Cuadro de regulación Tablero TA

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TA									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1, 3, 5	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	8,39	4,5	37,7	0,26	0,57	Salida a compresor trifásico de 9 Hp
2, 4, 6	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	1	5,6	5,6	0,04	0,08	Salida a Toma trifásica
7	#10(F) + #10(N) + #10(T)	337,154	0,9	1,08	13,2	14,26	2	1,93	Salida a Toma monofásica
8	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,78	8,5	6,61	1,47	1,42	Alumbrado escaleras Sótano, piso 1 y piso 2 + Baños sótano
9	#10(F) + #10(N) + #10(T)	337,154	0,9	1,12	14,1	15,79	2,22	2,13	Alumbrado salón 003+ Pasillo sótano
10	#10(F) + #10(N) + #10(T)	337,154	0,9	1,05	12,3	12,9	1,81	1,74	Alumbrado salón 003
11,13	2*#12(F) + #12(T)	476,476	0,8	1,25	43,1	53,88	1,19	3,87	Salida a lámparas patio
12,14	2*#12(F) + #12(T)	476,476	0,8	1,25	49,7	62,13	1,37	4,46	Salida a lámparas patio
15,17	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	302,877	0,8	1	6,2	6,2	0,1	0,28	Salida a Toma Bifásica, 1000 [VA]
16, 18	2*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	3	37,4	112,2	1,57	5,07	Salida a lámparas patio
19, 21	2*#10(F) + #10(T)	476,476	0,8	2	32,42	64,84	1,43	2,93	Salida a lámparas patio
20	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,8	29	22,8	0,56	1,46	Alumbrado deposito
22-27									Reserva
29									Reserva
31									Reserva
28,30,32									DPS
TOTAL	3*#2(F) + #4(N) + #8(T)	53,8566	0,8	22,71		414,98			Acometida Trifásica a Tablero TA

Fuente: Los Autores

Tabla 74. Cuadro de regulación Tablero TB

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TB									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1,3,5	3*#10(F) + #10(N)	302,877	0,8	4,66	4	18,65	0,13	0,28	Salida a MOTOR de 5 Hp Salón 003
2,4	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	302,877	0,8	1,86	15,24	28,42	0,44	0,42	Salida Bifásica a Tablero TC Salón 003, Motores de 0,5 Hp
6	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,4	7,9	3,06	0,6 7	0,65	Salida a Toma monofásica + Ventilador de 0,25 Hp
7	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,9	9,5	8,9	1,96	1,9	Reserva
9									Reserva
11									Reserva
8,10,12									DPS
TOTAL	3*#6(F) + #6(N) + #8(T)	126,254	0,8	7,8		58,9			Acometida Trifásica a Tablero TB

Fuente: Los Autores

Tabla 75. Cuadro de regulación Tablero TC

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TC									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	0,47	1	0,47	0,092	0,11	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
2	#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	0,47	0,9	0,42	0,08	0,1	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
3	#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	0,47	2,9	1,35	0,27	0,32	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
4	#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	0,47	2,2	1,02	0,2	0,24	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
TOTAL	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	302,877	0,8	1,87		3,3			Acometida Bifásica a Tablero TC

Fuente: Los Autores

Tabla 76. Cuadro de regulación Tablero TD

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TD									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1,3,5	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	7,93	17,9	141,9	0,99	2,14	Salida a MOTORES en total 8,5 Hp Salón 003
2, 4, 6	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	6,99	21,2	148,3	1,04	2,23	Salida a MOTOR de 7,5 Hp Salón 003
7, 9, 11	3*#12(F) + #12(T)	476,476	0,8	2,8	19,7	55,1	0,61	1,32	Salida a MOTOR de 3 Hp Salón 003
8, 10	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	302,877	0,8	6,5	20,6	133,9	2,11	6,05	Salida a Toma Bifásica Trifilar Salón 003, 2600 W
12, 14, 16	3*#12(F) + #12(T)	476,476	0,8	2,8	19,7	55,1	0,61	1,32	Salida a MOTOR de 3 Hp Salón 003
13, 15, 17	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	0,2	13,04	2,7	0,02	0,04	Salida a MOTOR de 0,2211 Hp (165 W) Salón 003
18	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,28	11,3	3,12	0,7	0,67	Salida a MOTOR de 1/3 Hp Salón 003
19, 21	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,476	0,8	1,865	2,7	5,03	0,12	0,36	Salida a Toma Bifásico Salón 003, Motor de 2 Hp
20, 22	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,476	0,8	3,125	6,04	18,9	0,47	1,36	Salida a Toma Bifásico Salón 003, 1000 VA; sin uso
23, 25, 27	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	1,39875	13,7	19,16	0,13	0,29	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 003
24	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,41	9,5	3,9	0,87	0,85	Salida a MOTOR de 1/4 Hp Salón 003

Tabla 76. (Continuación)

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TD									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
26, 28, 30	3*#12(F) + #12(T)	476,476	0,8	1,9	3,9	7,3	0,08	0,17	Salida a MOTOR de 2 Hp Salón 003
29, 31, 33	3*#12(F) + #12(T)	476,476	0,8	2,75	5,4	14,85	0,16	0,36	Salida a Toma Trifásica Salón 003, Motor de 2200 W
32	#10(F) + #10(N) + #10(T)	337,154	0,9	1,08	12,9	13,9	1,96	0,56	Salida a Toma Monofásico Salón 003
34	#10(F) + #10(N) + #10(T)	337,154	0,9	0,72	15,24	10,9	1,54	0,44	Salida a Toma Monofásico Salón 003
35			8						Reserva
36									Reserva
37									Reserva
39									Reserva
41									Reserva
38,40,42									DPS
TOTAL	3*#2/0(F) + #1/0(N) + #4(T)	30,0602	0,8	40,71		634,12			Acometida Trifásica a Tablero TD

Fuente: Los Autores

Tabla 77. Cuadro de regulación Tablero TE

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TE									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1, 3, 5	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	4,7	2,6	12,12	0,08	0,18	Salida a Motor 5 [Hp]
2, 4, 6	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	1,6	0,6	0,94	0,01	0,01	Salida a Toma Trifásica, 1000 VA; sin uso
7, 9	2*#2(F) + #8(T)	53,8566	0,8	13,9	5,8	80,7	0,2	0,58	Salida Trifásica a soldador
8	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,54	12,8	6,9	1,53	0,15	Salida a Toma Monofásica
10, 12	2*#10(N) + #10(N) + #10(T)	302,877	0,8	1,04	1	1,04	0,02	0,16	Salida a Toma Bifásica, 1000 VA; sin uso
13									Reserva
15									Reserva
17									Reserva
14,16,18									DPS
TOTAL	3*#4(F) + #6(N) + #8(T)	81,9997	0,8	21,79416667		101,7215417			Acometida Trifásica a Tablero TE

Fuente: Los Autores

Tabla 78. Cuadro de regulación Tablero TF

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TF									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1,3,5	3*#12(F) + #12(T)	476,467	0,8	1,6	9	14	0,16	0,34	Salida a Toma Trifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
2,4	2*#12(F) + #12(T)	476,467	0,8	1,6	17,02	26,6	0,59	1,91	Salida a Toma Bifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
6	#10(F) + #10(N) + #10(T)	302,877	0,9	1,26	10,9	13,7	1,73	1,86	Salida a Toma Monofásico Almacén
7, 9	2*#12(F) + #10(T)	476,467	0,8	1,6	12,54	19,6	0,43	1,41	Salida a Toma Bifásico Almacén, 1000 VA; sin uso
8	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,92	10	9,2	2,05	1,98	Alumbrado Almacén
10	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,36	17,2	6,2	1,37	1,33	Salida a Toma Monofásico
11									Reserva
12									Reserva
13									Reserva
15									Reserva
17									Reserva
14,16,18									DPS
TOTAL	3*#8(F) + #10(N) + #10(T)	196,463	0,8	6,87		83,2			Acometida Trifásica a Tablero TF

Fuente: Los Autores

Tabla 79. Cuadro de regulación Tablero TG

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TG									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1,2	2*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	1	6,35	6,35	0,14	0,28	Salida a Toma Bifásica Deposito de materiales, 1000 VA; sin uso
3	#10(F) + #10(N) + #10(T)	337,154	0,9	0,36	5,96	2,14	0,3	0,29	Salida a Toma Monofásico Deposito de materiales, 1000 VA; sin uso
4,5	2*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	1	2,95	2,95	0,06	0,13	Salida a Toma Bifásica Deposito de materiales, 1000 VA; sin uso
6	#14(F) + #14(N) + #14(T)	842,141	0,9	0,44	15,47	15,47	1,54	1,47	Alumbrado Deposito de materiales
7,8	2*#12(F) + #12(T)	476,467	0,8	1,5	44	66	1,45	4,74	Iluminación zona de descargue
9									Reserva
TOTAL	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	302,877	0,8	4,4		84,32			Acometida Bifásica a Tablero TG

Fuente: Los Autores

Tabla 80. Cuadro de regulación Tablero TH

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TH									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	#10(F) + #10(N) + #10(T)	337,154	0,9	0,54	20,61	11,1294	1,56	3,1	Salida a Toma Monofásico
2,4,6	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	1,39875	4	5,595	0,04	0,2	Salida a Toma Trifásica Salida a Motor 1,5 [Hp]
3, 5, 7	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	0,9325	1,1	1,02575	0,01	0,032	Toma Trifásico, Motor de 1 [Hp]
8, 10, 12	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	3,263749254	11,5	37,53311642	0,26	1,2	Toma Trifásico, Motores de 1 [Hp], 2 [Hp] y 0,5 [Hp]
9,11, 13	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	1,865	10,5	19,5825	0,14	0,6	Toma Trifásico, Motor de 2 [Hp]
15, 17, 19	3*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	3,125	14,5	45,3125	0,32	1,4	Toma Trifásico, 1000 [VA]
14	#10(F) + #10(N) + #10(T)	302,877	0,8	1,105	14,1	15,5805	1,97	4,9	Toma Monofásico, Motor 1 [Hp]
16	#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	0,310833333	8,1	2,51775	0,5	0,8	Toma Monofásico, Motor 1 [Hp]
18									Reserva
21									Reserva
23									Reserva
20,22,24									DPS
TOTAL	3*#2(F) + #4(N) + #8(T)	53,8566	0,8	12,54083259		138,2765164			Acometida Trifásica a Tablero TH

Fuente: Los Autores

Tabla 81. Cuadro de regulación Tablero TI

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TI									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
-	3*#4(F) + #6(N)#10(T)	196,463	0,8	18,65	12	223,8	1,026	1,51	Motor puente grúa
TOTAL	3*#4(F) + #6(N)#10(T)	196,463	0,8	18,65		223,8			Acometida Trifásica a Tablero TI

Fuente: Los Autores

Tabla 82. Cuadro de regulación Tablero TC-A

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TC-A									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	ENCAUC 4*#8 AWG	196,463	0,8	27,98	2,74	76,6	0,15	0,73	Toma Trifásico, Motores de 30 [Hp]
2	ENCAUC 4*#8 AWG	196,463	0,8	2,798	12,56	35,1	0,06	0,34	Toma Trifásico, Motores de 3 [Hp]
3	ENCAUC 4*#8 AWG	196,463	0,8	2,8	2,9	8,11	0,015	0,077	Toma Trifásico, Motores de 3 [Hp]
TOTAL	3*#4(F) + #6(N) + #8(T)	81,9997	0,8	33,6		119,9			Acometida Trifásica 1 a Tablero TC-A

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TC-A									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
4	3*#4(F) + #8(T)	81,997	0,8	16785	10,86	182,3	1,12	1,73	Toma Trifásico, Motores de 18 [Hp]
TOTAL	3*#4(F) + #8(T)	81,997	0,8	16785		182,3	1,12	1,73	Acometida Trifásica 2 a Tablero TC-A

Fuente: Los Autores

Tabla 83. Cuadro de regulación Tablero TJ

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TJ									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1,3	2*#12(F) + #12(T)	476,467	0,8	0,5	16	7,5	0,16	0,54	Salida a MOTOR de 0,5 Hp Salón 103
2,4	2*#12(F) + #12(T)	476,467	0,8	0,9	14,54	13,5	0,3	0,97	MOTOR Salón 103, 1 Hp
5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,52	4,55	2,4	0,52	0,51	Salida a Toma Monofásico Salón 103
6	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,36	8,83	3,2	0,7	0,68	Salida a Toma Monofásico Salón 103
7,9	2*#10(F) + #10(T)	302,877	0,8	6,25	19,4	134,4	1,7	5,48	Salida a Toma Bifásico Salón 103, 2200 W
8	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,8	4,55	3,7	0,82	0,79	Salida a Toma Monofásico Salón 103
10,12	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	0,9	15,5	14,5	0,36	1,04	Salida a Toma Bifásico Salón 103, 1 Hp
11	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,54	10	5,4	1,2	1,16	Salida a Toma Monofásico Salón 103
13	#10(F) + #10(N) + #10(T)	337,154	0,9	1,26	11,08	13,96	1,96	1,9	Salida a Toma Monofásico Salón 103
14, 16, 18	3*#10(F) + #10(N) + #10(T)	302,877	0,8	4,9	19,2	93,9	0,66	1,42	Salida Trifásica (fase A, fase B y fase C) a tablero TK
15									Reserva
17									Reserva
19									Reserva
21									Reserva
23									Reserva
20,22,24									DPS
TOTAL	3*#4(F) + #4(N) + #8(T)	81,9997	0,8	16,9		292,4			Acometida Trifásica a Tablero TJ

Fuente: Los Autores

Tabla 84. Cuadro de regulación Tablero TK

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TK									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,4	5,57	2,19	0,48	0,47	Salida para Iluminación Salón 103
2,4	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	1,9	3,3	6,19	0,15	0,44	Salida a Toma Bifásico, 1500 W
3	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,5	1,83	0,99	0,22	0,21	Salida a Toma Monofásico
5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,36	5,3	1,9	0,42	0,41	Salida a Toma Monofásico + Ventilador
6,8	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	1,6	5,6	8,75	0,22	0,4	Salida a Toma Bifásico, 1000 VA; sin uso
7									Reserva
9									Reserva
10									Reserva
11									Reserva
12									Reserva
TOTAL	3*#10(F) + #10(N) + #10(T)	196,463		4,7308		20,02456667			Acometida Trifásica a Tablero TK

Fuente: Los Autores

Tabla 85. Cuadro de regulación Tablero TL

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TL									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,54	13,6	7,344	1,63	1,58	Salida a una Toma Monofásico GFCI + Dos Tomas Monofásicos Esclavos Salón 202
2	#8(F) + #8(N) + #8(T)	217,607	0,9	0,72	24	17,28	1,57	1,47	Salida a Dos Tomas Monofásicos + Dos Tomas Monofásicos Esclavos Salón 202
3	#8(F) + #8(N) + #8(T)	217,607	0,9	0,72	28,7	20,7	1,87	1,76	Salida a Toma Monofásico Salón 202
4	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,79	26,1	8,8	1,95	4,43	Salida a Toma Monofásico GFCI + Toma Monofásico Esclavo + Dos Tomas Monofásicos Salón 202 + Iluminación baño
5	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,36	17,6	6,34	1,4	1,36	Toma Monofásico Salones 202
6	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,54	13,7	7,4	1,64	1,59	Salida a Toma Monofásico Salón 203
7	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,54	13,5	7,29	1,62	1,56	Salida a Toma Monofásico Salón 203
8	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,72	6,3	4,54	1,01	0,97	Salida a Toma Monofásico Salón 203
9	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,54	14,7	7,94	1,76	1,7	Salida a Toma Monofásico Salón 203
10	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,72	10,7	7,7	1,71	1,65	Salida a Dos Tomas Monofásicos + Toma Monofásico GFCI + Toma Monofásico Esclavo Salón 203

Tabla 85. (Continuación)

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TL									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
11.12	2*#10(F) + #10(N) + #12(T)	302,877	0,8	3,75	19,7	73,9	0,93	2,67	Salida a Tres Tomas Bifásicos Salón 202
13.14	2*#10(F) + #10(N) + #12(T)	476,467	0,8	1,25	15	18,75	0,74	1,36	Salida a Tomas Bifásicos Salón 202
15.16	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	5,25	14,8	77,7	1,93	3,51	Salida a Tomas Bifásicos Salón 203
17.18	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	4	14,8	59,2	1,47	2,68	Salida a Tomas Bifásicos Salón 203
19.20	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	1,4	11,5	15,8	0,39	0,71	Salida a Toma Bifásico Salón 203
21.22	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	1	7,4	7,4	0,18	0,33	Salida a Toma Bifásico Salón 203
23.24	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	3,25	4,4	14,3	0,35	0,65	Salida a Toma Bifásico Salón 203
25.26	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	3,08	7,7	23,7	0,59	1,07	Salida a Toma Bifásico Salón 203
27.28	2*#12(F) + #12(N) + #12(T)	476,467	0,8	9,24	8	73,92	1,83	3,34	Salida a Tres Toma Bifásicos Salón 203
29	#10(F) + #10(N) + #10(T)	337,154	0,9	0,86	16	13,72	1,93	1,17	Salida a Iluminación en salones del Segundo piso
30	#8(F) + #8(N) + #8(T)	217,607	0,9	1,59	13	20,57	1,86	1,75	Salida a Toma Monofásico Salón de clases

Tabla 85. (Continuación)

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO TL									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase, Neutro y Tierra			[VA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
31.32	2*#12(F) + #12(T)	532,18	0,9	1,6	16,35	25,6	0,71	1,84	Salida a Toma Bifásico Salón 203
33	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18	0,9	0,6	13	7,4	1,64	0,16	Salida a Toma Trifásico Salón 203
34	#12(F) + #12(N) + #12(T)	532,18		0,8	10	7,9	1,74	0,17	Reserva
35.37.39	3*#12(F) + #12(T)	532,18		3,08	15,1	46,5	0,57	0,99	Reserva
36									Reserva
41									Reserva
38,40,42									Reserva
TOTAL	3*#1/0(F) + #1/0(N) + #8(T)	81,9997		46,8		581,6			Reserva
38,40,42									Reserva
TOTAL	3*#4(F) + #4(N) + #8(T)	81,9997	0,8	93,6		1163,1			Acometida Trifásica a Tablero TL

Fuente: Los Autores

Tabla 86. Cuadro de regulación Módulo 1

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
MODULO 1									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	3*#2(F) + #4(N) + #8(T)	53,8566	0,8	22,71	26,43	414,98	0,69	1,65	Salida Trifásica a Tablero de distribución TA
2	3*#6(F) + #6(N) + #8(T)	126,254	0,8	7,85	26,95	58,99	0,5	1,3	Salida Trifásica a Tableros de distribución TB
3	3*#2/0(F) + #1/0(N) + #4(T)	30,0602	0,9	40,71	6,2	634,12	0,14	0,2	Salida Trifásica a Tablero de distribución TD
4	3*#4(F) + #6(N) + #8(T)	81,997	0,9	21,8	5,75	101,72	0,19	0,76	Salida Trifásica a Tablero de distribución TE
5	3*#8(F) + #10(N) + #10(T)	196,463	0,9	4,15	6,87	83,22	0,22	0,57	Salida Trifásica a Tablero de distribución TF
6	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	302,877	0,8	4,4	24,82	84,32	0,74	2	Salida Trifásica a Tablero de distribución TG
7	3*#4(F) + #4(N) + #8(T)	92,4032	0,8	3,43	60,5	703,5	1,5	1,8	Jardinería
8	2*#10(F) + #10(N) + #10(T)	302,877	0,8	24,48	54	142,1	2	1,4	Portería
9									Reserva
TOTAL	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	30,0602	0,8	129,53		2222,95			ACOMETIDA A MODULO 1

Fuente: Los Autores

Tabla 87. Cuadro de regulación Módulo 2

CUADRO DE CARGA EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
MODULO 2									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
1	3*#2(F) + #4(N) + #8(T)	53,8566	0,8	12,54	13,5	138,28	0,17	0,41	Salida Trifásica a Tablero de distribución TH
2	3*#4(F) + #6(N) + #10(T)	81,997	0,8	18,8	26,12	394,7	0,75	0,75	Salida Trifásica a Tablero de distribución TI
3	3*#4(F) + #4(N) + #8(T)	81,997	0,8	16,96	26,95	292,37	0,71	1,8	Salida Trifásica a Tablero de distribución TJ
4	3*#1/0(F) + #1/0(N) + #8(T)	36,3697	0,8	46,82	5,75	578,02	0,19	0,7	Salida Trifásica a Tablero de distribución TL
5	3*#4(F) + #6(N) + #8(T)	81,997	0,8	33,57	39,4	1058,13	2	1,26	Tablero de control TC-A
6	3*#4(F) + #8(T)	81,997	0,8	16,8	39,4	529,06	1	2,52	Tablero de control TC-A
7									Reserva
TOTAL	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	30,0602	0,8	145,62		2990,56			ACOMETIDA A MODULO 2

Fuente: Los Autores

Tabla 88. Cuadro de regulación general

CUADRO DE REGULACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA									
TABLERO GENERAL									
CIRCUITO	CONDUCTOR	KG	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA APARENTE	LONGITUD	MOMENTO	REGULACIÓN PARCIAL	PERDIDAS DE POTENCIA	OBSERVACIONES
Número	Fase y Neutro			[kVA]	[m]	[kVA .m]	δ%		
MODULO 1	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	30,0602	0,8	120,45	5,2	2222,95	1,4	0,53	ACOMETIDA A MODULO 1
MODULO 2	6*#2/0(F) + 2*#2/0(N) + #1/0(T)	30,0602	0,8	145,62	5,2	2990,56	1,89	0,46	ACOMETIDA A MODULO 2
TOTAL	12*#2/0(F) + 3*#2/0(N) + #2/0(T)	30,0602	0,8	266,07		5213,51			ACOMETIDA TRIFÁSICA

Fuente: Los Autores

4.4 ANÁLISIS DE RIESGOS POR DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS PARA LAS INSTALACIONES.

El sistema de apantallamiento de una estructura es un aspecto de suma importancia, pues este protege el inmueble como a los equipos que se encuentra dentro de este. Con el fin de verificar y garantizar que el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas, se decide realizar un análisis de riesgos y así saber si es necesaria o no la implementación de un sistema de apantallamiento para garantizar una instalación eléctrica confiable, segura y óptima.

4.4.1 Evaluación del factor de riesgo para protección contra rayos.

El propósito de evaluar el factor de riesgo es decidir si es necesario establecer un sistema de protección contra rayos en las instalaciones eléctricas del edificio, este estudio se realizó de acuerdo a lo estipulado en la norma NTC 4552-2008, parte 2 artículo 5.1, teniendo en cuenta los siguientes procedimientos:

- Identificación de la estructura a proteger y sus características.
- Identificación de los diferentes tipos de pérdidas en los objetos y riesgos pertinentes
- Evaluación de riesgo para cada tipo de pérdida
- Evaluación de la necesidad de protección

De acuerdo a la NTC 4552-2008-2 artículo 5.2. La estructura a proteger debe incluir:

- La estructura misma
- Las instalaciones dentro de la estructura
- El contenido de la estructura

- Las personas dentro de la estructura o que permanezcan en zonas aledañas hasta 3m fuera de la estructura
- Ambientes afectados por un daño en la estructura

Para realizar el cálculo del riesgo se valoraron cada uno de los diferentes parámetros asociados a la estructura, su uso y características de los alrededores, por lo tanto el riesgo que se evaluó de los cuatro que presenta la NTC 4552-2008-2 fue el de pérdida de la vida humana. Los parámetros tenidos en cuenta en la evaluación de riesgo de las instalaciones del edificio, fueron:

Evaluación del factor N

Este factor se encuentra relacionado al número de eventos peligrosos que se pueden llegar a presentar, las valorizaciones de cada uno de los parámetros asociados a este factor se presenta a continuación:

$C_d =$ Factor de localización.

LOCALIZACION RELATIVA	Cd
Objeto rodeado de objetos o árboles más altos	0.25
Objeto rodeado de objetos o árboles de igual altura o menor	0.5
Objeto aislado: Sin objeto en la vecindad	1
Objeto aislado: En la cima de una colina o elevación	2

$C_t =$ Factor de corrección por presencia del transformador.

TIPO DE TRANSFORMADOR	Ct
Transformador con devanado primario y secundario desacoplados	0.2
Auto transformador	1
Sin transformador	1

$C_e =$ Factor ambiental.

Ambiente	Ce
Urbano con edificaciones altas ¹⁾	0
Urbano ²⁾	0,1
Suburbano ³⁾	0,5
Rural	1
1 Edificaciones de más de 20m de altura	
2 Edificaciones entre 10 y 20 m de altura	
3 Edificaciones menores a 10 m de altura	

DEFINICIÓN	FORMULA	VALOR
<i>A_l</i> = Area efectiva de descargas sobre la acometida de servicio subterranea	$A_l = (L_c - 3(H_A + H_b)) \bar{\rho}$	282.843
<i>A_i</i> = Area efectiva de descargas proximas a la acometida de servicio (subterranea)	$A_i = 25L_c * \bar{\rho}$	17677.7

Evaluación del factor P

Este factor está asociado a la probabilidad de daño, las valorizaciones de cada uno de los parámetros asociados a este factor se presentan a continuación:

$P_A =$ Valor de probabilidad de lesiones a seres vivos a causa de tensiones de paso y contacto por descargas directas a estructuras

MEDIDA DE PROTECCIÓN	PA
Sin medidas de protección	1
Aislamiento eléctrico de bajantes expuestas. (Ej. Al menos 3mm de polietileno).	0,01
Equipotencialización efectiva del suelo	0,01
Avisos de advertencia	0,1

P_B = Valor de la probabilidad de daño por descargas directas.

Características de la estructura	Nivel de protección contra rayos	PB
No Protegida	---	1
Estructura protegida	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Estructura con un sistema de captación aéreo de acuerdo al nivel I y donde se usa el armazón de concreto reforzado como el sistema de bajantes		0,01
Estructura con techo metálico o un sistema de captación aéreo con protección completa de cualquier instalación el techo contra impactos directos de rayo y donde se usa el armazón de concreto reforzado como el sistema de bajantes		0

Nivel de protección contra rayos	PDPS
Sin sistema coordinado de protección	1
III-IV	0,03
II	0,02
I	0,01
protección (mayor capacidad de corriente soportable, menor nivel de protección, etc.) comparando con requerimientos definidos para el nivel I	0,005 a 0,001

Evaluación del factor L

Este factor está asociado a la pérdida consecuente, las valoraciones de cada uno de los parámetros asociados a este factor son:

TIPO DE ESTRUCTURA	LT
Todos los tipos- personas dentro de la estructura	0,0001
Todos los tipos-personas fuera de la estructura	0,01
Tipo de estructura	Lf
Hospitales, hoteles, edificios civiles	0,1
Industrial, comercial, escuelas	0,05
Entretenimiento público, iglesias, museos	0,002
Tipo de estructura	Lo
Riesgo de explosión	0,1
Hospitales	0,001

Todos estos valores son determinados por las condiciones del lugar.

Factor reductor de pérdida de vidas por características del suelo o terreno

TIPO DE SUPERFICIE	RESISTENCIA DE CONTACTO [kW]	Ra y Ru
Agricultura, concreto	<1	0.01
Mármol, cerámica	1 a 10	0.001
Gravilla, tapete	10 a 100	0.0001
Asfalto, madera, linóleo	>100	0.000001

Factor reductor de pérdida debido a daños físicos el cual depende de medidas de protección tomadas para reducir las consecuencias de incendio.

MEDIDA DE PREVENCIÓN	RP
Sin medida de prevención	1
Una de las siguientes prevenciones: Extintores manuales, instalación de alarma manual, hidrantes, compartimientos contra fuego, rutas de evacuación	0.5
Una de las siguientes prevenciones: Extintores automáticos, instalaciones de alarma automática	0.5

Factor reductor de pérdida debido a daños físicos el cual depende del riesgo de fuego de la estructura.

RIESGO DE FUEGO	Rf
Explosión	1
Alto	0.1
Ordinario	0.01
Bajo	0.001
Ninguno	0

Factores de riesgo de reducción en función del riesgo de la estructura.

CLASE ESPECIAL DE RIESGO	Hz
Sin riesgo especial	1
Nivel bajo de pánico (edificación de dos pisos con un número no mayor a 100 personas)	2
Nivel medio de pánico(edificaciones diseñadas para eventos culturales o deportivos con un número de participantes entre 100 y 1000 personas)	5
Dificultad de evacuación(edificación con personas inmobilizadas)	5
Nivel alto de pánico(edificaciones diseñadas para eventos culturales o deportivos con un número de participantes superiores a 1000 personas)	10
Peligro por ambiente alrededor	20
Contaminación del ambiente alrededor	50

Parámetros L:

TIPO DE SERVICIO	Lf	Lo
Gas, acueducto	0.1	0.01
TV,TLC, suministro de potencia	0.01	0.001

ANÁLISIS DE RIESGO CONTRA DESCARGAS

Cumpliendo con el RETIE y el acuerdo IEC62 305-2, para el diseño de apantallamiento de una instalación eléctrica primero se debe evaluar el nivel de riesgo para el sitio donde se ubicara el proyecto.

La corriente de rayo es la principal fuente de daño para la instalación por esto el análisis de apantallamiento parte de esta junto con las características de la estructura a proteger y de las estructuras que la rodean.

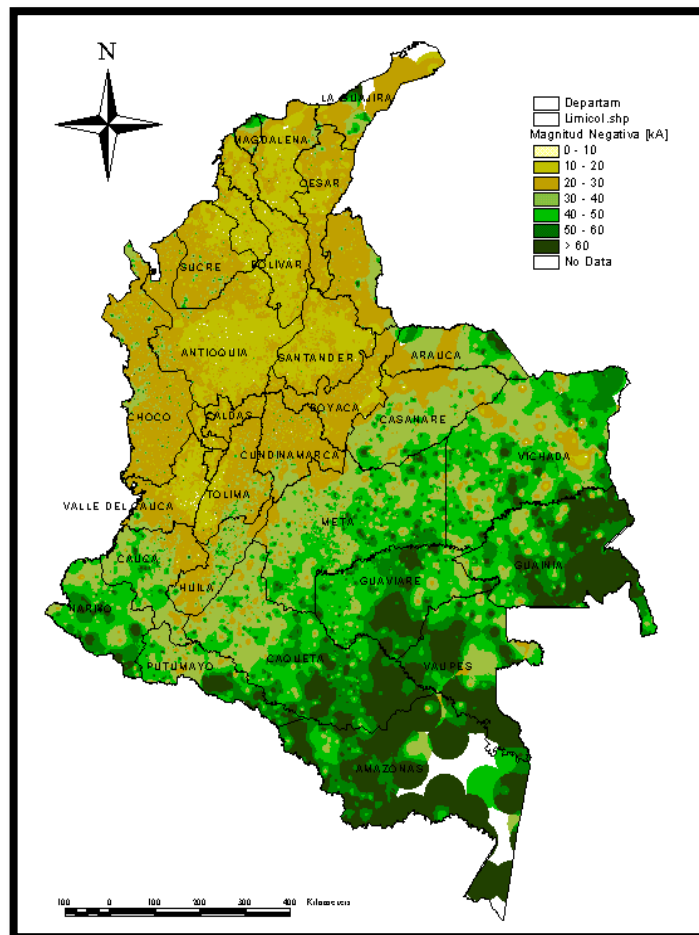
El primer caso a tener en cuenta son las lecciones a seres vivos, este tipo de daño es el más importante porque en la instalación hay un flujo de alrededor de 1000 personas.

El segundo caso a tener en cuenta es la afectación a las personas en áreas abiertas como canchas múltiples y patios en caso de tormenta eléctrica debido a las tensiones de paso y de contacto a las que pueden estar expuestas.

El tercer caso a tener en cuenta es debido a la falla del sistema eléctrico debidas a sobretensiones inducidas por impactos directos e indirectos a la instalación.

MAPA DE NIVELES CERÁUNICOS DE COLOMBIA

Figura 52. Niveles ceráunicos de Colombia



Fuente:http://proceedings.esri.com/library/userconf/latinproc99/ponencias/ponencia43.htmlj_89DISWRNsyM&hl=es&sa=X&ei=2ioVUfn_I5LK9gTL04DoBw&ved=0CDIQ9QEwAg&dur=390

De acuerdo con el mapa anterior, para la región de Bucaramanga el nivel ceráunico es $Td = 80$, teniendo en cuenta el IEC 62305-2.

$$Ng = 0.1 Td \rightarrow Ng = 8 \text{ Rayos /km}^2 - \text{año}$$

Determinación de la Densidad de Descargas a Tierra (DDT)

Ciudad		Rango de DDT (rayos / km ² x año) para áreas de 3 km x 3 km
Arauca	Puerto Inirida	1-2
Barranquilla	Riohacha	
Bogota	San Andrés	
Bucaramanga	San José del Guaviare	
Cali	Tumaco	
Cartagena	Tunja	
Cúcuta	Valledupar	
Florencia	Villavicencio	
Ipiales	Armenia	
Leticia	Ibagué	
Mitú	Manizales	
Mocoa	Medellín	
Neiva	Montería	
Pasto	Ocaña	
Popayán	Santa Marta	
Puerto Carreño	Sincelejo	
	Yopal	
Corozal	Magangue	3-5
Pereira	Turbo	
Girardot		
Barrancabermeja		6-9
Quibdó		
Samana		10-14
El Banco		
Bagre		
Remedios		
La Palma		
Nechí		15-20
Zona rural de Quibdó		8-14
Zona rural de la Palma		8-12
Zona Rural de Samaná		10-16
Serranía de San Lucas y Estribaciones		20-40
Magdalena Medio		8-16

Para este estudio se tomó como referencia Bucaramanga ya que es la capital del departamento en el cual se está realizando este estudio, y como resultado se obtiene un $DDT = 2$, la condición mas desfavorable.

Corriente pico absoluta promedia:

$I_{abs} > 40kA \rightarrow$ Este valor es aplicado para Colombia.

EVALUACIÓN DE LAS COMPONENTES DE RIESGO

A continuación se muestran los cálculos para las componentes de riesgo.

$$Rx = Nx * Px * Lx$$

Donde:

Nx = Numero de eventos peligrosos.

Px = Probabilidad de daño.

Lx = Perdida consecuente.

Formulas generales para cálculo de componentes de riesgo:

$$RA = ND * PA * LA$$

$$RB = ND * PB * LB$$

$$RC = ND * PC * LC$$

$$RM = NM * PM * LM$$

$$RU = (NL + NDA) * PU * LU$$

$$RV = (NL + NDA) * PV * LV$$

$$RW = (NL + NDA) * PW * LW$$

$$RZ = (Ni - NL) * PZ * LZ$$

$$R'B = ND * P'B * L'B$$

$$R'C = ND * P'C * L'C$$

$$R'V = (NL + NDA) * P'W * L'W$$

$$R'Z = (Ni - NL) * P'Z * L'Z$$

Los cálculos realizados para *Nx*, *Px* y *Lx*, para cada componente de riesgo se realizaron según lo estipulado en las tablas y notas de los numerales 6.5.1 a 6.7.5.13 de la norma NTC 4552-2.

ECUACIÓN GENERAL PARA EL CÁLCULO DE NÚMERO ANUAL DE EVENTOS

El cálculo del número anual de eventos peligrosos esta descrita por la ecuación mostrada a continuación.

$$ND = DDT * Ad * Cd * 10^{-6}$$

$DDT = 2$ Densidad de rayos a tierra (rayos /km² – año)

$Ad =$ Área efectiva de la estructura en m²

$Cd =$ Factor de corrección.

Los valores de Ad y Cd se toman para cada Nd de acuerdo a las anotaciones y tablas de los numerales 6.5.1 a 6.5.5 de la norma NTC 4552-2 el valor determinado $Cd= 0.5$.

Área efectiva de la estructura Ad :

Para la estructura en estudio se tienen las siguientes dimensiones:

Longitud $L = 39.17$ [m]

Ancho $W = 131.98$ [m]

Alto $H = 10$ [m]

$$Ad = LW + 6H(L + W) + 9\pi(H)^2$$

$$Ad = 39.17 * 131,98 + 6 * 10 * 131.98 + 39.17 + 9 * \pi * 10^2 = 18266.12$$

Área de influencia de la estructura Am :

El área de influencia de la estructura está definida entre la esquina más lejana y una línea localizada a 250m del perímetro de la estructura.

En este caso la edificación en estudio cuenta con un área de influencia definida por la norma NTC4552-2 así:

$$A_m = L + 250 * W + 250$$

$$A_m = 37 + 250 * 22 + 250$$

$$A_m = 78064 \text{ m}^2$$

Áreas efectivas A_l , A_i y $A_{d/a}$:

Las áreas se calcularon previamente y sus valores son:

$$A_l = 414.659 \text{ m}^2$$

$$A_i = 23235.22 \text{ m}^2$$

$A_{d/a} =$ No aplica debido a que no existen estructuras o subestructuras adyacentes a la estructura en estudio.

Calculo de los números promedio de descarga anuales

El número de promedio de descargas anuales es:

$$N_D = DDT * A_d * C_d * 10^{-6} = 2 * 18266.12 * 0.5 * 10^{-6} = 0.018266$$

$$N_{D_a} = DDT * A_{d/a} * C_{d/a} * C_t * 10^{-6} = 2 * 0 * 0.5 * 0.2 * 10^{-6} = 0$$

$$N_M = DDT * (A_m - A_{d/b} * C_{d/b}) * 10^{-6} = 2 * (110457 - 18266.12 * 0.5) * 10^{-6} \\ = 0.20265$$

$$N_L = DDT * A_l * C_d * C_t * 10^{-6} = 2 * 282.843 * 0.5 * 0.2 * 10^{-6} = 57.1 * 10^{-6}$$

$$N_i = DDT * A_i * C_e * C_t * 10^{-6} = 2 * 17677.7 * 0.5 * 0.2 * 10^{-6} = 3.536 * 10^{-3}$$

EVALUACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE DAÑO P_x :

La evaluación de la probabilidad de daño se realizará siguiendo los parámetros y tablas enunciadas entre los numerales 6.6.1 hasta 6.6.10 de la NTC 4552.

Los valores de probabilidad menores a 1 solo se seleccionan si existe medida al interior de la estructura o zona a ser protegida.

De las tablas se obtiene:

$$P_A = 1 \times 0.01 = 0.01$$

$$P_B = 1$$

$$P_C = P_{SPD} = 1$$

$$P_M = 1$$

$$P_u = 1$$

$$P_v = 1$$

$$P_w = 1$$

$$P_Z = 1$$

$$P'_B = 1$$

$$P'_C = 1$$

$$P'_V = 1$$

$$P'_W = 1$$

EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD DE PÉRDIDAS:

Basados y documentados de la norma NTC4552-2, de los numerales 6.7.1 y 6.7.2 se tiene:

Las pérdidas L_x se refieren al monto medio relativo de un tipo de daño articular, el cual puede ocurrir como el resultado de la descarga del rayo, varían según el tipo de pérdida considerada (L_1, L_2, L_3 y L_4) y cada tipo de pérdida con el tipo de daño causado.

La simbología utilizada es:

$L_t =$ *Perdidas debido a las lesiones por tensiones de lazo y contacto.*

$L_f =$ *Perdidas debido a daños físicos.*

$L_o =$ *perdidas debido a fallas en sistemas internos.*

PÉRDIDAS DE VIDAS HUMANAS L_1 :

El valor de L_t, L_f y L_o puede ser expresado en términos del número relativo de las víctimas.

L_t, L_f y L_o para L_1 :

De la tabla 29 tomada de la NTC 4552-2, se tienen los valores para $L_t=0.0001$, $L_f=0.05$ y $L_o=0.1$, para los cálculos se supone una población en riesgo de 20 personas y personas promedio en el recinto es aproximadamente de 1000 personas, las constantes requeridas para los cálculos se muestran en las tablas de la 10 a la 14.

$$L_A = 0.0000133$$

$$L_B = 0.0000667$$

$$L_C = 0.0133$$

$$L_M = 0.0133$$

$$L_U = 0.0000133$$

$$L_V = 0.0000667$$

$$Lw = 0.0133$$

$$Lz = 0.0133$$

PÉRDIDA INACEPTABLE DEL SERVICIO PÚBLICO L2:

Se pueden asumir valores medios de Lf y Lo según la tabla 31 de la NTC 4552-2, esta se muestra en la tabla 14.

Para este proyecto se tiene:

$$LB = 10^{-4}$$

$$LC = 10^{-4}$$

$$LM = 10^{-4}$$

$$LV = 10^{-4}$$

$$Lw = 10^{-4}$$

$$Lz = 10^{-4}$$

PÉRDIDAS DE VALOR CULTURAL IRREEMPLAZABLES (L3)

Aplicando las ecuaciones que se mencionan en la norma NTC 4552-2 desde los numerales 6.7.4 a 6.7.4.2 se tienen:

$$Lf = 10^{-1}$$

$$LB = 10^{-4}$$

$$LV = 10^{-4}$$

PÉRDIDAS ECONÓMICAS (L4):

Basándose en las ecuaciones según NTC 4552-2 desde los numerales 6.7.5.1 a 6.7.5.8 se tiene:

$$LA = 10^{-6}$$

$$LU = 10^{-4}$$

$$LB = 0.002$$

$$LV = 0.002$$

$$LC = 10^{-4}$$

$$LM = 0.001$$

$$LW = 0.001$$

$$LZ = 0.001$$

CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DE RIESGO:

Los componentes de riesgo para la estructura estudiada son $RA, RB, RC, RM, RU, RV, RW$ y RZ , los componentes son calculados con los valores obtenidos anteriormente para P_x y L_x .

- **Para tipo de pérdida L1:**

$$RA = N_D * P_A * L_A = 0.018266 * 0.01 * 13.3 * 10^{-6} = 2.42938 * 10^{-9}$$

$$RB = N_D * P_B * L_B = 0.018266 * 1 * 66.7 * 10^{-6} = 1 * 10^{-7}$$

$$RU = N_i + N_{DA} * P_U * L_U = 3.536 * 10^{-3} + 0 * 1 * 13.3 * 10^{-6} = 4.70288 * 10^{-9}$$

$$RV = N_L + N_{DA} * P_V * L_V = 57.1 * 10^{-6} + 0 * 1 * 66.7 * 10^{-6} = 3.80857 * 10^{-9}$$

- **Para el tipo de pérdida L2:**

$$RB = N_D * P_B * L_B = 0.018266 * 1 * 10^{-4} = 2 * 10^{-6}$$

$$RC = N_D * P_C * L_C = 0.018266 * 1 * 10^{-4} = 2 * 10^{-6}$$

$$RM = N_M * P_M * L_M = 0.200265 * 1 * 10^{-4} = 2 * 10^{-5}$$

$$RV = N_L + N_{DA} * P_V * L_V = 57.1 * 10^{-6} + 0 * 1 * 10^{-4} = 5.71 * 10^{-9}$$

$$RW = N_L + N_{DA} * P_W * L_W = 57.1 * 10^{-6} + 0 * 1 * 10^{-4} = 5.71 * 10^{-9}$$

$$RZ = N_i + N_l * P_z * L_z = 3.536 * 10^{-3} + 57.1 * 10^{-6} * 1 * 10^{-4} = 3.5931 * 10^{-7}$$

- **Para el tipo de la pérdida L3:**

$$RB = ND * PB * LB = 0.018266 * 1 * 10^{-4} = 2 * 10^{-6}$$

$$RV = (N_L + N_{DA}) * P_V * L_V = 57.1 * 10^{-6} + 0 * 1 * 10^{-4} = 5.71 * 10^{-9}$$

- **Para el tipo de pérdida L4:**

$$RB = ND * PB * LB = 0.018266 * 1 * 0.002 = 3.6532 * 10^{-5}$$

$$RC = N_D * P_C * L_C = 0.018266 * 1 * 10^{-4} = 1.8266 * 10^{-6}$$

$$RM = N_M * P_M * L_M = 0.0265 * 1 * 0.001 = 2.65 * 10^{-4}$$

$$RV = (N_L + N_{DA}) * P_V * L_V = (57.1 * 10^{-6} + 0) * 1 * 0.002 = 1.142 * 10^{-7}$$

$$RW = (N_L + N_{DA}) * P_W * L_W = (57.1 * 10^{-6} + 0) * 1 * 0.001 = 5.7157.1 * 10^{-8}$$

$$RZ = N_i + N_l * P_z * L_z = 3.536 * 10^{-3} + 57.1 * 10^{-6} * 1 * 0.001 = 3.593157.1 * 10^{-6}$$

Posteriormente se procede a realizar el cálculo de la sumatoria de los componentes de riesgo para determinar el riesgo total.

- **Riesgo sobre la estructura L1:**

$$R = \Sigma R_x = RA + RB + RU + RV = 1.1094 * 10^{-7}$$

- **Riesgo sobre el servicio publico L2:**

$$R = \Sigma R_x = RB + RC + RM + RV + RW + RZ = 2.43707 * 10^{-5}$$

- **Riesgo sobre patrimonio cultural L3:**

$$R = \Sigma R_x = RB + RV = 2.0057 * 10^{-6}$$

- **Riesgo sobre perdidas económicas L4:**

$$R = \Sigma R_x = RB + RC + RM + RV + RW + RZ = 3.07123 * 10^{-4}$$

RIESGO TOLERABLE R_T :

Los valores de riesgo tolerable R_T en donde una descarga atmosférica significa pérdida de la vida humana como pérdida de los valores sociales y culturales se obtienen de la tabla 7 de la norma NTC 4552-2.

Tipo de pérdida	$R_T(y^{-1})$	ΣR_T
Pérdida de vidas o lesiones permanentes	10^{-5}	$1.1094 * 10^{-7}$
Pérdidas de servicio público	10^{-3}	$2.43707 * 10^{-5}$
Pérdida de patrimonio cultural	10^{-3}	$2.0057 * 10^{-6}$
Pérdidas económicas	-----	$3.07123 * 10^{-4}$

Analizando el estudio realizado basado en la tabla 7 de la norma NTC 4552-2 y comparándolas con los valores obtenidos, se puede observar que el riesgo calculado es menor que el riesgo máximo tolerable, por lo cual se concluye que no se requiere implementar un sistema de medidas de protección contra descargas atmosféricas para el edificio planta de aceros.

4.5 DISEÑO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

Para el cálculo del diseño de la malla de puesta a tierra se utilizó el método de la resistividad aparente que viene dado por:

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

Donde, si $a > 20b$ la expresión anterior se puede aproximar a:

$$\rho = 2\pi aR \text{ (Con } a \text{ en m)}$$

Con estas mediciones que se realizaron se halla que el valor de resistividad del terreno es de $196 \Omega m$

$$I_K = \frac{100 * I_{NS}}{\mu_Z \%}$$
$$I_{NS} = \frac{S_N}{\sqrt{3} * V_{SO} (1 - \mu_Z)}$$
$$V_{SO} = V_d (1 + \mu_Z + \delta)$$

I_K : Corriente de cortocircuito

I_{NS} : Corriente nominal del secundario

μ_Z : Tensión de cortocircuito del transformador en por ciento

S_N : Potencia nominal del transformador

V_d : Tensión nominal de diseño

V_{SO} : Tensión secundaria del transformador en vacío

δ : Regulación de tensión en por ciento

Datos:

$$\mu_Z = 3,37 \%$$

$$S_N = 200 \text{ kVA}$$

$$V_d = 220 \text{ V}$$

$$\delta = 3 \%$$

$$I_{NS} = 525 \text{ A}$$

$$V_{SO} = 208 (1 + 0,0337 + 0,03) = 221,25 \text{ V}$$

Como $V_{SO} = 221,25 \text{ V}$, se escoge un valor normalizado $V_{SO} = 220 \text{ V}$.

Corriente nominal del secundario

$$I_{NS} = \frac{200000}{\sqrt{3} * 220 \text{ V} - 0,0337} = 543,168 \text{ A}$$

$$I_{NS} = 543,168 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito en alta tensión

$$I_K = \frac{100 * 543,168}{3,37} = 16,117 \text{ kA}$$

$I_K = 17,0476 \text{ kA}$, se escoge un nivel de cortocircuito de $I_K = 20 \text{ kA}$, en alta tensión

Corriente nominal en el primario

$$I_{NS} = \frac{200000}{\sqrt{3} * 13200 \text{ V} - 0,0337} = 9,052 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito en alta tensión

$$I_K = \frac{100 * 9,052}{3,37} = 268,63 \text{ A}$$

Como $I_K = 268,63 \text{ A}$, se escoge un nivel de cortocircuito de $I_K = 300 \text{ A}$, en alta tensión

Calibre del conductor de puesta a tierra se calcula de acuerdo a la norma IEEE 80-2000

$$A_{mm}^2 = \frac{I_{K\text{máx}}}{\frac{\log \frac{T_{fus} - T_a}{243 + T_a}}{33 t_c}} * 0,0005067$$

Dónde:

A_{mm 2}: Sección del conductor en mm²

T_a: Temperatura ambiente

T_{fus}: Temperatura de fusión del material del conductor de cobre.

I_{kmax}: Corriente máximo de cortocircuito

T_c: Tiempo de despeje de la falla

Siendo:

T_a = 27 °C

T_{fus} = 1083 °C

t_c = 0.5 seg

Reemplazando en la formula

$$A_{mm^2} = \frac{17,0476 * 10^3}{\frac{\log \frac{1083-27}{243+27}}{33*0,5}} * 0,0005067 = 45,5916 \text{ mm}^2$$

El equivalente al calibre 1/0 AWG con sección transversal de 53,3 mm² , pero se utilizara el calibre mínimo recomendable por la norma IEEE 80 - 2000 de calibre 4/0 AWG con sección transversal de 107,2 mm² y diámetro 13,3 mm² .

CÁLCULOS PARA LAS TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO PARA UNA PERSONA DE PROMEDIO 70 kg .

$$K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s}$$

$$K = \frac{196 - 3000}{196 + 3000} = -0,87735$$

Dónde:

ρ : Resistividad de la tierra

ρ_s : Resistividad del piso de contacto para la persona

h_s : Piedra picada

C_s : Factor reductor

Siendo:

$$\rho = 196 \text{ } [\Omega\text{m}]$$

$$\rho_s = 3000 \text{ } [\Omega\text{m}]$$

$$h_s = 0.102 \text{ } [\text{m}]$$

$$C_s = 0.74$$

La resistividad de la roca triturada debe modificarse por un factor reductor $C_s = 0,7138$.

El factor reductor C_s también puede ser aproximado usando la siguiente ecuación

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2h_s + 0,09}$$

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \left(1 - \frac{196}{3000} \right)}{2 * 0,102 + 0,09} = 0,7138$$

Las tensiones tolerables de paso y de contacto se calculan así:

$$E_{CONTACTO70} = 1000 + 1,5C_s\rho_s \frac{0,157}{t_s}$$

$$E_{CONTACTO70} = 1000 + 1,5(0,7138 * 3000) \frac{0,157}{0,5}$$

$$E_{CONTACTO70} = 935,21 \text{ } V$$

$$E_{paso70} = 1000 + 6C_S\rho_S \frac{0,157}{t_s}$$

$$E_{paso70} = 1000 + 6 \cdot 0,7138 \cdot 3000 \frac{0,157}{0,5}$$

$$E_{paso70} = 3074,7814 \text{ V}$$

DISEÑO DE LA GEOMETRÍA DE LA MALLA

La malla cuadrada cuenta con dimensiones de $10 \text{ m} \cdot 10 \text{ m}$ y una área de 100 m^2 .

La longitud de un electrodo tipo varilla es de $2,4 \text{ m}$, por tanto existen 20 electrodos que componen la malla, el espaciamiento entre conductores es 1 m , y la profundidad de estos ser a $0,5 \text{ [m]}$

RESISTENCIA DE LA MALLA A TIERRA

$$L_M = L_c + N L_v = 480 + (40)(2,4) = 576 \text{ [m]}$$

$$L_v = 2,4 \text{ m}$$

$$L_c = 2 \cdot 16 \cdot 15 = 480 \text{ [m]}$$

$$A = 100 \text{ m}^2$$

$$\rho = 196 \text{ [\Omega m]}$$

$$h = 0,5 \text{ [m]}$$

$$R_G = \rho \left[\frac{1}{L_M} + \frac{1}{20A} \right] \left[1 + \frac{1}{1 + h \frac{20}{A}} \right]$$

Reemplazando los valores en la ecuación anterior, se obtiene:

$$R_G = 196 \frac{1}{576} + \frac{1}{20 * 100} \left(1 + \frac{1}{1 + 0,5 \frac{20}{100}} \right) = 8,3047 \Omega$$

TENSIÓN DE MALLA

Se calcula el valor de Km a partir de:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{D + 2h^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \frac{8}{\pi 2n - 1}$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1^2}{16 * 0,5 * 0,0133} + \frac{1 + 2 * 0,5^2}{8 * (0,0133)} - \frac{0,5}{4 * (0,0133)} + \frac{1}{1,225} \ln \frac{8}{\pi 2 * 16 - 1}$$

$$K_m = 0,252518$$

Siendo:

$$D=1$$

$$h=0.5 \text{ [m]}$$

$$d = 0.0133 \text{ [m]}$$

Kii= 1 , ya que tiene electrodos

$$Lc= 480 \text{ [m]}$$

$$Lp = 2(L1+L2) = 2(30) = 60 \text{ [m]}$$

Con los valores antes mencionados se calcula Kh

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$$

$$K_h = \sqrt{1 + 0,5}$$

$$K_h = 1,225$$

Donde $n = n_a n_b n_c n_d$ y a su vez $n_a = n_b = n_c = n_d = 1$ es uno para mallas cuadradas y $n_a = \frac{2L_C}{L_P} n = n_a = \frac{2 \cdot 480}{60} = 16$

El factor K_i se calculó a través de la siguiente ecuación:

$$K_i = 0,644 + 0,148 * n$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 * 16 = 3,012$$

Finalmente se halla la tensión de malla E_m , con los valores anteriormente obtenidos

$$L_m = L_C + N L_V \quad 1,55 + 1,22 \frac{L_V}{L_1 + L_2^2}$$

$$L_m = 480 + 40 * 2,4 \quad 1,55 + 1,22 \frac{2,4}{10 + 10^2} = 642,8544$$

$$I_G = 41 [A]$$

$$E_m = \frac{\rho K_m K_i I_G}{L_m}$$

$$E_m = \frac{196 * 0,252518 * 3,012 * 41}{642,8544} = 9,5076 \text{ V}$$

CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE PASO EN CASO DE FALLA

$$K_S = \frac{1}{\pi} \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} 1 - 0,5^{n-2}$$

$$K_S = \frac{1}{\pi} \frac{1}{2 * 0,5} + \frac{1}{1 + 0,5} + \frac{1}{1} 1 - 0,5^{16-2} = 0,848807$$

$$V_{paso} = \frac{\rho K_S K_i I_G}{0,75 L_C + 0,85 N L_V}$$

$$V_{paso} = \frac{196 * 3,012 * 41 * 0,848807}{0,75 * 480 + 0,85 * 40 * 2,4} = 46,5237 \text{ V}$$

Debido a que el valor de tensión admisible es 46,5237 [V] y la tensión que se presentará en la malla es de 9,5076 [V], se concluye que la tensión en la malla es menor que la tensión tolerable, lo cual indica que nuestro sistema de puesta a tierra es correcto y tendrá un buen funcionamiento.

El sistema de puesta a tierra está compuesto por una malla cuadrada de 15[m]*15[m], donde en cada una de sus esquinas se instala un electrodo de Cu-Cu de 3 [m] y 5/8", la interconexión del sistema de puesta a tierra se realiza con conductor de cobre desnudo calibre 4/0 AWG con conexiones a través de soldadura exotérmica, ya que es el calibre mínimo exigido por la norma IEEE 80 – 2000.

La caja de inspección debe ser con tapa en concreto reforzado y sin sellamientos, de manera que se pueda realizar labores de medida y mantenimiento al sistema de puesta a tierra a largo del tiempo.

4.6 PLANTA DE EMERGENCIA

En la propuesta de rediseño de las instalaciones eléctricas del edificio Planta de Aceros, según las condiciones actuales y los cálculos realizados, se incluyó una planta de emergencia de 200 [kW] - 250 [kVA] y factor de potencia de 0,8. Esto garantizará un continuo funcionamiento de la energía eléctrica en las instalaciones de dicho edificio, lo cual será de gran utilidad por si en algún momento se presenta un corte del suministro eléctrico ya que esto puede ocasionar daños y pérdidas en los motores que trabajan dentro del edificio.

Figura 53. Planta de emergencia



Fuente: Los autores

Esta planta de emergencia está acompañada por un motor diesel unido directamente a un generador eléctrico a través de un acoplamiento con discos flexibles de acero. La capacidad de esta planta de emergencia estará dada por cada proponente de acuerdo a los estándares de los equipos que suministrará, pero deben cumplir con una capacidad mínima de 135 KW/169 KVA en servicio Stand By, 0.8 F.P. y será apto para operación en un sistema de tres fases, cuatro hilos, a 220/127 voltios, 60 Hz.

La capacidad dada para la planta de emergencia es la potencia neta a entregar en el sitio de acuerdo con las condiciones de altitud y temperatura para el municipio de Bucaramanga.

Cualquier elemento o elementos no mencionados específicamente pero que sean necesarios para el correcto funcionamiento de la Planta Eléctrica, serán suministrados y debidamente instalados por el fabricante.

NORMATIVIDAD: El equipo a suministrar debe cumplir con las siguientes normas:

- BS4999/5000 pt 99
- VDE 0530, UTE5100
- NEMA MG1-22, CEMA
- IEC 34, CSA A22.2
- AS1359, BSS 5514
- ISO 3046 e ISO 8528

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

GENERADOR: El generador será sincrónico, de cuatro (4) polos, con una capacidad mínima de 169 KVA/135 KW efectivos en servicio STAND BY y a las condiciones ambientales de altitud del municipio de Bucaramanga, factor de potencia 0.80, frecuencia 60 Hz, tres (3) fases, cuatro (4) hilos, tensión de servicio 220/127 voltios, con neutro accesible, velocidad de operación 1.800 RPM, bobinado con doce (12) terminales, con elevación máxima de la temperatura del generador de 105 grados centígrados.

CLASE DE EXCITATRIZ: La excitatriz será sin delgas ni escobillas, con diodos rotatorios y rectificación de onda completa, del tipo de generador auxiliar de IMÁN PERMANENTE (PMG) y de excelente respuesta ante cargas no lineales, cambios bruscos de nivel de carga y sobrecargas temporales tales como arranque de motores, etc.

AISLAMIENTO: El aislamiento deberá tener los niveles requeridos para el funcionamiento a plena capacidad y dentro de las condiciones climáticas tropicales de acuerdo con las normas NEMA IP 23.

Niveles de Aislamiento:

Rotor: NEMA clase F/H

Estator: NEMA clase H

REGULACION DE TENSION: El generador contará con un regulador de estado sólido de alta especificación, para mantener un control automático de tensión de salida óptimo.

Debe tener las siguientes especificaciones mínimas:

- Regulación de tensión entre vacío y plena carga de +/- 1%, mantenida en las siguientes condiciones: factor de potencia entre 0.80 y 1, a cualquier temperatura del motor y con una caída de revolución de hasta el 4%.
- Rango de ajuste +/- 5% accesible en el tablero de control del generador.
- Tiempo de respuesta: menor de dos (2) segundos
- Protección de baja velocidad para el generador y el regulador mismo.
- Protección contra sobre velocidad.
- Provisto de sensores en las tres (3) fases

Los ajustes del regulador de velocidad y del regulador de voltaje se podrá llevar a cabo desde el exterior del tablero de control y deben permitir ajustes dentro de un rango +/- del 5% de sus valores nominales.

PROTECCIÓN PARA EL GENERADOR: Se suministrarán controles para supervisar la salida de corriente del grupo electrógeno e indicar una alarma cuando la corriente de carga exceda el 110% de la corriente nominal del grupo electrógeno en cualquier fase por más de 5 segundos. Adicionalmente se debe proveer protección al generador en caso de corto circuito y sobre corriente.

PARADA POR ALTO Y BAJO VOLTAJE: El control del grupo electrógeno debe incluir un sistema para la supervisión de voltajes altos y bajos, parar y bloquear el grupo electrógeno si la salida del voltaje excede el 110% de las condiciones nominales por más de 10 segundos, o menos del 85% de las condiciones

nominales por más de 10 segundos, esto con el fin de prevenir daños a dispositivos de carga sensitivos (UPS, motores).

CONTROL DE ARRANQUE Y PARADA: El fabricante suministrará con la Planta, un panel automático que lleve a cabo en forma programada la operación de arranque y parada de la Planta, en coordinación con la transferencia automática de carga. Además este panel tendrá un switch selector de cuatro posiciones a saber:

- Posición uno MANUAL, en la cual se anula la característica del automatismo y permite el arranque manual de la Planta.
- Posición dos APAGADO, en la cual se desconecta la característica del automatismo del sistema de arranque.
- Posición tres AUTOMÁTICO, en la cual se conecta la secuencia de operación automática.
- Posición cuatro PRUEBA, en la cual se simule falla en la fuente de energía normal y permite poner en marcha el grupo generador.

BATERÍAS Y CARGADOR: La planta se suministrará con un sistema propio de acumuladores de baterías con una capacidad mínima de 100 A/h, para permitir arrancar el motor Diesel. Las baterías serán 12 VDC del tipo plomo-ácido tipo pesado compuestas de 27 placas encerradas en recipiente de fibra de vidrio.

Para la carga del banco de baterías se suministrará un cargador de tipo estático de alta capacidad, con amperímetro, además de un alternador de carga incorporado al motor.

MOTOR DIESEL: El motor será de arranque en frío, cuatro tiempos, aspiración natural turbo-cargado y con post-enfriado, con velocidad normal de operación de 1800 RPM. La potencia de cada motor Diesel debe ser uniforme a la velocidad sincrónica del generador y no inferior a la necesaria para producir como mínimo y en las condiciones ambientales y de altitud, la potencia nominal de salida requerida en régimen Stand By.

Para efectos de verificación de la potencia de cada motor, debe adjuntarse el derrateo correspondiente por altura, temperatura y humedad relativa.

REGULADOR DE VELOCIDAD (GOBERNADOR): El regulador de velocidad del motor debe ser de rápida respuesta. Se admiten del tipo electrónico, preferiblemente de accionamiento directo en el interior de la bomba (actuador), para funcionamiento isócrono, "droop" hasta del 4%. La máxima desviación de la velocidad del regulador electrónico de vacío a plena carga no excederá del 0.25%.

SISTEMA DE COMBUSTIBLE: El motor deberá operar satisfactoriamente a las condiciones ambientales de la ciudad de BUCARAMANGA, utilizando combustible diesel de uso común en Colombia. Se debe indicar el consumo de combustible al 100%, 75% y 25% de carga. El motor podrá operar por periodos largos de tiempo con cargas bajas y estará provisto de los elementos necesarios para prevenir la carbonización. En este punto se debe describir el sistema de inyección de combustible. La capacidad del tanque de combustible incorporado debe ser de mínimo 250 litros.

Los consumos máximos permitidos de combustible serán:

- 27 litros por hora a media carga.
- 20 litros por hora a un cuarto de carga.

SISTEMA DE LUBRICACIÓN: La lubricación será forzada a presión constante, por medio de una bomba de desplazamiento positivo que permita lubricar todas las partes móviles: utilizará filtros de flujo total del tipo sellado de roscar.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO: La refrigeración será por agua a circulación forzada, mediante el radiador con ventilador adosado al chasis del motor

SUMINISTRO DE AIRE: La toma de aire del motor estará equipada con filtros del tipo seco de elemento cambiable e indicador de restricción. Se debe indicar la

cantidad de aire que necesita el grupo electrógeno para una operación normal a plena carga.

SISTEMA DE ESCAPE: Se debe incluir un silenciador de tipo crítico, con atenuación de ruido entre 20 y 30 dB y conexión flexible. El Contratista deberá diseñar, construir y montar el sistema completo para la evacuación de los gases de escape. Los ductos de escape de gases se deben dejar a la altura de 3 metros sobre la cabina insonora y deben tener recubrimiento para aislamiento térmico en toda su extensión.

SISTEMA DE ALARMA Y CONTROLES: El grupo electrógeno estará equipado con controles automáticos de seguridad con indicación de alarma visual de las fallas, para parada instantánea por:

- Baja presión de aceite
- Alta temperatura del motor
- Alta vibración del motor
- Sobre velocidad
- Sobre arranque
- Baja nivel de agua en el radiador
- Alto voltaje de CA
- Bajo voltaje de CA
- Baja frecuencia
- Sobre corriente
- Corto circuito
- Baja presión de aceite
- Baja temperatura del motor
- Alta temperatura de aceite
- Alta temperatura del motor
- Bajo voltaje de CC
- Alto voltaje de CC
- Batería baja.

- Bajo nivel de combustible del tanque diario
- Bajo nivel de combustible del tanque principal
- Sobre corriente

TABLERO DE CONTROL: Montado directamente sobre el generador con soportes a prueba de vibración. Completamente digital con comunicación remota por puerto y su software debe operar bajo plataforma Windows y debe contener los siguientes elementos:

Para el motor:

- Indicador de Presión de aceite del motor
- Indicador de Temperatura del agua
- Indicador de Velocidad del motor (RPM)
- Indicador de carga de baterías
- Interruptor Manual/Test/Auto/Stop
- Interruptor de motor On/Off
- Pulsador de parada de emergencia
- Horómetro

Para el generador:

- Voltímetro AC
- Amperímetro AC
- Frecuencímetro
- Kilovatímetro
- Medidor de factor de potencia
- Contador de kilovatios hora

El sistema de control suministrado podrá operar bajo condiciones ambientales de temperatura entre -40 grados centígrados y 70 grados centígrados, y humedad relativa del 95% sin condensación.

4.7 CONMUTADOR DE TRANSFERENCIA

En la propuesta de rediseño de las instalaciones eléctricas del edificio, se decide incluir un conmutador de transferencia automática de 600 [A] en un gabinete independiente, cuya finalidad es realizar todas las operaciones necesarias tanto del grupo electrógeno como de las cargas para mantener alimentado un establecimiento ante la emergencia por falta de suministro proveniente del operador de red.

Figura 54. Conmutador de transferencia automática



Fuente: Los autores

Las especificaciones de este conmutador de transferencia son:

- Gabinete metálico, con puerta y chapa.
- Transferencia automática de 600 A, 220v, 50 KA.
- Relés de baja-alta frecuencia, subvoltaje y sobrevoltaje.

- Control de tiempos de encendido y apagado de planta.
- Accesorios de montaje, identificación y conexionado.
- Panel indicador.
- Planos de montaje.

5. NIVELES DE ILUMINACION

Teniendo en cuenta que el hombre transcurre gran parte de su vida bajo un alumbrado artificial y que una buena iluminación, es un factor de productividad, seguridad, rendimiento de trabajo y confort visual, es necesario contar en cualquier espacio de actividades con unos niveles adecuados de iluminación y obtener así una buena disposición de trabajo.

Es por esta razón que se hace necesario realizar un estudio del estado actual de los niveles de iluminación con los que cuenta el edificio, analizando cada entorno de trabajo y revisando si las instalaciones están cumpliendo o no con los requisitos mínimos establecidos por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP). En caso de no estar cumpliéndolos se realizará un rediseño de niveles de iluminación que garantice una iluminación adecuada para cada tipo de tarea.

Los resultados del estudio se analizarán en el software creado e implementado para este proyecto llamado LUMI, con este software se estudiarán y calcularán los niveles de iluminación y se podrá determinar si están o no en cumplimiento.

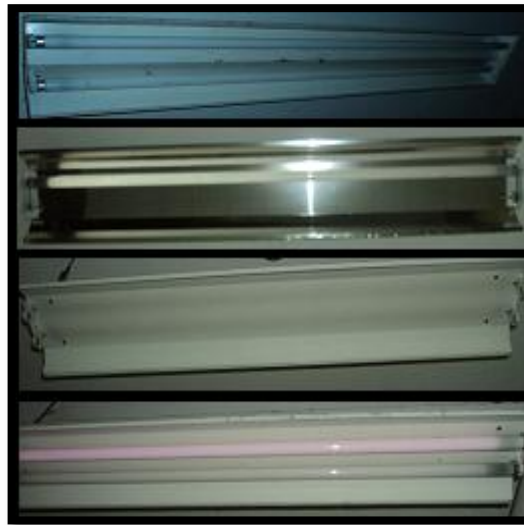
Para la obtención de resultados sobre los niveles de iluminación, se realizará una comparación de los resultados obtenidos con el software LUMI y con los obtenidos en el DIALUX 4.9.

5.1 ILUMINACION ACTUAL DEL EDIFICIO

Para dar inicio a este estudio se realizó una observación y evaluación de cómo se encontraban actualmente las luminarias instaladas en el edificio, encontrando que la mayoría están en un mal estado debido al tiempo que llevan en servicio y a la




falta de mantenimiento, se localizaron varias lámparas averiadas, quemadas, sucias y en alto estado de deterioro como lo muestra la figura 67.

Figura 55: Muestra de luminarias encontradas



Fuente: Los autores

En la evaluación que se realizó en los niveles de iluminación se observó que las luminarias que están presentes en las instalaciones del edificio son:

DESCRIPCION		Lúmenes [lm]	Potencia [W]	Medidas [m]
	General Electric Startcoat Eco F32T8SP65 (Fluorescente)	2565	2x32	1,20
	Sylvania J6 (Mercurio Halogenado)	18296	250 400	0.48 largo x 0.435 de ancho x 0.145 de alto
	Philips PH344572 T8 (Fluorescente)	5900	2x59	2,4

Para un estudio apropiado, fue necesario realizar las mediciones de los niveles de iluminación en todos los espacios de trabajo del edificio incluyendo salones, laboratorios, talleres y pasillos. Para la toma de los datos de los niveles de iluminación actual se utilizó un luxómetro, se dividieron las áreas en cuadrículas de 1mx1m para espacios pequeños y de 2mx2m para espacios grandes y se tomaron datos a una altura promedio de trabajo.

De esta manera se obtuvieron los valores de los luxes (lx) presentes en cada área, con estos datos fue posible realizar los cálculos para obtener los valores de iluminación mínima, media y máxima, el factor de cumplimiento y el valor de uniformidad.

También se realizó la medición de valores de iluminación incidente E(1) e iluminación reflejada E(2) para poder calcular los valores de reflectancia (ρ) así:

$$\rho = \frac{E(2)}{E(1)}$$

Estos valores de reflectancia se calcularon para las diferentes superficies de estudio presentes en el edificio, obteniendo:

Tabla 89. Valores de reflectancia según superficie

VALORES DE RELECTANCIAS	
SUPERFICIE	% RELECTANCIA
Techo blanco	76
Piso blanco	68
Piso cemento	28
Piso tableta roja	19
Pared Blanca	76
Pared crema	79
Pared ladrillo	23

Fuente: Los autores

Obteniendo estos valores se procede a realizar los respectivos cálculos para poder determinar en qué niveles de iluminación se encuentra cada espacio de trabajo del edificio.

5.2 Cálculo tipo para los niveles de iluminación

El cálculo tipo se realizará para el laboratorio de procesos de moldeo (103) ubicado en el primer piso del edificio.

- Primero, se deben conocer las dimensiones del área a estudiar que para este caso son 7.5 m de ancho y 14.10 m de largo.
- Segundo, se calculan los índices de cavidad del techo, local y piso, que en esta área son 0.4 m, 1.6 m y 0.9 m respectivamente.
- Tercero, se tabulan los datos obtenidos en esta área con el luxómetro para calcular los valores de iluminancia mínima, media, máxima.
- Además se deben escoger los valores de reflectancia (ver tabla 82) según el color y textura de las paredes, del piso y del techo del área en estudio, y el nivel medio de iluminancia en luxes (lx) exigido en el Reglamento técnico de Iluminación y Alumbrado Público (tabla 440.1 Índice UGR máximo y niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades) pues este será el parámetro con el que se verificará si está o no en cumplimiento con la norma.

Siguiendo este procedimiento y recolección de valores, se tiene una matriz de cálculo por área como la que se muestra en la tabla 83.

Tabla 90. Resumen de medición salón 103

NIVELES DE ILUMINACION PLANO DE TRABAJO						
Lugar: Salón 103		Largo: 14.10 [m] Ancho: 7.5 [m]		Nivel medio recomendado: 500[lx]		
Superficie	Color	%Reflectancia	Cavidades		Altura [m]	
Techo	Blanco	76	Techo		0.4	
Pared	Blanca	74	Local		1.6	
Piso	Blanco	68	Piso		0.9	
MEDICIONES DEL LUXÓMETRO [lx]						
115	128	170	173	197	222	223
110	147	261	315	287	230	257
108	197	253	298	253	246	175
170	215	202	285	239	239	121
145	220	263	273	226	214	170
115	143	168	182	211	219	254
167	135	174	169	195	227	248

Fuente. Los autores

De los datos tomados con el luxómetro se sacan los valores de iluminancia mínima, media y máxima, el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de cumplimiento que ayudara también a concluir si la iluminación existente está cumpliendo o no con los requerimientos técnicos exigidos por la norma, pues si resulta inferior a 90% significa que se necesita un rediseño, este factor de cumplimiento se calcula así:

$$\%cumplimiento = \frac{E_{media_medida}}{E_{media_norma}} * 100$$

Entonces:

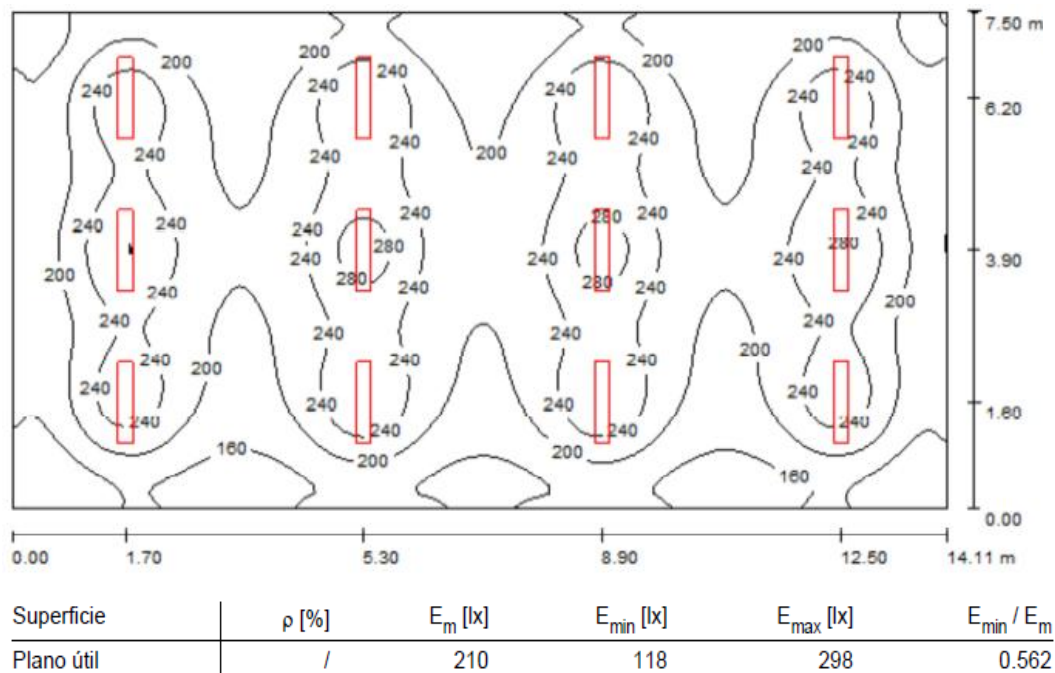
Tabla 91. Resultados Niveles de iluminación

Em [lx]	Emin[lx]	Emáx[lx]	Uniformidad Emin/Em	Emin/Emáx	% Cumplimiento
203	108	315	0.5320	0.3428	40.6

Fuente: Los autores

Para obtener una ayuda visual en cuanto a los niveles de iluminación en los que se encuentra el área de trabajo en estudio, se realizó una simulación en el software Dialux light 4.9 que se muestra en la figura 68.

Figura 56: Esquema de resultados del Dialux light 4.9



Fuente: Los autores

Después de revisar los resultados obtenidos en Dialux light 4.9 y compararlos con los obtenidos por los autores con el luxómetro, se puede concluir que los dos métodos ofrecen resultados aproximadamente iguales y que definitivamente el área en estudio no está cumpliendo con los requerimientos mínimos en niveles de iluminación exigidos por la normatividad vigente.

Este cálculo se realizó para todos los espacios de trabajo que se encuentran en el edificio, para resumir se presentaran los resultados mediante las tablas que se muestran a continuación.

Tabla 92. Resultados Niveles de iluminación sótano

CUADRO DE ILUMINACIÓN ACTUAL SÓTANO								
Área	Emedia medida [lx]	Emedia norma [lx]	Emin [lx]	Emáx [lx]	Coficiente de Uniformidad Emin/Em	%cumplimiento	Sistema de iluminación	Observaciones
Laboratorio de procesos	123	500	42	193	0.34	24.6	General	Tubos fluorescentes
Taller	186	200	47	144	0.25	93	General	Tubos fluorescentes
Almacén	136	150	72	173	0.53	90.7	General	Tubos fluorescentes
Cuarto técnico	182	200	82	243	0.45	91	General	Tubos fluorescentes
Patio de fundición	232	300	36	247	0.16	77.3	General	Tubos fluorescentes
Escaleras	85	150	20	190	0.15	56.7	General	Tubos fluorescentes
Pasillo	91	100	55	157	0.6	91	General	Tubos fluorescentes

Fuente: Los autores

Tabla 93. Resultados Niveles de iluminación primer piso

CUADRO DE ILUMINACIÓN ACTUAL PRIMER PISO								
Área	Emedia medida [lx]	Emedia norma [lx]	Emin [lx]	Emáx [lx]	Coefficiente de Uniformidad Emin/Em	%cumplimiento	Sistema de iluminación	Observaciones
Laboratorio de procesos de moldeo	203	500	108	315	0.53	40.6	General	Tubos fluorescentes
Baño mujeres	243	200	70	450	0.29	121.5	General	Tubos fluorescentes
Depósito	185	150	140	287	0.76	123.3	General	Tubos fluorescentes
Laboratorio de micro fundición	470	500	278	720	0.6	94	General	Tubos fluorescentes
Escaleras	63	150	19	135	0.3	42	General	Tubos fluorescentes
Pasillo	80	100	55	157	0.69	80	General	Tubos fluorescentes

Fuente: Los Autores

Tabla 94. Resultados Niveles de iluminación segundo piso

CUADRO DE ILUMINACIÓN ACTUAL SEGUNDO PISO								
Área	Emedia medida [lx]	Emedia norma [lx]	Emin [lx]	Emáx [lx]	Coefficiente de Uniformidad Emin/Em	%cumplimiento	Sistema de iluminación	Observaciones
Laboratorio de extractiva I	269	500	96	296	0.36	53.8	General	Tubos fluorescentes
Deposito laboratorio I	137	150	56	158	0.4	91.3	General	Tubos fluorescentes
Salón de clase	330	500	174	376	0.53	66	General	Tubos fluorescentes
Laboratorio de extractiva II	217	500	113	329	0.52	43.4	General	Tubos fluorescentes
Deposito laboratorio II	182	150	133	294	0.73	121.3	General	Tubos fluorescentes
Baño hombres	175	150	127	258	0.73	116.7	General	Tubos fluorescentes
Escaleras	73	150	25	146	0.34	48.7	General	Tubos fluorescentes
Pasillo	95	100	18	207	0.19	95	General	Tubos fluorescentes

Fuente: Los autores

Después de analizar los datos y revisar los resultados obtenidos durante el estudio, se pudo observar que en su mayoría en el edificio se cuentan con muy bajos niveles de iluminación y uniformidad en todas las áreas de trabajo, estos bajos niveles de iluminación se pueden deber a un número insuficiente de lámparas, a baja potencia o eficiencia de la lámpara, y al aspecto ya mencionado anteriormente que es el estado de deterioro en el que se encuentran las lámparas presentes en el edificio.

Esta deficiencia de iluminación y uniformidad conlleva a un cansancio visual de la comunidad universitaria que realiza actividades en este edificio, debido a que se están generando riesgos en cuanto a seguridad y problemas visuales, es necesario plantear una propuesta de rediseño para el sistema de iluminación del edificio, anulando todo tipo de falla encontrada en el levantamiento.

En esta propuesta de rediseño se tendrán en cuenta las áreas de trabajo que durante el levantamiento se encontraron incumpliendo con los requisitos mínimos exigidos por las normas vigentes que fueron: el laboratorio de procesos, el patio de fundición y las escaleras en el sótano; el laboratorio de procesos de moldeo, las escaleras y el pasillo en el primer piso y el laboratorio de hidro y electrometalurgia, el laboratorio de pirometalurgia, el salón de clase y las escaleras en el tercer piso. Se estudiará y analizará si el origen del problema es el estado de deterioro en el que se encuentran las lámparas y si con un mantenimiento o cambio de luminarias se le puede dar solución o si al contrario es necesario un cambio significativo en las instalaciones del edificio.

5.3 PROPUESTA DE REDISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Esta sección está dedicada a la propuesta de rediseño que se realizará con el fin de que los sistemas de iluminación del edificio cumplan con los requisitos exigidos por la normatividad vigente. Para desarrollar esta propuesta de rediseño y en

base a los objetivos propuestos de este proyecto se diseñó un software de iluminación capaz de calcular los parámetros necesarios para obtener buenos niveles de iluminación.

5.3.1 Diseño del software

Cumpliendo con los objetivos propuestos en este proyecto y siguiendo las especificaciones necesarias, se diseñó en MATLAB un software llamado LUMI, este software se desarrolló bajo las normas y parámetros exigidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público y proporciona los datos necesarios para obtener un adecuado nivel de iluminación, su código (.m) se encuentra en el Anexo 2 de este proyecto.

Figura 57: Interfaz Software LUMI

The screenshot shows the LUMI software interface with a green background. The window title is 'LUMI' and the menu bar includes 'Archivo', 'Ver Catalogos', 'Ver Tablas', and 'Ayuda'. The interface is divided into several sections:

- Geometria del Local:** Longitud = , Ancho = , Altura = , Plano Util =
- Montaje de la Luminaria:** Altura de la Lampara = , Longitud de la suspensión = , Altura del punto de Luz = , Altura del Montaje = ,
- Parámetros del Local:** Factor de Degradación =
 - Local muy limpio, poco tiempo de utilización anual (0.80)
 - Local limpio, mantenimiento periodico (0.67)
 - Instalacion exterior, mantenimiento periodico (0.57)
 - Instalacion interior o exterior, alta contaminación (0.50)
- Nº de Luminarias Requeridas:** Iluminancia promedio requerida = , Coeficiente de Utilización (CU) = , Flujo Luminoso de 1 Bombilla = , Nº de Bombillas por Luminaria = , Nº de Luminarias Requeridas = ,
- Indices de las Cavidades:** Altura de la cavidad del techo = , Altura de la cavidad del local = , Altura de la cavidad del piso = , Índice de la cavidad de Techo = , Índice de la cavidad de Local = , Índice de la cavidad de Piso = ,

Fuente: Los autores

A continuación se realizará un ejemplo que se describirá paso a paso con el fin de mostrar y aclarar el funcionamiento del software LUMI.

- Inicialmente se ingresan los datos de la geometría del local y del plano útil, todos estos en metros.

Figura 58: Primer paso



Geometria del Local

Longitud = 8

Ancho = 4

Altura = 2.9

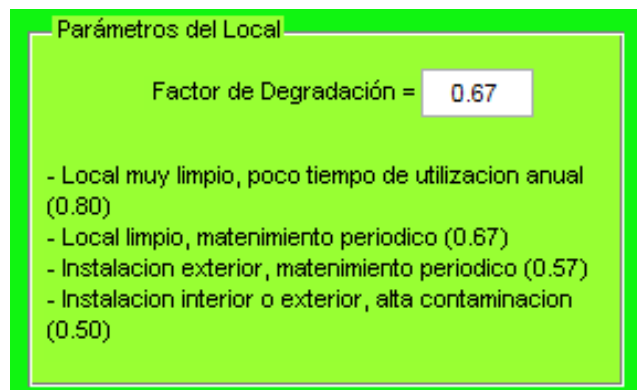
Plano Util = 0.85

Fuente: Los autores

Nota: la longitud, el ancho, la altura y el plano útil están dados en metros.

- Luego de digitar estos datos, se debe ingresar el factor de degradación el cual depende del grado de limpieza y utilización del local o instalación ya sea de tipo interior o exterior, el software brinda una ayuda mostrando los factores de degradación más comunes.

Figura 59: Segundo paso



Parámetros del Local

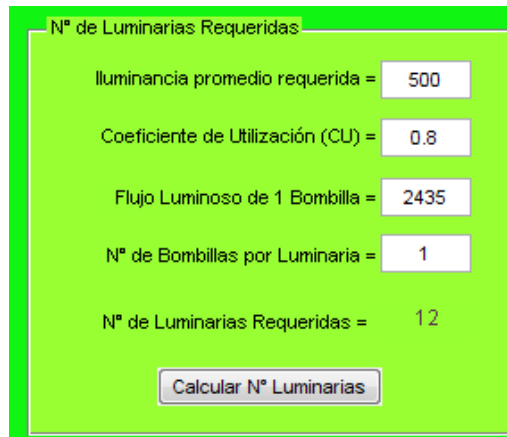
Factor de Degradación = 0.67

- Local muy limpio, poco tiempo de utilización anual (0.80)
- Local limpio, mantenimiento periodico (0.67)
- Instalacion exterior, mantenimiento periodico (0.57)
- Instalacion interior o exterior, alta contaminacion (0.50)

Fuente: Los autores

- Después de esto, se ingresan los datos necesarios para calcular el número de luminarias requeridas y obtener un adecuado nivel de iluminación y se da click en calcular N° luminarias.

Figura 60: Tercer paso



Iluminancia promedio requerida =	500
Coeficiente de Utilización (CU) =	0.8
Flujo Luminoso de 1 Bombilla =	2435
N° de Bombillas por Luminaria =	1
N° de Luminarias Requeridas =	12

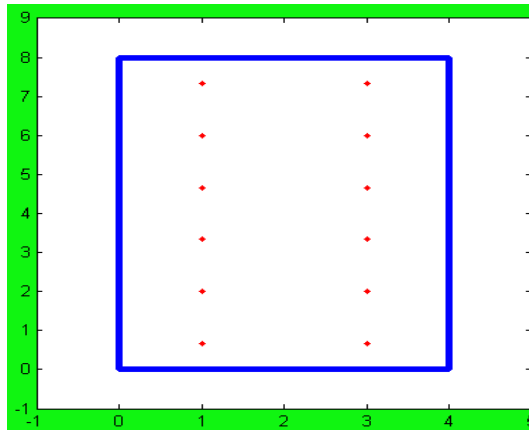
Calcular N° Luminarias

Fuente: Los autores

Nota: la iluminancia promedio requerida está dada en luxes [lx], el coeficiente de utilización esta dado en porciento [%] y el flujo luminoso de una bombilla esta dado en lúmenes [lm].

Al dar click en “Calcular N° luminarias”, LUMI muestra un resultado numérico de la cantidad de luminarias necesarias para obtener un buen nivel de iluminación y muestra además una visualización grafica con las medidas del local de cómo deberían ubicarse esa cantidad de luminarias, tal como muestra la figura 62.

Figura 61: Ubicación de luminarias



Fuente: Los autores

- Este software permite también calcular la altura del punto de luz y la altura total del montaje con la lámpara seleccionada, ingresando las medidas en metros de la altura de lámpara y la longitud de la suspensión, como lo muestra la figura 63.

Figura 62: Cálculos de alturas

Una interfaz de usuario con un fondo verde que muestra los cálculos de alturas. El título de la ventana es "Montaje de la Luminaria". Hay cuatro campos de entrada con sus respectivos valores:

Altura de la Lámpara =	0.32
Longitud de la suspensión =	0.40
Altura del punto de Luz =	1.33
Altura del Montaje =	2.5

Debajo de los campos hay un botón que dice "Calcular".

Fuente: Los autores

Nota: la altura de la lámpara, la longitud de suspensión, la altura del punto de luz y la altura del montaje; están dadas en metros [m].

- Por último, este software calcula los índices de cavidades en función de las dimensiones del local y la altura del montaje de las luminarias.

Figura 63: Cálculo de índices de las cavidades

The screenshot shows a software window titled "Indices de las Cavidades" with a light blue background. It contains several input fields and a button. The input fields are labeled with their respective variables and values:

Altura de la cavidad del techo =	0.4
Altura de la cavidad del local =	1.9
Altura de la cavidad del piso =	.85
Índice de la cavidad de Techo =	0.75
Índice de la cavidad de Local =	3.5625
Índice de la cavidad de Piso =	1.59375

At the bottom of the window is a button labeled "Calcular Indices de las Cavidades".

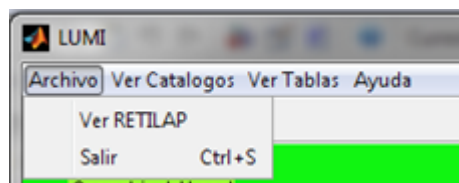
Fuente: Los autores

Nota: la altura de la cavidad del techo, del local y la del piso están dadas en metros [m].

Además LUMI cuenta con:

- Un menú de archivo en el que se puede encontrar el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público en caso de que se necesite consultar algo en este.

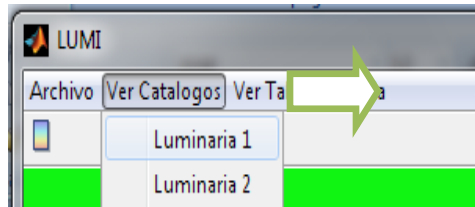
Figura 64: Menú archivo LUMI



Fuente: Los Autores

- Un menú de ver catálogos, donde se pueden encontrar los catálogos de las lámparas más comunes y usadas y obtener así los datos necesarios de cada una de ellas para poder realizar el cálculo en el software.

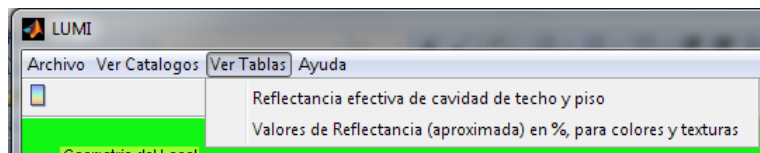
Figura 65: Menú ver catálogos



Fuente: Los autores

- Un menú ver tablas donde se encontraran unas tablas de soporte en cuanto a niveles de reflectancia, valores que se necesitan para la realización de los cálculos.

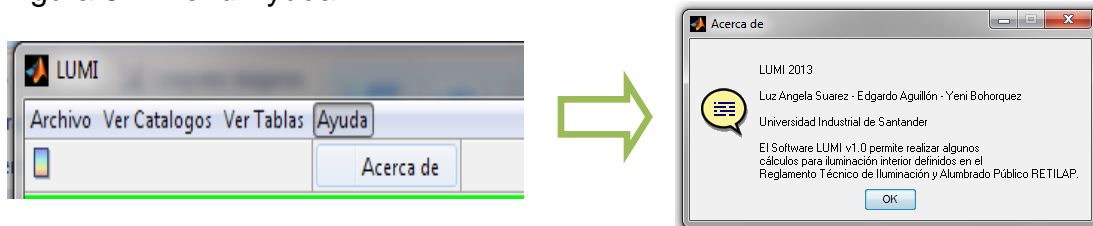
Figura 66: Menú ver tablas



Fuente: Los autores

- Un menú ayuda, donde se encuentra una breve descripción del software, la versión y los nombres de los autores.

Figura 67: Menú Ayuda



Fuente: Los autores

5.3.2 Estudio del rediseño de los niveles de iluminación

Después de haber realizado el respectivo estudio de iluminación y de identificar los espacios de trabajo que no cumplen con los niveles exigidos, el paso a seguir es realizar un rediseño basado en la normatividad vigente. Este rediseño se realizara apoyados en el software LUMI creado para este proyecto y en el Dialux light 4.9.

Para empezar a realizar el rediseño, se definieron de acuerdo a las necesidades, cuidados necesarios y espacios de trabajo las lámparas que se tendrán en cuenta y con las que se realizaran los cálculos del rediseño para los niveles de iluminación.

Tabla 95. Lámparas a utilizar en el rediseño

LUMINARIA	Lúmenes [Lm]	Watt [W]	Longitud [m]	Ancho [m]
Hydroproof PMMA 2x59T8LLBNC (Sylvania) (Flourescente)	10400	118	2.4	0.16
Sylref-E 2x32 (Sylvania) (Flourescente)	3300	64	1.22	0.052
Alioth 400w (Sylvania) (Mercurio Halogenado)	52500	400	-	0.57
Tempo 250W (Philips) (Mercurio Halogenado)	20500	250	0.49	0.44

Fuente: Los autores

A continuación se desarrollará el cálculo tipo para los dos software presentes en la realización del rediseño de los niveles de iluminación. En este caso se trabajará en el laboratorio de procesos ubicado en el sótano, espacio de trabajo que no se encuentra cumpliendo con los requisitos mínimos exigidos y por tanto necesita de un rediseño, las especificaciones de este espacio de trabajo son:

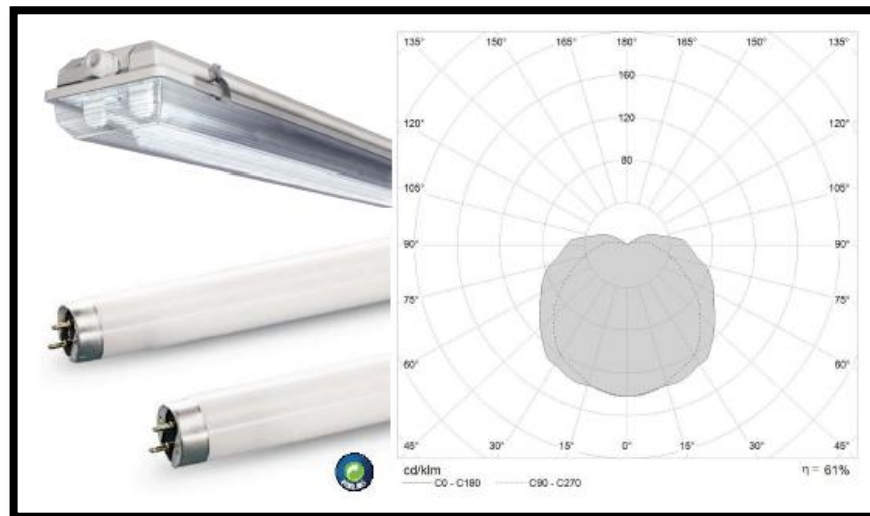
Tabla 96. Especificaciones laboratorio de procesos

DIMENSIONES DEL LOCAL [m]	
LARGO	17.5
ANCHO	7.5
ALTO	2.9

Fuente: Los autores

Según área, espacio de trabajo, funcionalidad y condiciones, se decide que la lámpara con la que se trabajara en el rediseño será la Hydroproof PMMA 259T8LLBNC (Sylvania) tubo Fluorescente.

Figura 68: Lámpara a usar en ejemplo del rediseño



Fuente: Los autores

Teniendo la geometría del local y la lámpara a usar, se procede a realizar los cálculos para el rediseño.

5.3.2.1 Cálculo tipo con LUMI

Para obtener los resultados se ingresa:

Figura 69. Ejemplo LUMI

1.

Geometria del Local

Longitud = 17.5

Ancho = 7.5

Altura = 2.9

Plano Util = 0.9

2.

Parámetros del Local

Factor de Degradación = 0.50

- Local muy limpio, poco tiempo de utilizacion anual (0.80)
- Local limpio, mantenimiento periodico (0.67)
- Instalacion exterior, mantenimiento periodico (0.57)
- Instalacion interior o exterior, alta contaminacion (0.50)

3.

N° de Luminarias Requeridas

Luminancia promedio requerida = 500

Coefficiente de Utilización (CU) = 0.6

Flujo Luminoso de 1 Bombilla = 10400

N° de Bombillas por Luminaria = 2

N° de Luminarias Requeridas = 14

Calcular N° Luminarias

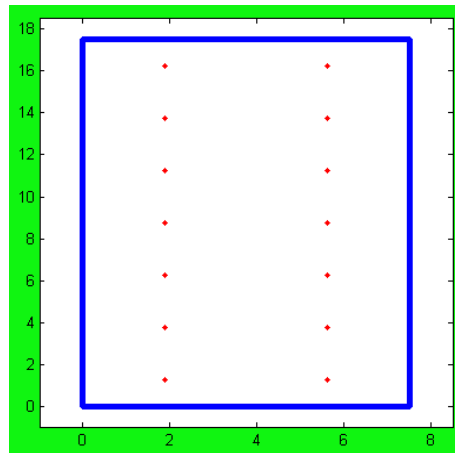
Luxes exigidos en Retilap según espacio de trabajo

Datos tomados de las especificaciones del catálogo de la lámpara escogida

Fuente: Los autores

Le damos click en “Calcular N° luminarias” y se tiene:

Figura 70. Resultados LUMI



Fuente: Los autores

Según los datos ingresados, LUMI calcula que según parámetros y especificaciones, se requieren 14 luminarias en el espacio de trabajo para garantizar el nivel medio de iluminancia (500 lx) exigido por la norma, luego de calcularlas las ubica en un plano con las dimensiones del local.

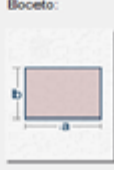
5.3.2.2 Cálculo tipo con Dialux light 4.9


Para realizar los cálculos correspondientes, los datos se ingresan de la siguiente manera:

Figura 71. Parámetros ejemplo Dialux

1. **Geometría del local**

Longitud (a): 17.500 m
Anchura (b): 7.500 m
Altura: 2.900 m
 Utilizar local en L
c: 2.700 m
d: 1.800 m

Boceto: 


Prueba: 

2. **Parámetros del local**

Valores de referencia:
Instalación interior o exterior
Factor de degradación: 0.50

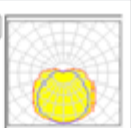
Plano útil
Altura: 0.900 m
Zona marginal: 0.000 m


3. **Selección de luminarias**

Luminaria: HAVELLSSYLVANIA 0045455 Hydroproof P1 

Seleccione aquí el equipamiento: HAVELLSSYLVANIA

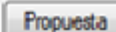
Emisión de luz 1

Lámparas: 50W T8 

Modifique aquí el flujo luminoso predeterminado para la luminaria:
Flujo luminoso de la lámpara: 10400 lm 

4. **Luminaria: HAVELLSSYLVANIA 0045455 Hydroproof F**

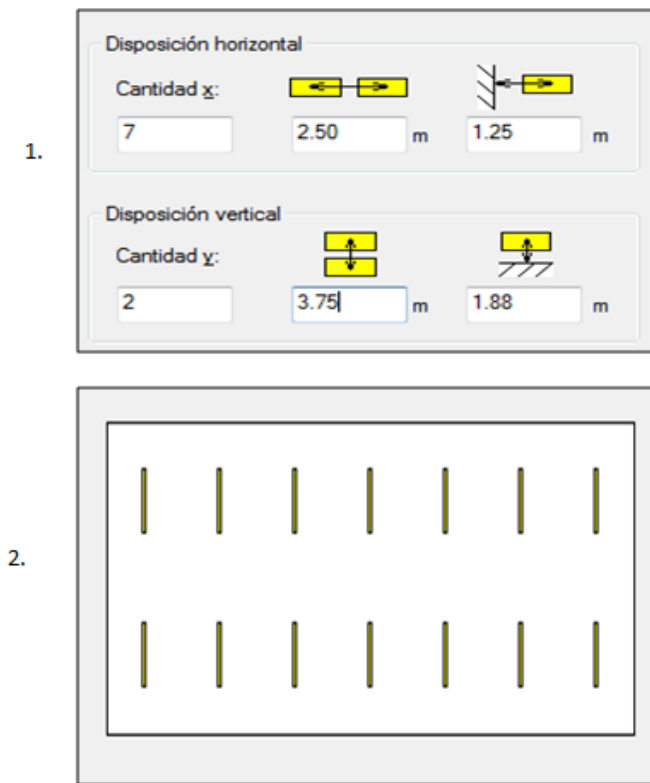
Dimensiones (L x B x H): 1.581 x 0.161 x 0.093 m

Parámetros de cálculo
Em planeado: 500 lx 

Fuente: Los autores

Luego de ingresar todos los datos que se necesitan, Dialux Light 4.9 muestra la cantidad de luminarias y la ubicación en la que deben ir para garantizar los niveles de iluminancia promedio exigidos por la norma, así:

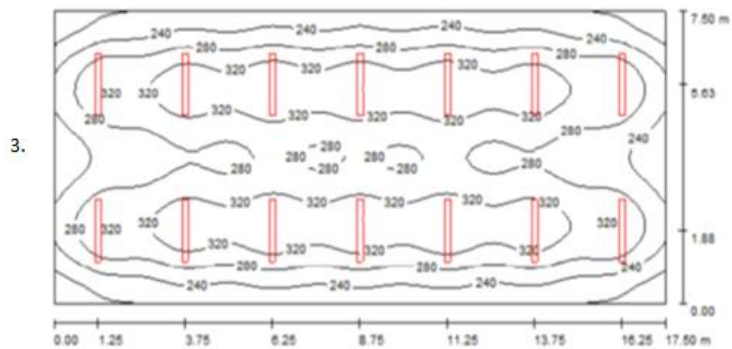
Figura 72. Resultados ejemplo Dialux



Fuente: Los autores

Seguido de estos resultados, Dialux light ofrece un diagrama de líneas isolux para analizar la cantidad de luxes que se reciben dentro del área.

Figura 73. Diagrama Final Dialux



Fuente: Los autores

Con este diagrama final se puede observar claramente como es la circulación del flujo luminoso dentro del espacio de trabajo en estudio.

5.3.2.3 Resultados y comparación del estudio de rediseño

De acuerdo al desarrollo del estudio y a los cálculos que se realizaron mediante los dos software de iluminación, se puede observar que los resultados son aproximadamente iguales y que los dos se basan en cumplir con el nivel de iluminancia promedio requerida por la normatividad vigente y definida por el usuario de acuerdo a las diferentes áreas y actividades.

Para este caso, el nivel de iluminancia promedio requerida es 500 lx y los cálculos que se realizaron, ofrecen como resultado que para esta área y con este tipo de lámpara los niveles de iluminación son:

Tabla 97. Niveles totales de iluminancia

Eprom[lx]	Emin[lx]	Emáx[lx]	Emin/Eprom [lx]	Emin/Emáx [lx]
658	397	748	0.60	0.53

Fuente: Los autores

Es así como se observa que con un buen rediseño del sistema de iluminación, se pueden alcanzar los niveles adecuados de iluminación que exige la normatividad vigente y que tendrá como objetivo proteger la comunidad universitaria que realiza sus actividades dentro del edificio.

De esta manera se procede a realizar un rediseño en todos los espacios de trabajo donde se encontraron deficiencias de iluminación, pues el objetivo es

alcanzar en todas las áreas niveles de iluminación adecuados y exigidos por la norma.

Los datos obtenidos en los rediseños de iluminación de todas las áreas se encuentran resumidos en las tablas a continuación.

Tabla 98. Resumen cálculo de rediseño iluminación sótano

Área	Emin [lx]	Eprom Norma [lx]	Eprom Medida [lx]	Coefficiente de Uniformidad Emin/Eprom	Factor de cumplimiento Eprom_m/Eprom_n	OBSERVACIÓN
Escaleras	179	150	273	0.67	182	1 luminaria más de 2x32 W (Fluorescente)
Laboratorio de procesos	397	500	658	0.6	131.6	Rediseño total, 14 luminarias de 2X59 W (Fluorescente)
Pasillo	137	150	214	0.64	142.7	2 lámparas más 2x32 W (Fluorescente)
Patio de fundición	355	500	569	0.5	107.2	10 luminarias aliath 400 W (Mercurio Halogenado)
Almacén	211	300	348	0.6	116	4 luminarias más de 2x32 W (Fluorescente) y reubicación
Taller	170	300	282	0.59	94	4 luminarias más de 2x32 W (Fluorescente)

Fuente: Los autores

Tabla 99. Resumen cálculo de rediseño iluminación primer piso

Área	Emin [lx]	Eprom Norma [lx]	Eprom Medida [lx]	Coefficiente de Uniformidad Emin/Eprom	Factor de cumplimiento Eprom_m/Eprom_n	OBSERVACIÓN
Laboratorio de procesos II	538	500	717	0.75	143.4	Rediseño total, 12 lámparas hydropro of 2x59 [W] (Fluorescente)
Escaleras	197	150	273	0.72	182	1 luminaria más de 2x32 W (Fluorescente)
Pasillo	92	150	138	0.67	92	3 lámparas 2x32 W (Fluorescente)

Fuente: Los autores

Tabla 100. Resumen cálculo de rediseño iluminación segundo piso

Área	Emin [lx]	Eprom Norma [lx]	Eprom Medida [lx]	Coefficiente de Uniformidad Emin/Eprom	Factor de cumplimiento Eprom_m/Eprom_n	OBSERVACION
Laboratorio de hidro	366	500	540	0.732	108	Rediseño total, 6 lámparas hydropro of 2x59 W (Fluorescente)
Laboratorio de pirometalurgia	371	500	547	0.678	109	Rediseño total, 6 lámparas hydropro of 2x59 W (Fluorescente)
Salón de clase	453	500	554	0.8177	110.800	4 lámparas más 2x32 W (Fluorescente)
Pasillo	126	150	142	0.8873	94.667	3 lámparas de 2x32 W (Fluorescente)
Escaleras	270	150	536	0.5037	357.333	1 luminaria más de 2x32 W (Fluorescente)

Fuente: Los autores

Las tablas de resumen de cálculo describen claramente los cambios que se deben hacer en cada espacio de trabajo, basados en el valor del nivel de iluminancia que se debe cumplir según la normatividad. Estas tablas además contienen el valor del coeficiente de uniformidad, el cual debe ser superior a 0.5 en cada área para cumplir con el objetivo del rediseño que es obtener adecuados niveles de iluminación y proporciona la información de la luminaria que se escogió para el rediseño.

Todos los detalles de la propuesta de rediseño en cuanto a la ubicación y la cantidad de luminarias necesarias en cada espacio de trabajo se pueden observar en los planos 6 de 10, 7 de 10 y 8 de 10 “Rediseño Instalaciones eléctricas planta de aceros” adjuntos a este libro.

6. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Luego de haber realizado el estudio, encontrado las falencias presentes en toda la instalación eléctrica del edificio y presentar la debida propuesta de rediseño con el objetivo de cumplir con la normatividad actual, a continuación se presentan los análisis detallados de las cantidades de obra y precios unitarios con el fin de estimar cual sería el actual costo total de la obra eléctrica.

Tabla 101.Cantidades de obra tablero general TG

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO GENERAL				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Gabinete metálico 3 modulos	UND	1	\$ 2,235,000	\$ 2,235,000
Totalizador tripolar compacto 160-400 A	UND	2	\$ 748,500	\$ 1,497,000
Totalizador tripolar compacto 64-80 A	UND	3	\$ 210,000	\$ 630,000
Totalizador tripolar compacto 30 A	UND	1	\$ 126,000	\$ 126,000
Totalizador tripolar compacto 160-200A	UND	1	\$ 476,100	\$ 476,100
Totalizador tripolar compacto 40 A	UND	1	\$ 126,000	\$ 126,000
Totalizador tripolar compacto 80-100 A	UND	1	\$ 210,000	\$ 210,000
Totalizador tripolar compacto 80 A	UND	1	\$ 126,000	\$ 126,000
DPS 100kA	UND	1	\$ 5,250,000	\$ 5,250,000
Accesorios	GLB	20	\$ 110	\$ 2,200
SUBTOTAL				\$ 10,678,300
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla Eléctrica	DIA	1	\$ 180,000	\$ 180,000
SUBTOTAL				\$ 180,000
AIU 20%				\$ 2,171,660
TOTAL				\$ 13,029,960

Fuente: Los autores

Tabla 102.Cantidades de obra tablero A

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TA				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Totalizador compacto tripolar 64-80 A	UND	1	\$ 210,000	\$ 210,000
Gabinete para totalizador	UND	1	\$ 68,000	\$ 68,000
DPS 80 kA precableado	UND	1	\$ 2,490,000	\$ 2,490,000
Interruptor automático 2x20 A	UND	4	\$ 26,000	\$ 104,000
Interruptor automático 3x30 A	UND	2	\$ 51,000	\$ 102,000
Interruptor automático 1x30 A	UND	1	\$ 13,000	\$ 13,000
Interruptor automático 1x20 A	UND	4	\$ 13,000	\$ 52,000
Interruptor automático 2x30 A	UND	1	\$ 26,000	\$ 26,000
Toma monofásica con polo a tierra	UND	3	\$ 3,800	\$ 11,400
Toma bifásica trifilar	UND	1	\$ 4,550	\$ 4,550
Toma trifásica	UND	1	\$ 8,900	\$ 8,900
Toma GFCI	UND	2	\$ 19,000	\$ 38,000
Interruptor conmutable sencillo	UND	6	\$ 4,950	\$ 29,700
Interruptor sencillo	UND	1	\$ 3,940	\$ 3,940
Interruptor doble	UND	3	\$ 7,350	\$ 22,050
Interruptor triple	UND	2	\$ 8,970	\$ 17,940
Lámpara mercurio halogenado 400w	UND	10	\$ 310,000	\$ 3,100,000
Lámpara T8 2x32w	UND	5	\$ 39,000	\$ 195,000
Lámpara T8 2x59w	UND	20	\$ 49,550	\$ 991,000

Tabla 102. (Continuación)

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Conductor AWG #2 Cu-THW	ml	102	\$ 7,528	\$ 767,856
Conductor AWG #4 Cu-THW	ml	34	\$ 4,894	\$ 166,396
Conductor AWG #8 Cu-THW	ml	34	\$ 2,040	\$ 69,360
Conductor AWG #10 Cu-THW	ml	230	\$ 1,410	\$ 324,300
Conductor AWG #10 Cu desnudo	ml	70	\$ 700	\$ 49,000
Conductor AWG #12 Cu desnudo	ml	72	\$ 666	\$ 47,952
Conductor AWG #12 Cu-THW	ml	329	\$ 975	\$ 320,775
Tubo conduit rigido pvc 1/2"x 3mts	UND	49	\$ 1,600	\$ 78,400
Tuberia metálica 3/4" x 3mts	UND	4	\$ 25,500	\$ 102,000
Tuberia metálica 1 1/4" x 3mts	UND	2	\$ 37,500	\$ 75,000
Tubo conduit rigido pvc 1 " x 3mts	UND	5	\$ 3,200	\$ 16,000
Tubo conduit rigido pvc 3/4" x 3mts	UND	3	\$ 2,250	\$ 6,750
Accesorios	GLB	2500	\$ 110	\$ 275,000
SUBTOTAL				\$ 9,786,269
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla Eléctrica	Día	2.5	\$ 180,000	\$ 450,000
SUBTOTAL				\$ 450,000
AIU 20%				\$ 2,047,254
TOTAL				\$ 12,283,523

Fuente: Los autores

Tabla 103. Cantidades de obra tablero B

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TB				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tablero Trifásico 12 puestos con totalizador	UND	1	\$ 172,900	\$ 172,900
Totalizador tripolar compacto de 30 A	UND	1	\$ 126,000	\$ 126,000
DPS 80 kA precableado	UND	1	\$ 2,490,000	\$ 2,490,000
Interruptor automático tripolar 3x20	UND	1	\$ 51,000	\$ 51,000
Interruptor automático bipolar 2x20	UND	1	\$ 26,000	\$ 26,000
Interruptor automático 1x15	UND	2	\$ 13,000	\$ 26,000
Lámpara T8 2x32w	UND	5	\$ 39,000	\$ 195,000
Tomacorriente monofásica con polo a tierra	UND	5	\$ 3,800	\$ 19,000
Interruptor sencillo	UND	1	\$ 3,940	\$ 3,940
Conductor AWG #12 Cu-THW	ml	22	\$ 975	\$ 21,450
Conductor AWG #6 Cu-THW	ml	40	\$ 3,146	\$ 125,840
Conductor AWG #8 Cu desnudo	ml	10	\$ 750	\$ 7,500
Conductor AWG #12 Cu desnudo	ml	15.5	\$ 666	\$ 10,323
Tubo conduit rigido pvc 1/2" x 3mts	UND	10	\$ 1,600	\$ 16,000
Tuberia metálica 3/4"x 3mts	UND	14	\$ 25,500	\$ 357,000
Accesorios	GLB	190	\$ 110	\$ 20,900
Materiales para obra civil	GLB	800	\$ 500	\$ 400,000
SUBTOTAL				\$ 4,068,853
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla electrica	día	0.5	\$ 180,000	\$ 90,000
Excavación	Hora	4	\$ 35,000	\$ 140,000
SUBTOTAL				\$ 230,000
AIU 20%				\$ 859,770
TOTAL				\$ 5,158,623

Fuente: Los autores.

Tabla 104. Cantidades de obra tablero C

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TC				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tablero bifásico 4 puestos con totalizador	UND	1	\$ 80,000	\$ 80,000
Totalizador compacto bipolar 2x20 A	UND	1	\$ 26,000	\$ 26,000
Interruptor automático 1x15 A	UND	4	\$ 13,000	\$ 52,000
Conductor AWG #12Cu- THW	ml	12	\$ 975	\$ 11,700
Conductor AWG #12 Cu desnudo	ml	6	\$ 666	\$ 3,996
Conductor AWG #10 Cu-THW	ml	24	\$ 1,410	\$ 33,840
Conductor AWG #10 Cu desnudo	ml	8	\$ 700	\$ 5,600
Tubo conduit rigido pvc 1/2"x 3mts	UND	2	\$ 1,600	\$ 3,200
Accesorios	GLB	1000	\$ 110	\$ 110,000
SUBTOTAL				\$ 326,336
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla eléctrica	día	0.25	\$ 180,000	\$ 45,000
SUBTOTAL				\$ 45,000
AIU 20%				\$ 74,267
TOTAL				\$ 445,603

Fuente: Los autores

Tabla 105. Cantidades de obra tablero D

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TD				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tablero trifásico 42 puestos con totalizador	UND	1	\$ 347,600	\$ 347,600
Totalizador tripolar compacto 160-200 A	UND	1	\$ 476,100	\$ 476,100
DPS 80 kA precableado	UND	1	\$ 2,490,000	\$ 2,490,000
Interruptor automático 1x20	UND	4	\$ 13,000	\$ 52,000
Interruptor automático 3x30	UND	3	\$ 51,000	\$ 153,000
Interruptor automático 3x20	UND	5	\$ 51,000	\$ 255,000
Interruptor automático 2x20	UND	3	\$ 26,000	\$ 78,000
Conductor AWG # 2/0 Cu-THW	ml	45	\$ 16,590	\$ 746,550
Conductor AWG #1/0 Cu-THW	ml	15	\$ 13,420	\$ 201,300
Conductor AWG #4 Cu desnudo	ml	15	\$ 5,740	\$ 86,100
Conductor AWG #8 Cu-THW	ml	150	\$ 2,040	\$ 306,000
Conductor AWG #12 Cu-THW	ml	35	\$ 975	\$ 34,125
Conductor AWG #12 Cu desnudo	ml	160	\$ 666	\$ 106,560
Conductor AWG #10 Cu-THW	ml	90	\$ 1,410	\$ 126,900
Bandeja portacables	UND	1	\$ 450,000	\$ 450,000
Tubo conduit rigido pvc 1/2"x 3mts	UND	5	\$ 1,600	\$ 8,000
Accesorios	GLB	160	\$ 110	\$ 17,600
SUBTOTAL				\$ 5,934,835
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla eléctrica	día	1	\$ 180,000	\$ 180,000
SUBTOTAL				\$ 180,000
AIU 20%				\$ 1,222,967
TOTAL				\$ 7,337,802

Fuente: Los autores

Tabla 106. Cantidades de obra tablero E

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TE				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tablero trifásico 18 puestos, con totalizador	UND	1	\$ 198,400	\$ 198,400
Totalizador tripolar compacto 64-80 A	UND	1	\$ 210,000	\$ 210,000
DPS 80 kA precableado	UND	1	\$ 2,490,000	\$ 2,490,000
Interruptor automático 3x30	UND	2	\$ 51,000	\$ 102,000
Interruptor automático 2x80	UND	1	\$ 26,000	\$ 26,000
Interruptor automático 1x20	UND	1	\$ 13,000	\$ 13,000
Interruptor automático 2x30	UND	1	\$ 26,000	\$ 26,000
Tomacorriente monofásica con polo a tierra	UND	3	\$ 3,800	\$ 11,400
Tomacorriente bifásica trifilar	UND	1	\$ 4,550	\$ 4,550
Tomacorriente bifásica bifilar	UND	1	\$ 3,950	\$ 3,950
Tomacorriente trifásica	UND	1	\$ 8,900	\$ 8,900
Conductor AWG #4 Cu-THW	ml	54	\$ 4,894	\$ 264,276
Conductor AWG #6 Cu-THW	ml	18	\$ 3,146	\$ 56,628
Conductor AWG #8 Cu desnudo	ml	18	\$ 750	\$ 13,500
Conductor AWG #10 Cu-THW	ml	15	\$ 1,410	\$ 21,150
Conductor AWG #12 Cu-THW	ml	32	\$ 975	\$ 31,200
Conductor AWG #12 Cu desnudo	ml	16	\$ 666	\$ 10,656
Tubo conduit rigido pvc 1/2"x 3mts	UND	5	\$ 1,600	\$ 8,000
Tubo conduit rigido pvc 3/4"x 3mts	UND	2	\$ 2,250	\$ 4,500
Tubo conduit rigido pvc 2"x 3mts	UND	3	\$ 7,380	\$ 22,140
Tubo metálico galvanizado 2"x 3mts	UND	6	\$ 59,800	\$ 358,800

Tabla 106. (Continuación)

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Accesorios	GLB	170	\$ 110	\$ 18,700
Materiales Obra civil	GLB	700	\$ 500	\$ 350,000
SUBTOTAL				\$ 3,903,750
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla Eléctrica	día	1	\$ 180,000	\$ 180,000
Excavación	Hora	4	\$ 35,000	\$ 140,000
SUBTOTAL				\$ 320,000
AIU 20%				\$ 844,750
TOTAL				\$ 5,068,500

Fuente: Los autores.

Tabla 107. Cantidades de obra Tablero F

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TF				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tablero trifásico 18 puestos con totalizador	UND	1	\$ 198,400	\$ 198,400
Totalizador tripolar compacto de 40 A	UND	1	\$ 126,000	\$ 126,000
DPS 80 kA precableado	UND	1	\$ 2,490,000	\$ 2,490,000
Interruptores automaticos 3x20	UND	1	\$ 51,000	\$ 51,000
Interruptores automaticos 2x20	UND	1	\$ 26,000	\$ 26,000
Interruptores automaticos 1x30	UND	1	\$ 13,000	\$ 13,000
Interruptores automaticos 2x15	UND	1	\$ 26,000	\$ 26,000
Interruptores automaticos 1x20	UND	1	\$ 13,000	\$ 13,000
Lámpara T8 2X32 w	UND	8	\$ 39,000	\$ 312,000
Tomacorriente monofásico con polo a tierra	UND	9	\$ 3,800	\$ 34,200
Tomacorriente bifásico bifilares	UND	2	\$ 3,950	\$ 7,900
Interruptor triple	UND	2	\$ 8,970	\$ 17,940
Interruptor sencillo	UND	1	\$ 3,940	\$ 3,940
Conductor AWG #12 Cu-THW	ml	150	\$ 975	\$ 146,250
Conductor AWG #10 Cu-THW	ml	115	\$ 1,410	\$ 162,150
Conductor AWG #10 Cu desnudo	ml	51	\$ 700	\$ 35,700
Tubo conduit rigido pvc 1/2"x 3mts	UND	17	\$ 1,600	\$ 27,200
Accesorios	GLB	190	\$ 110	\$ 20,900
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Materiales obra civil	GLB	500	\$ 500	\$ 250,000
SUBTOTAL				\$ 3,711,580

MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla eléctrica	día	1	\$ 180,000	\$ 180,000
Excavación	Hora	1	\$ 35,000	\$ 35,000
SUBTOTAL				\$ 215,000
AIU 20%				\$ 785,316
TOTAL				\$ 4,711,896

Fuente: Los autores

Tabla 108. Cantidades de obra Tablero G

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TG				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Conductor AWG #12 Cu desnudo	ml	50	\$ 666	\$ 33,300
Conductor AWG #12 Cu-THW	ml	92	\$ 975	\$ 89,700
Lámpara mercurio halógeno Exterior 250W	UND	3	\$ 345,000	\$ 1,035,000
Tubo conduit rigido pvc 1/2"x 3mts	UND	20	\$ 18,300	\$ 366,000
Lámpara T8 2X32 w	UND	2	\$ 39,000	\$ 78,000
Accesorios	GLB	700	\$ 110	\$ 77,000
Material obra civil	GLB	1000	\$ 500	\$ 500,000
SUBTOTAL				\$ 2,179,000
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla eléctrica	día	0.7	\$ 180,000	\$ 126,000
Excavación	Hora	4	\$ 35,000	\$ 140,000
SUBTOTAL				\$ 266,000
AIU 20%				\$ 489,000
TOTAL				\$ 2,934,000

Fuente: Los autores

Tabla 109. Cantidades de obra tablero H

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TH				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tablero trifásico 24 puestos con totalizador	UND	1	\$ 240,750	\$ 240,750
Totalizador tripolar compacto 80-100 A	UND	1	\$ 210,000	\$ 210,000
DPS 80 kA precableado	UND	1	\$ 2,490,000	\$ 2,490,000
Interruptor automático 3x30	UND	5	\$ 51,000	\$ 255,000
Interruptor automático 1x20	UND	3	\$ 13,000	\$ 39,000
Toma monofásica con polo a tierra	UND	8	\$ 3,800	\$ 30,400
Tomacorriente trifásica	UND	3	\$ 8,900	\$ 26,700
Cajas de conexión	UND	3	\$ 1,600	\$ 4,800
Conductor AWG #10 Cu-THW	ml	205	\$ 1,410	\$ 289,050
Conductor AWG #10 Cu desnudo	ml	90	\$ 700	\$ 63,000
Conductor AWG #2 Cu-THW	ml	72	\$ 7,528	\$ 542,016
Conductor AWG #4 Cu-THW	ml	24	\$ 4,894	\$ 117,456
Conductor AWG #8 Cu desnudo	ml	24	\$ 750	\$ 18,000
Conductor AWG #12 Cu-THW	ml	60	\$ 975	\$ 58,500
Conductor AWG #12 Cu desnudo	ml	30	\$ 666	\$ 19,980
Tubo conduit rigido pvc 1/2"x 3mts	UND	11	\$ 1,600	\$ 17,600
Tubo conduit rigido pvc 2"x 3mts	UND	8	\$ 7,380	\$ 59,040
Tubo conduit rigido pvc 1"x 3mts	UND	11	\$ 3,200	\$ 35,200
Tubo conduit rigido pvc 3/4"x 3mts	UND	6	\$ 2,250	\$ 13,500
Accesorios	GLB	500	\$ 110	\$ 55,000

Tabla 109. (Continuación)

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Material obra civil	GLB	500	\$ 500	\$ 250,000
SUBTOTAL				\$ 4,834,992
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla eléctrica	día	0.6	\$ 180,000	\$ 108,000
Excavación	Hora	8	\$ 35,000	\$ 280,000
SUBTOTAL				\$ 388,000
AIU 20%				\$ 1,042,998
TOTAL				\$ 6,257,990

Fuente: Los autores

Tabla 110. Cantidades de obra tablero I

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TI				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Conductor AWG #4 Cu-THW	ml	150	\$ 4,894	\$ 734,100
Accesorios	GLB	200	\$ 110	\$ 22,000
SUBTOTAL				\$ 756,100
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla eléctrica	día	0.4	\$ 180,000	\$ 72,000
SUBTOTAL				\$ 72,000
AIU 20%				\$ 165,620
TOTAL				\$ 993,720

Fuente: Los autores

Tabla 111. Cantidades de obra tablero J

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TJ				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tablero trifásico de 24 puestos con totalizador	UND	1	\$ 240,750	\$ 240,750
Totalizador tripolar compacto 64-80 A	UND	1	\$ 210,000	\$ 210,000
DPS 80 kA precableado	UND	1	\$ 2,490,000	\$ 2,490,000
Interruptor automático 2x20	UND	3	\$ 26,000	\$ 78,000
Interruptor automático 1x20	UND	5	\$ 13,000	\$ 65,000
Interruptor automático 2x30	UND	1	\$ 26,000	\$ 26,000
Interruptor automático 3x30	UND	1	\$ 51,000	\$ 51,000
Lámpara T8 2x59w	UND	12	\$ 49,550	\$ 594,600
Tomacorriente monofásico con polo a tierra	UND	2	\$ 3,800	\$ 7,600
Interruptor sencillo	UND	2	\$ 3,940	\$ 7,880
Lámpara T8 2x32 w	UND	3	\$ 39,000	\$ 117,000
Interruptor doble	UND	1	\$ 7,350	\$ 7,350
Interruptor triple	UND	1	\$ 8,970	\$ 8,970
Bandeja portacable	UND	1	\$ 410,000	\$ 410,000
Conductor AWG #12Cu-THW	ml	240	\$ 975	\$ 234,000
Conductor AWG #12Cu desnudo	ml	150	\$ 666	\$ 99,900
Conductor AWG #4 Cu-THW	ml	120	\$ 4,894	\$ 587,280
Conductor AWG #10 Cu-THW	ml	30	\$ 1,410	\$ 42,300
Conductor AWG #10 Cu desnudo	ml	15	\$ 700	\$ 10,500
Conductor AWG #8 Cu desnudo	ml	50	\$ 750	\$ 37,500

Tabla 111. (Continuación)

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tubo conduit rigido pvc 2"x3mts	UND	10	\$ 7,380	\$ 73,800
Tubo conduit rigido pvc 1/2"x3mts	UND	21	\$ 1,600	\$ 33,600
Accesorios	GLB	637	\$ 110	\$ 70,070
SUBTOTAL				\$ 5,503,100
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla eléctrica	día	2	\$ 180,000	\$ 360,000
SUBTOTAL				\$ 360,000
AIU 20%				\$ 1,172,620
TOTAL				\$ 7,035,720

Fuente: Los autores

Tabla 112. Cantidades de obra tablero K

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TK				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tablero trifásico 12 puestos	UND	1	\$ 172,900	\$ 172,900
Interruptor automático 1x15	UND	1	\$ 13,000	\$ 13,000
Interruptor automático 2x20	UND	2	\$ 26,000	\$ 52,000
Interruptor automático 1x20	UND	2	\$ 13,000	\$ 26,000
Conductor AWG #12 Cu desnudo	ml	40	\$ 666	\$ 26,640
Accesorios	GLB	200	\$ 110	\$ 22,000
SUBTOTAL				\$ 404,740
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla eléctrica	día	0.5	\$ 180,000	\$ 90,000
SUBTOTAL				\$ 90,000
AIU 20%				\$ 98,948
TOTAL				\$ 593,688

Fuente: Los autores

Tabla 113. Cantidades de obra tablero L

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA TABLERO TL				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tablero trifásico de 42 puestos con totalizador	UND	1	\$ 347,600	\$ 347,600
DPS 80 kA precableado	UND	1	\$ 2,490,000	\$ 2,490,000
Totalizador tripolar compacto 128-160 A	UND	1	\$ 325,000	\$ 325,000
Lámpara T8 2x32w	UND	6	\$ 39,000	\$ 234,000
Interruptor conmutable sencillo	UND	2	\$ 4,950	\$ 9,900
Interruptor triple	UND	1	\$ 8,970	\$ 8,970
Conductor AWG #8 Cu-THW	ml	120	\$ 2,040	\$ 244,800
Conductor AWG #10 Cu-THW	ml	42	\$ 1,410	\$ 59,220
Conductor AWG #12 Cu-THW	ml	50	\$ 975	\$ 48,750
Conductor AWG #12 Cu desnudo	ml	25	\$ 666	\$ 16,650
Tubo conduit rigido pvc 1/2" x3mts	UND	10	\$ 1,600	\$ 16,000
Tubo conduit rigido pvc 3/4" x3mts	UND	10	\$ 2,250	\$ 22,500
Tubo conduit rigido pvc 1" x3mts	UND	8	\$ 3,200	\$ 25,600
Lámpara T8 2x59w	UND	12	\$ 49,550	\$ 594,600
SUBTOTAL				\$ 4,443,590
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla eléctrica	día	1	\$ 180,000	\$ 180,000
SUBTOTAL				\$ 180,000
AIU 20%				\$ 924,718
TOTAL				\$ 6,745,906

Fuente: Los autores

Tabla 114. Cantidades de obra subestación

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
CANTIDADES DE OBRA SUBESTACIÓN				
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Puerta cortafuegos	UND	1	\$ 2,350,000	\$ 2,350,000
Transferencia automática 600 A	UND	1	\$ 5,112,000	\$ 5,112,000
Planta de Emergencia de 135 kW	UND	1	\$ 40,675,000	\$ 40,675,000
Cable AWG #4/0 Cu-THW	ml	160	\$ 16,590	\$ 2,654,400
Instalación del sistema de puesta a tierra	UND	1	\$ 5,750,000	\$ 5,750,000
Señalización	GLB	150	\$ 2,500	\$ 375,000
Accesorios	GLB	3000	\$ 110	\$ 330,000
Materiales de obra civil	GLB	10000	\$ 500	\$ 5,000,000
SUBTOTAL				\$ 64,836,800
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cuadrilla civil	día	5	\$ 170,000	\$ 850,000
Cuadrilla eléctrica	día	4	\$ 180,000	\$ 720,000
SUBTOTAL				\$ 1,570,000
AIU 20%				\$ 13,281,360
TOTAL				\$ 79,688,160

Fuente: Los autores

Tabla 115. Presupuesto obra

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
EDIFICIO PLANTA DE ACEROS ALVARO QUIROGA CORREA				
COSTO TOTAL CANTIDADES DE OBRA PROPUESTA DE REDISEÑO				
CONCEPTO	SUBTOTAL MATERIALES	SUBTOTAL MANO DE OBRA	SUBTOTAL AIU (20%)	TOTAL TABLERO
TABLERO GENERAL TG	\$ 10,678,300	\$ 180,000	\$ 2,171,660	\$ 13,029,960
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TA	\$ 9,786,269	\$ 450,000	\$ 2,047,254	\$ 12,283,523
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TB	\$ 4,068,853	\$ 230,000	\$ 859,770	\$ 5,158,622
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TC	\$ 326,336	\$ 45,000	\$ 74,267	\$ 445,603
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD	\$ 5,934,835	\$ 180,000	\$ 1,222,967	\$ 7,337,802
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TE	\$ 3,903,750	\$ 320,000	\$ 844,750	\$ 5,068,500
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TF	\$ 3,711,580	\$ 215,000	\$ 785,316	\$ 4,711,896
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TG	\$ 2,179,000	\$ 266,000	\$ 489,000	\$ 2,934,000
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TH	\$ 4,834,992	\$ 388,000	\$ 1,042,998	\$ 6,257,990
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TI	\$ 756,100	\$ 72,000	\$ 165,620	\$ 993,720
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TJ	\$ 5,503,100	\$ 360,000	\$ 1,172,620	\$ 7,035,720
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TK	\$ 404,740	\$ 90,000	\$ 98,948	\$ 593,688
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TL	\$ 4,443,590	\$ 180,000	\$ 924,718	\$ 6,745,906
SUBESTACIÓN	\$ 64,836,800	\$ 1,570,000	\$ 13,281,360	\$ 79,688,160
TOTAL MATERIALES	\$ 121,276,045			
TOTAL MANO DE OBRA		\$ 5,203,000		
TOTAL AIU 20%			\$ 25,295,809	
TOTAL OBRA				\$ 151,774,854

Fuente: Los autores

Tabla 116. Costo total de la obra

TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$ 128.888.645
ADMINISTRACION	10,00%	\$ 12.888.864,50
IMPREVISTO	5,00%	\$ 6.444.432,25
UTILIDAD	5,00%	\$ 6.444.432,25
RETENSION EN LA FUENTE	6,00%	\$ 7.733.318,70
IMPUESTO	0,75%	\$ 966.664,84
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		\$ 34.477.712,54
COSTO TOTAL		\$163.366.357,54

Fuente: Los autores

7. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- El edificio planta de aceros cuenta con unas instalaciones eléctricas en alto estado de deterioro debido a demasiados factores como lo son los malos hábitos, la falta de mantenimiento, el mal manejo y la mala planeación, por esta razón se plantea una reestructuración del sistema total en el cual se propone un mejoramiento de estas instalaciones en base y cumplimiento a la normatividad vigente.
- Debido al uso, antigüedad y estado en el que se encuentran los conductores, ductos y circuitos ramales existentes en el edificio, se observó que en la mayoría de circuitos eléctricos, parámetros exigidos por la normatividad vigente como la regulación y las pérdidas de potencia no se encuentran en el rango permitido por éstas, por lo cual se decide proponer un rediseño de las instalaciones eléctricas del edificio en donde la idea es eliminar las fallencias encontradas, garantizar seguridad y buen funcionamiento en las instalaciones.
- Durante las etapas de evaluación y levantamiento de las instalaciones eléctricas del edificio, se encontró que existe una bandeja porta cables en donde no solo se transportan conductores mediante tubería eléctrica sino que además se encuentran tuberías de servicio de agua y gas, aspecto que no se encuentra dando cumplimiento a lo establecido en el RETIE en el artículo 17.11 y se convierte en una falla más a eliminar en la propuesta de rediseño.
- La subestación eléctrica del edificio planta de aceros no cuenta con puerta y muros cortafuegos, ni con las respectivas luminarias antiexplosivas y tomacorrientes, tampoco existe una bóveda para el transformador ni para el seccionador de media tensión. Por estas razones se hace indispensable

realizar una propuesta de rediseño en base a la normatividad y con el propósito de garantizar la seguridad tanto de las instalaciones como del personal que realiza sus labores diarias dentro del edificio incluyendo la construcción de cárcamo cubierto y la respectiva señalización de riesgo eléctrico.

- Luego del estudio realizado se observó que los niveles de iluminación existentes en el edificio en la mayoría de las áreas de trabajo es deficiente y no se encuentra dando cumplimiento al nivel mínimo de luxes exigidos por la norma afectando así la salud de la comunidad llegando a provocar problemas de salud visual, es por esta razón que dentro de la propuesta de rediseño se planteó un cambio en el sistema de iluminación, apoyados tanto en el software **Dialux light 4.9** como en el software **LUMI** creado por los autores del proyecto, con el objetivo de cumplir con los niveles de iluminación exigidos para cada área.
- En la propuesta de rediseño se incluye dar cumplimiento a los requisitos mínimos exigidos por las normas actuales en cuanto a los tableros de uso final, ya que la mayoría de estos tableros de distribución no cumplen con la identificación de sus fases con el código de colores, ni con totalizador ni barrajes de tierra y de neutro, además no se encuentran con la señalización adecuada ni con la rotulación de sus circuitos.
- En forma general, la ubicación de totalizadores independientes para los tableros de distribución en buen estado que se encuentran en el edificio planta de aceros, es una de las soluciones incluidas en la propuesta de rediseño, pues debido al buen estado en el que se encuentran y a que no presentan fallas no se justifica realizar un cambio total de estos.

- En la propuesta del rediseño de las instalaciones eléctricas del edificio se planteó la implementación de dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS) en los tableros de distribución, como método de protección y seguridad, pues el objetivo de estos es evitar el deterioro del aislamiento que pueda ser provocado por cargas transitorias o elevaciones de tensión inesperadas.
- En general, todo lo propuesto en este proyecto se rige y se basa en la normatividad eléctrica colombiana vigente, lo cual garantiza que el edificio planta de aceros de la Universidad Industrial de Santander sede central, contará con un servicio enmarcado en estándares de alta calidad, seguridad, confiabilidad y eficiencia, garantizando un alto y permanente beneficio a toda la comunidad universitaria.

RECOMENDACIONES

- Las fallas encontradas requieren ser atendidas en el menor tiempo posible realizando los correctivos necesarios para evitar que ocurra un accidente.
- Dividir el trabajo en fases de tal forma que no se interrumpa el desarrollo de actividades académicas en el edificio, dando prioridad a las áreas que requieren intervención inmediata.
- Realizar la construcción de la obra eléctrica como se recomienda en los planos de planta, diagramas unifilares, cuadros de carga y cuadros de regulación de la propuesta de rediseño realizada.

BIBLIOGRAFIA

- ESSA. Normas Para Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución. 2005,165p
- CASAS, Fabio. TIERRAS Soporte de la Seguridad Eléctrica. 2007, Bogotá. Colombia.
- JURADO, Ciro, 2006. Apuntes de clase de la asignatura instalaciones eléctricas, Universidad Industrial de Santander.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COLOMBIA Norma Técnica Colombiana NTC 2050. Bogotá.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA DE COLOMBIA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) Agosto 06 de 2008.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP), resolución No 180540. Marzo 30 de 2010.
- SOFTWARE AUTOCAD 2012
- Software para el cálculo de sistemas de iluminación. Dialux light 4.9, <http://www.dialux.com>.

ANEXOS

Anexo A. UBICACIÓN EDIFICIO PLANTA DE ACEROS DENTRO DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER



30

Edificio en estudio: Edificio 3, planta de aceros ALVARO QUIROGA CORREA.

Anexo B. CODIGO (.m) SOFTWARE LUMI EN MATLAB

```
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @LUMI_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @LUMI_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
```

```

    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before LUMI is made visible.
function LUMI_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to LUMI (see VARARGIN)
axis off

% Choose default command line output for LUMI
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes LUMI wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = LUMI_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% -----
function Menu_Archivo_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Menu_Archivo (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% -----
function Menu_Ayuda_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Menu_Ayuda (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% -----
function Menu_Acercade_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Menu_Acercade (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
helpdlg ({'LUMI 2013','',...
        'Luz Angela Suarez - Edgardo Aguillón - Yeni Bohorquez','',...
        'Universidad Industrial de Santander','',...
        'El Software LUMI v1.0 permite realizar algunos',...
        'cálculos para iluminación interior definidos en el',...
        'Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP.'
        }, 'Acerca de');

% -----
function Menu_Salir_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Menu_Salir (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
delete(handles.figure1)

function txt_longitud_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to txt_longitud (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_longitud as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
txt_longitud as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_longitud_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to txt_longitud (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_ancho_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to txt_ancho (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_ancho as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of txt_ancho
as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_ancho_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_ancho (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_noluminarias_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_noluminarias (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_noluminarias as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
txt_noluminarias as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_noluminarias_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_noluminarias (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_nobombillas_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_nobombillas (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_nobombillas as
text

```

```

%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
txt_nobombillas as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_nobombillas_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_nobombillas (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_flujoluminoso_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_flujoluminoso (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_flujoluminoso as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
txt_flujoluminoso as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_flujoluminoso_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_flujoluminoso (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_cu_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_cu (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_cu as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of txt_cu as
a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_cu_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_cu (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_fm_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_fm (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_fm as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of txt_fm as
a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_fm_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_fm (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in boton_calcular.
function boton_calcular_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to boton_calcular (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

longitud = str2double(get(handles.txt_longitud, 'String'));
ancho = str2double(get(handles.txt_ancho, 'String'));
luminarias = str2double(get(handles.txt_noluminarias, 'String'));
bombillas = str2double(get(handles.txt_nobombillas, 'String'));
flujo = str2double(get(handles.txt_flujoluminoso, 'String'));
cu = str2double(get(handles.txt_cu, 'String'));
fm = str2double(get(handles.txt_fm, 'String'));

Eprom = (luminarias * bombillas * flujo * cu * fm) / (longitud * ancho);

set(handles.txt_iluminancia, 'String', Eprom);

function txt_depre_lumi_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject     handle to txt_depre_lumi (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of txt_depre_lumi as text
%         str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of
txt_depre_lumi as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_depre_lumi_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject     handle to txt_depre_lumi (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function txt_depre_dismi_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject     handle to txt_depre_dismi (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of txt_depre_dismi as
text
%         str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of
txt_depre_dismi as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_depre_dismi_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject    handle to txt_depre_dismi (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_factor_bal_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_factor_bal (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_factor_bal as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
txt_factor_bal as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_factor_bal_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_factor_bal (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in check_FM.
function check_FM_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to check_FM (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of check_FM

% --- Executes on button press in boton_calcularFM.

```

```

function boton_calcularFM_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to boton_calcularFM (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
depe_lumi = str2double(get(handles.txt_depre_lumi, 'String'));
depre_dismi = str2double(get(handles.txt_depre_dismi, 'String'));
factor_bal = str2double(get(handles.txt_factor_bal, 'String'));

fm = depe_lumi * depre_dismi * factor_bal;

set(handles.txt_fm, 'String', fm);
set(handles.txt_fm1, 'String', fm);

function txt_alt_techo_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to txt_alt_techo (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of txt_alt_techo as text
%        str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of
txt_alt_techo as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_alt_techo_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to txt_alt_techo (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function txt_alt_loc_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to txt_alt_loc (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of txt_alt_loc as text
%        str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of
txt_alt_loc as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_alt_loc_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_alt_loc (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function txt_alt_cav_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_alt_cav (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_alt_cav as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
txt_alt_cav as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_alt_cav_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_alt_cav (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function txt_longi_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_longi (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_longi as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of txt_longi
as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_longi_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_longi (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_anch_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_anch (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_anch as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of txt_anch
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_anch_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_anch (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in boton_ind_cav.
function boton_ind_cav_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to boton_ind_cav (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
alt_techo = str2double(get(handles.txt_alt_techo,'String'));
alt_loc = str2double(get(handles.txt_alt_loc,'String'));
alt_cav = str2double(get(handles.txt_alt_cav,'String'));
longi = str2double(get(handles.txt_lo,'String'));
anch = str2double(get(handles.txt_an,'String'));

```

```

ind_cav_techo = (5 * alt_techo * (longi+anch)) / (longi*anch);
ind_cav_local = (5 * alt_loc * (longi+anch)) / (longi*anch);
ind_cav_piso = (5 * alt_cav * (longi+anch)) / (longi*anch);

set(handles.ind_techo, 'String', ind_cav_techo);
set(handles.ind_loca, 'String', ind_cav_local);
set(handles.ind_piso, 'String', ind_cav_piso);

% -----
function Menu_Tablas_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Menu_Tablas (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% -----
function Menu_Valoresderefle_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Menu_Valoresderefle (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
Tabla;

function txt_lo_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_lo (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of txt_lo as text
%        str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of txt_lo as
a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_lo_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_lo (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

```

```

function txt_an_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_an (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_an as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of txt_an as
a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_an_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_an (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_ilu_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_ilu (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_ilu as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of txt_ilu as
a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_ilu_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_ilu (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function txt_cul_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to txt_cul (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_cul as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of txt_cul as
a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_cul_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to txt_cul (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_fm1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to txt_fm1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_fm1 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of txt_fm1 as
a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_fm1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to txt_fm1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function txt_flujol_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_flujol (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_flujol as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of txt_flujol
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_flujol_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_flujol (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_bom_lum_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_bom_lum (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_bom_lum as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
txt_bom_lum as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_bom_lum_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_bom_lum (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

% --- Executes on button press in btn_cal_lum.
function btn_cal_lum_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to btn_cal_lum (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
longitud1 = str2double(get(handles.txt_lo, 'String'));
anchol = str2double(get(handles.txt_an, 'String'));
iluminancia = str2double(get(handles.txt_ilu, 'String'));
cul = str2double(get(handles.txt_cul, 'String'));
fm1 = str2double(get(handles.txt_factor_fm, 'String'));
flujo1 = str2double(get(handles.txt_flujo1, 'String'));
nobombillaslumi = str2double(get(handles.txt_bom_lum, 'String'));

flt = (iluminancia * longitud1 * anchol) / (cul * fm1);

N = flt / (flujo1 * nobombillaslumi);

n1 = round(N);

set(handles.noluminarias, 'String', n1);

%Dibujar el rectangulo

%figure

x=linspace(0, anchol, 500); y=linspace(0, longitud1, 500); y1=0; y2=longitud1; x1
=0; x2=anchol;
plot(x, y1, 'b.', x, y2, 'b.', x1, y, 'b.', x2, y, 'b. ');
hold on
axis([-1 (anchol+1) -1 (longitud1+1)])
axis square

x=anchol/2;
y=longitud1/2;

%General ubicar luminarias
if anchol > longitud1
    %Cuadrar a lo ancho para 2 filas
    if mod(n1, 2) == 0
        aux1 = anchol / (n1/2);
        ho = -aux1/2;
        for i=1:(n1/2)
            ho = ho + aux1;
            plot(ho, (y+(y/2)), 'r.')
            hold on
        end

        ho = -aux1/2;
        for i=1:(n1/2)
            ho = ho + aux1;

```

```

        plot(ho, (y-(y/2)), 'r.')
        hold on
    end
else
    aux = ancho1 / n1;
    ho=-aux/2;
    for i=1:n1
        ho = ho + aux;
        plot(ho,y, 'r.')
        hold on
    end
end

else
    %Cuadrar a la longitud para 2 filas
    if mod(n1,2)==0
        aux1 = longitud1 / (n1/2);
        ho=-aux1/2;
        for i=1:(n1/2)
            ho = ho + aux1;
            plot((x+(x/2)),ho, 'r.')
            hold on
        end

        ho=-aux1/2;
        for i=1:(n1/2)
            ho = ho + aux1;
            plot((x-(x/2)),ho, 'r.')
            hold on
        end

    else
        aux = longitud1 / n1;
        ho=-aux/2;
        for i=1:n1
            ho = ho + aux;
            plot(x,ho, 'r.')
            hold on
        end
    end
end

end

hold off

% -----
function Menu_Refletancia_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Menu_Refletancia (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
RefletanciaEfec;

```

```

% -----
function Menu_Catalogos_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Menu_Catalogos (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% -----
function Menu_RETILAP_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Menu_RETILAP (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('RETILAP.pdf')

```

```

% -----
function Luminaria_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Luminaria_1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi1.pdf')

```

```

% -----
function Luminaria_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Luminaria_2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi2.pdf')

```

```

% -----
function Luminaria_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Luminaria_3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi3.pdf')

```

```

% -----
function Luminaria_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Luminaria_4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi4.pdf')

```

```

% -----
function Luminaria_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Luminaria_5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi5.pdf')

```

```

% -----
function Luminaria_6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Luminaria_6 (see GCBO)

```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi6.pdf')
```

```
% -----
function Luminaria_7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Luminaria_7 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi7.pdf')
```

```
% -----
function Luminaria_8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Luminaria_8 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi8.pdf')
```

```
% -----
function Luminaria_9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Luminaria_9 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi9.pdf')
```

```
% -----
function Luminaria_10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Luminaria_10 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi10.pdf')
```

```
% -----
function Luminaria_11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Luminaria_11 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi11.pdf')
```

```
% -----
function Luminaria_12_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Luminaria_12 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi12.pdf')
```

```
% -----
function Luminaria_13_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to Luminaria_13 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi13.pdf')
```

```

% -----
function Luminaria_14_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Luminaria_14 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi14.pdf')

% -----
function Luminaria_15_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Luminaria_15 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi15.pdf')

% -----
function Luminaria_16_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Luminaria_16 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi16.pdf')

% -----
function Luminaria_17_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Luminaria_17 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi17.pdf')

% -----
function Luminaria_18_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Luminaria_18 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
open('Lumi18.pdf')

function txt_altura_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_altura (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_altura as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of txt_altura
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_altura_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to txt_altura (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%     See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_planoutil_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject     handle to txt_planoutil (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_planoutil as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
txt_planoutil as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_planoutil_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject     handle to txt_planoutil (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%     See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function txt_factor_fm_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject     handle to txt_factor_fm (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of txt_factor_fm as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
txt_factor_fm as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function txt_factor_fm_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject     handle to txt_factor_fm (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.

```

```

%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function alt_lamp_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to alt_lamp (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of alt_lamp as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of alt_lamp
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function alt_lamp_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to alt_lamp (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function long_sus_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to long_sus (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of long_sus as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of long_sus
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function long_sus_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to long_sus (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

end

```
% --- Executes on button press in boton_montaje_luminaria.
function boton_montaje_luminaria_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to boton_montaje_luminaria (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
alt_lamp = str2double(get(handles.alt_lamp, 'String'));
altura_local = str2double(get(handles.txt_altura, 'String'));
plano_util = str2double(get(handles.txt_planoutil, 'String'));
longitud_suspension = str2double(get(handles.long_sus, 'String'));

alt_montaje = altura_local - longitud_suspension;
alt_pto_luz = alt_montaje - plano_util - alt_lamp;

set(handles.txt_altura_montaje, 'String', alt_montaje);
set(handles.txt_altura_pto_luz, 'String', alt_pto_luz);
```