

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MONITORIZACIÓN ELÉCTRICA DE LAS
SEDES BARRANCABERMEJA, BARBOSA, SOCORRO, MALAGA Y
BUCARICA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

ANDERSON GIOVANNY ARIAS COCA
LESLY JOHANA MUÑOZ ZULUAGA
ANDREA LUCIA LLANOS GUEVARA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2015

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MONITORIZACIÓN ELÉCTRICA DE LAS
SEDES BARRANCABERMEJA, BARBOSA, SOCORRO, MALAGA Y
BUCARICA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

ANDERSON GIOVANNY ARIAS COCA
LESLY JOHANA MUÑOZ ZULUAGA
ANDREA LUCIA LLANOS GUEVARA

Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Electrónico e Ingenieras
Electricistas

Director:

Ing. Manuel José Ortiz Rangel
Ingeniero Electricista

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2015

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia damos gracias a Dios por darnos la sabiduría, inteligencia y capacidad para lograr culminar este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander y todo su equipo, por darnos la oportunidad de ser partícipes de esta institución y ofrecernos, las condiciones para lograr un progreso tanto intelectual como personal.

Al Ingeniero Manuel José Ortiz Rangel, nuestro Director, por su orientación y su aporte para nuestro éxito profesional, académico y laboral, por brindarnos la oportunidad de formar parte de su grupo de trabajo.

Al Ingeniero Gabriel Ordoñez Plata, nuestro Codirector, por su apoyo y conocimientos brindados a lo largo del desarrollo de este proyecto, logrando así favorables resultados.

A los profesionales, Edwin Giovanni Walteros Álvarez, en Barbosa, Daniel Fernando Duarte Pabón, en Barrancabermeja, Edinson Jesús Almeyda Melgarejo, en Málaga, Luz Helena Almeida Gutiérrez, en Socorro; quienes son los encargados de planta física, ellos cumplieron un papel importante, realizaron acompañamiento y seguimiento en la diversas actividades realizadas en cada una de estas sedes.

*Anderson Giovanni Arias Coca
Lesly Johana Muñoz Zuluaga
Andrea Lucía Llanos Guevara*

DEDICATORIA

En primera instancia estoy agradecido con Dios por brindarme sabiduría, amor y paciencia, mediante su ayuda en los momentos difíciles hoy logro un hermoso sueño que surgió en mi infancia.

También dedico este trabajo a mi fuente inagotable de energía: mi familia, ellos han sido el principal motivo para lograr mi realización como profesional.

*A mi padre Iván, por su apoyo incondicional, su constancia, motivación y sobre todo su amplia sabiduría en la toma de decisiones.
A mi madre Delsy, por todo su amor, sus palabras constantes de aliento, por día a día brindarme las fuerzas suficientes para salir adelante y creer en mis fortalezas.*

A mi hermano Alexander, por creer siempre en mí, por depositar toda su confianza en mis manos y su valiosa amistad.

*A mi hermano Cristian, por su amplia generosidad, por su aplomo, por sus voces de aliento en los momentos difíciles y también por su confianza en mí.
A mi hermana Tatiana, por su cariño, ternura, permanente apoyo, por ser ese hermoso ser que llegó a nuestra familia y ser el principal motivo para luchar.*

*A mi novia Gina, por su gran amor, por permanecer fielmente a mi lado durante estos años, por confiar en mí y apoyarme siempre en cada paso dado.
A mis compañeras de trabajo Lesly Muñoz y Andrea Llanos, por su dedicación y disciplina para la finalización de este trabajo.*

A todos mis compañeros y amigos, con los cuales soy muy afortunado, aunque quisiera nombrarlos a todos, esta página no sería suficiente.

Y a todos aquellos que hicieron posible este sueño hecho realidad.

Ánderson Giovanni Arias Coca

DEDICATORIA

En la vida existen momentos que nos llenan de felicidad, siendo este una de las más grandes felicidades de mi vida, doy gracias a Dios por brindarme todas las capacidades para culminar este trabajo con éxito, por darme el aliento y la fuerza en etapas difíciles de este proceso.

A mis Padres por inculcar en mí, los valores, enseñanzas y darme las oportunidades necesarias para crecer y formar la semilla del aprendizaje.

A mi Madre que aunque ausente, fue mi más grande inspiración y fuerza, a ella le doy gracias porque en los años que estuvo a mi lado logro inculcarme los valores de lucha, esfuerzo, sacrificio y dedicación para terminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida, a ella que siempre estuvo presente en mi pensamiento y corazón le regalo esta alegría que al igual que a mi le debe llenar de felicidad y orgullo.

A Erik Fabián por ser mi apoyo, amigo, consejero y fuerza en todo momento, por su paciencia y escucha en momentos difíciles, por su amor y compañía incondicional.

A mi motivo de superación y mejora continua, mi hijo Erik David.

A mis hermanos, abuelos, tíos y demás familiares que me apoyaron en todo momento.

A mis compañeros Andrea Llanos y Anderson Arias por tener la paciencia suficiente en momentos de preocupación y angustia, por compartir momentos de alegrías y risas en todos los viajes y por permitirme ser partícipe de este gran logro en sus vidas.

A todos mis docentes por estar presentes en este gran proyecto de vida, por brindarme las enseñanzas y bases suficientes para culminar este trabajo.

A mis compañeros y mis amigos durante los años de permanencia en la universidad.

Lesly Johana Muñoz Zuluaga

DEDICATORIA

Sin lugar a dudas, el primer lugar en estos renglones y absolutamente en todo, lo ocupa Dios, es él quien me ha dado la fortaleza cuando he estado a punto de decaer, orientando cada uno de mis pasos para lograr llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mis padres gracias por darme la oportunidad de ser quien soy, sentaron en mi las bases y deseos de superación, gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y como estudiante...Es un privilegio ser su hija.

Mamita, aunque nos faltó mucho tiempo por compartir, tengo la plena seguridad que desde allí éste logro te hace tan feliz como a mí.

A Yolman, mi hermano, Quien me ha demostrado que las metas se alcanza con persistencia, disciplina y sacrificio.

A Leidy, mi hermana, quien desde niña me ha instruido a través de su ejemplo y sabios consejos, apoyándome para persistir en mis objetivos y no desfallecer ni rendirme ante nada.

A Eliana mi cómplice favorita, mi compañera, soy privilegiada al contar con una persona como ella a mi lado, desde el vientre tengo la oportunidad de hacerlo.

A Francisco García por darme su amor, compañía y por sus palabras de aliento.

A mis familiares por su apoyo incondicional, por expresar la fe que tienen en mí.

La mejor familia y compañía que haya podido tener, ustedes son las personas que hicieron todo en la vida para que yo alcanzara mis sueños; por animarme y darme la mano cuando creía que no lo lograría, es para ustedes éste logro una retribución por todo su amor y apoyo. Los amo infinitamente.

A mis compañeros Lesly Muñoz y Anderson Arias, por su compromiso y empeño para sacar adelante este proyecto.

A Jair Meneses, Blanca Bermúdez, Edinson Sánchez, Cesar Aristizabal, Juan Jones, Andrés Rojas, Alexandra Arenas, claro ejemplo de una buena y bonita amistad.

Andrea Llanos Guevara

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

| | |
|--------------------------------------------------|----|
| 1. DESARROLLO METODOLÓGICO..... | 33 |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 33 |
| 1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO | 34 |
| 1.2.1 Objetivo General | 34 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 34 |
| 2. GENERALIDADES | 36 |
| 2.1 SUBESTACIÓN | 37 |
| 2.2 TRANSFORMADOR..... | 37 |
| 2.3 SECCIONADOR | 40 |
| 2.4 TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION (TGBT) | 40 |
| 2.5 MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA | 41 |
| 2.6 BÓVEDA..... | 41 |
| 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS..... | 43 |

| | |
|---------------------------------------------------------|----|
| 3.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE EDIFICACIONES | 43 |
| 3.2 REDES DE COMUNICACIÓN | 43 |
| 3.2.1 REDES DE DATOS SEGÚN SU ALCANCE | 44 |
| 3.2.2 Topologías de red | 45 |
| 3.2.3 Dispositivos usados generalmente en una red | 48 |
| 3.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN | 49 |
| 3.3.1 Modelo OSI/ISO | 49 |
| 3.4 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN UTILIZADOS EN BMS..... | 50 |
| 3.4.1 Lonworks..... | 51 |
| 3.4.2 OPC..... | 51 |
| 3.4.3 Modbus | 51 |
| 3.4.4 Bacnet..... | 52 |
| 3.4.5 KNX..... | 52 |
| 3.5 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS | 52 |
| 3.5.1.1 Antecedentes | 53 |
| 3.5.1.2 Descripción general | 53 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5.1.3 Ventajas de uso | 53 |
| 3.5.2 Arquitectura protocolo Modbus | 53 |
| 3.5.2.1 Modbus RTU..... | 54 |
| 3.5.2.2 Modelo de capas Modbus RTU..... | 54 |
| 3.5.2.3 Modbus TCP | 57 |
| 3.5.2.4 Estructura para protocolo Modbus TCP | 57 |
| 3.6 SISTEMA BMS ANDOVER CONTINUUM | 60 |
| 4. ACTUALIZACIÓN Y UNIFICACIÓN DEL ARCHIVO TÉCNICO DE LOS DISPOSITIVOS DE MONITORIZACIÓN PRESENTES EN LAS SEDES DE LA UIS..... | 61 |
| 5. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE DISPOSITIVOS EXISTENTES Y A IMPLEMENTAR | 67 |
| 5.1 IDENTIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS CON CAPACIDAD DE MONITOREO..... | 67 |
| 5.2 DATOS SUMINISTRADOS POR LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA Y ANALIZADORES DE REDES..... | 68 |
| 5.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN | 70 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE LA RED DE COMUNICACIONES..... | 71 |
| 6.1 RED INSTITUCIONAL | 71 |
| 6.1.1 Red LAN | 72 |
| 6.1.2 Red WAN..... | 76 |
| 6.2 PLATAFORMA DE SOFTWARE ANDOVER CONTINUUM | 77 |
| 6.2.1 Controladoras | 81 |
| 6.2.1.1 bCX1..... | 82 |
| 6.2.1.2 ACX Series Access Controllers..... | 83 |
| 6.2.1.3 NetController II | 84 |
| 6.2.1.4 XDrivers | 84 |
| 6.2.2 Puertas de enlace (Gateway)..... | 85 |
| 6.3 IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE PROTOCOLO MODBUS RTU | 85 |
| 6.4 IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE PROTOCOLO MODBUS TCP/IP | 90 |
| 6.5 ANALIZADORES DE REDES PARA LOS TABLEROS GENERALES DE BAJA TENSIÓN..... | 94 |
| 6.5.1 General Electric | 95 |

| | |
|----------------------------------------------|-----|
| 6.5.1.1 MTDIN..... | 95 |
| 6.5.1.2 MT96..... | 95 |
| 6.5.1.3 MT144..... | 95 |
| 6.5.2 ABB..... | 97 |
| 6.5.2.1 Serie M2M..... | 97 |
| 6.5.3 Circutor | 98 |
| 6.5.3.1 CVM-C10 | 99 |
| 6.5.3.2 CVM-NRG96..... | 99 |
| 6.5.3.3 CVM96 | 100 |
| 6.5.3.4 CVM144 | 100 |
| 6.5.4 Schneider Electric | 101 |
| 6.5.4.1 ION7550/7650..... | 101 |
| 6.5.4.2 ION8650..... | 102 |
| 6.5.4.3 ION8800..... | 103 |
| 6.6 VINCULACIÓN DE NUEVOS DISPOSITIVOS | 103 |
| 6.6.1 Protocolo Modbus RTU..... | 104 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.6.2 Protocolo Modbus TCP/IP..... | 104 |
| 7. DESCRIPCIÓN DE LAS SEDES, EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD EN LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS SEGÚN EL REGLAMENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE) Y CARACTERIZACIÓN DE LOS CUARTOS DE COMUNICACIONES. | 106 |
| 7.1 SEDE BARRANCABERMEJA | 107 |
| 7.1.1 Edificio Biblioteca | 109 |
| 7.1.1.1 Cuarto Técnico Eléctrico | 109 |
| 7.1.1.2 Cuarto de Comunicaciones..... | 114 |
| 7.1.2 Edificio Administración/Aulas | 117 |
| 7.1.2.1 Cuarto Técnico Eléctrico | 117 |
| 7.1.2.2 Cuarto de Comunicaciones..... | 122 |
| 7.2 SEDE BARBOSA..... | 124 |
| 7.2.1 Subestación | 126 |
| 7.2.2 Edificio Aulas/Administración | 127 |
| 7.2.2.1 Cuarto Técnico Eléctrico | 127 |
| 7.2.2.2 Cuarto de Comunicaciones..... | 131 |

| | |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 7.2.3 Edificio Biblioteca | 135 |
| 7.2.3.1 Cuarto Técnico Eléctrico y de Comunicaciones | 135 |
| 7.3 SEDE SOCORRO..... | 139 |
| 7.3.1 Edificio Administración/Aulas | 141 |
| 7.3.1.1 Cuarto Técnico Eléctrico N°1 | 142 |
| 7.3.1.2 Cuarto Técnico Eléctrico N°2 | 145 |
| 7.3.1.3 Cuarto de Comunicaciones N°1 | 147 |
| 7.3.1.4 Cuarto de Comunicaciones N°2..... | 149 |
| 7.3.2 Edificio Biblioteca | 151 |
| 7.3.2.1 Cuarto Técnico Eléctrico | 152 |
| 7.4 SEDE MÁLAGA | 155 |
| 7.4.1 Edificios..... | 155 |
| 7.4.1.1 Cuarto Técnico Eléctrico | 155 |
| 7.4.1.2 Cuarto de Comunicaciones..... | 159 |
| 7.5 SEDE BUCARICA..... | 162 |
| 7.5.1 Cuarto técnico eléctrico | 163 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8. EVALUACIÓN TÉCNICA PARA LOS CUARTOS TÉCNICOS ELÉCTRICOS DE LAS SEDES | 168 |
| 8.1 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LAS SEDES UBICADAS EN BARRANCABERMEJA, BARBOSA, SOCORRO, MÁLAGA Y BUCARICA DE LA UIS..... | 173 |
| 8.1.1 Iluminación..... | 173 |
| 8.1.2 Puerta Antipánico..... | 175 |
| 8.1.3 Distancias de Seguridad | 175 |
| 8.1.4 Señalización y símbolo de Riesgo Eléctrico..... | 176 |
| 8.1.5 Ventilación y/o Climatización | 176 |
| 8.1.6 Limpieza..... | 176 |
| 8.1.7 Espacio Requerido y Exclusivo | 176 |
| 8.2 PLANTA ELÉCTRICA..... | 181 |
| 9. PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE COMUNICACIONES..... | 186 |
| 9.1 PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE COMUNICACIONES EMPLEANDO PROTOCOLO MODBUS-RTU | 187 |

9.2 PRESUPUESTO PARA DISEÑO DE COMUNICACIÓN CON MODBUS

TCP/IP 189

9.3 OBSERVACIONES DEL DISEÑO 191

RECOMENDACIONES 193

CONCLUSIONES 195

BIBLIOGRAFÍA 197

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 1. Transformador Convencional Sede Barrancabermeja | 38 |
| Figura 2. Transformador Tipo Pedestal Sede Barbosa..... | 39 |
| Figura 3. Transformador Tipo Poste. Sede Socorro | 39 |
| Figura 4. Seccionador. Sede Barrancabermeja | 40 |
| Figura 5. TGBT. Sede Barrancabermeja | 41 |
| Figura 6. UPS Sede Barbosa..... | 42 |
| Figura 7. Redes de datos según su alcance | 44 |
| Figura 8. Topología de red en bus. | 46 |
| Figura 9. Topología de red Daisy Chain. | 47 |
| Figura 10. Topologías de red | 47 |
| Figura 11. Switch | 48 |
| Figura 12. Modelo de capas OSI. | 49 |
| Figura 13. Protocolos de comunicación para BMS | 51 |
| Figura 14. Red Modbus RTU | 54 |
| Figura 15. Modelo de capas Modbus RTU | 55 |
| Figura 16. Pines del puerto serie. | 55 |
| Figura 17. Trama Modbus RTU | 56 |
| Figura 18. Estructura de un mensaje Modbus-RTU..... | 57 |
| Figura 19. Red Modbus TCP. | 57 |
| Figura 20. Modelo de capas TCP/IP. | 58 |
| Figura 21. Normas TIA568A y TIA568B..... | 59 |
| Figura 22. Encapsulado de una trama TCP..... | 59 |
| Figura 23. Familia de protocolos para Andover Continuum. | 61 |
| Figura 24. Registro de Visita..... | 64 |
| Figura 25. Puerto RS-232 disponible en las UPS | 71 |
| Figura 26. Descripción geográfica de las sedes | 72 |
| Figura 27. Topología en estrella | 73 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 28. BD8806 Extreme Networks..... | 74 |
| Figura 29. Ejemplo de los componentes de una red LAN..... | 75 |
| Figura 30. Cuarto de RACK – Sede Málaga..... | 75 |
| Figura 31. Red WAN..... | 76 |
| Figura 32. Arquitectura utilizada por Andover Continuum..... | 78 |
| Figura 33. Componentes de seguridad de Andover Continuum..... | 79 |
| Figura 34. Componentes de HVAC e Iluminación de Andover Continuum..... | 79 |
| Figura 35. Componentes del sistema Inalámbrico de Andover Continuum..... | 80 |
| Figura 36. Componentes del subsistema de control y video de Andover Continuum..... | 80 |
| Figura 37. Puertos disponibles para controlador Bcx1..... | 82 |
| Figura 38. Puertos disponibles para controlador ACX..... | 83 |
| Figura 39. Puertos disponibles para NetController II..... | 84 |
| Figura 40. Esquema de conexión para monitoreo de UPS Fuente: Autor..... | 86 |
| Figura 41. Recepción de variables a monitorear en la sede principal de la universidad Fuente: Autor..... | 87 |
| Figura 42. Red WAN de la universidad para envío de datos..... | 89 |
| Figura 43. Arquitectura de Comunicación para Puertas de Enlace..... | 91 |
| Figura 44. Esquema de conexión para monitoreo de UPS, mediante Modbus TCP/IP..... | 92 |
| Figura 45. Recepción de variables a monitorear en la sede principal de la universidad..... | 93 |
| Figura 46 Características técnicas de analizadores de red General Electric..... | 96 |
| Figura 47 Analizador de redes ABB, Serie M2M..... | 97 |
| Figura 48. Modelos de Analizadores de Red M2M- ABB..... | 98 |
| Figura 49. Analizador de redes CIRCUTOR CVM-C10..... | 99 |
| Figura 50. Analizador de redes circuito CVM-NRG96..... | 100 |
| Figura 51. Analizador de Redes CVM96 CIRCUTOR..... | 100 |
| Figura 52. Analizador de Redes CVM144 CIRCUTOR..... | 101 |
| Figura 53. Analizador de redes ION 7550, Schneider Electric..... | 102 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 54. Analizador de redes ION 8650, Schneider Electric. | 102 |
| Figura 55. Analizador de redes ION 8650, Schneider Electric..... | 103 |
| Figura 56 Esquema de conexión para monitoreo de Analizadores de Redes para protocolo Modbus RTU. | 104 |
| Figura 57. Esquema de conexión para monitoreo de Analizadores de Redes para protocolo Modbus TCP/IP..... | 105 |
| Figura 58. Sede Barrancabermeja..... | 108 |
| Figura 59. Ubicación Cuartos Técnicos y Cuartos de Comunicaciones..... | 108 |
| Figura 60. Distribución de los equipos- Cuarto Técnico Eléctrico..... | 110 |
| Figura 61. Cuarto de Comunicaciones Ed. Biblioteca..... | 115 |
| Figura 62. Cuarto Técnico Ed. Aulas/ Administración..... | 118 |
| Figura 63. Distribución del cuarto de comunicaciones. Administración/Aulas | 122 |
| Figura 64. Sede Barbosa | 125 |
| Figura 65. Transformador 300 kVA, Subestación BARBOSA..... | 126 |
| Figura 66. Cuarto técnico edificio adm/aulas, piso 1..... | 129 |
| Figura 67. Cuarto técnico edificio adm/aulas, piso 1..... | 130 |
| Figura 68. Cuarto de comunicaciones edificio adm/aulas piso 2. | 132 |
| Figura 69. Cuarto de comunicaciones edificio adm/aulas, piso 3 | 134 |
| Figura 70. Cuarto de comunicaciones edificio adm/aulas, piso 2 | 134 |
| Figura 71. Ubicación cuarto técnico dentro del edificio..... | 135 |
| Figura 72. Cuarto tecnico y de comunicación edificio biblioteca,sotano. | 138 |
| Figura 73. Campus principal Sede Socorro | 140 |
| Figura 74. Cuartos presentes en el Edificio- Primer Nivel..... | 141 |
| Figura 75. Cuarto Técnico Eléctrico N°1 Ed. Administración/Aulas | 142 |
| Figura 76. Ubicación Cuarto Técnico Eléctrico N°2 | 145 |
| Figura 77. Distribución del cuarto de comunicaciones N°1 | 147 |
| Figura 78. Distribución Cuarto de comunicaciones N°2..... | 150 |
| Figura 79. Distribución de equipos/ Biblioteca | 153 |
| Figura 80. Distribución de los equipos- Cuarto Técnico Eléctrico..... | 156 |
| Figura 81. Distribución del cuarto del TGBT | 157 |

| | |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 82. Distribución del cuarto UPS | 160 |
| Figura 83. Distribución del cuarto racks | 160 |
| Figura 84. Sede Bucarica | 163 |
| Figura 85. Equipos de protección, subestación Bucarica | 164 |
| Figura 86. Ubicación de la subestación, sede Bucarica..... | 166 |
| Figura 87. Planta sótano, distribución de espacios..... | 166 |
| Figura 88. Distribución de equipos dentro de la subestación..... | 167 |
| Figura 89. Características para la Planta Eléctrica | 185 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tabla 1 Cuartos Técnicos Eléctricos Sedes UIS..... | 62 |
| Tabla 2. Cuartos de Comunicaciones Sedes UIS | 62 |
| Tabla 3. Clasificación Cuarto Técnicos de las Sedes de la UIS..... | 65 |
| Tabla 4. Clasificación Cuartos de Comunicaciones de las Sedes de la UIS..... | 66 |
| Tabla 5. UPS disponibles en las sedes de la UIS | 68 |
| Tabla 6. Características para Controladores ACX. | 83 |
| Tabla 7. Cantidad de UPS por sede | 85 |
| Tabla 8. Cantidad de controladores a instalar por sede Modbus RTU..... | 89 |
| Tabla 9. Componentes necesarios para arquitectura Modbus TCP/IP | 94 |
| Tabla 10. Cuarto Técnico Eléctrico Biblioteca..... | 110 |
| Tabla 11. Características. Ed. Biblioteca | 111 |
| Tabla 12. Medidores | 112 |
| Tabla 13. Características. Ed. Biblioteca. | 112 |
| Tabla 14. Cuarto de comunicaciones- Biblioteca | 115 |
| Tabla 15. UPS Ed. Biblioteca..... | 116 |
| Tabla 16. Cuarto Técnico Eléctrico Administración/Aulas..... | 118 |
| Tabla 17. Características. Ed. Administración/Aulas | 119 |
| Tabla 18. Características Medidor. Ed. Biblioteca Sede Barrancabermeja..... | 119 |
| Tabla 19. Características. Ed. Administración/Aulas. | 120 |
| Tabla 20. Cuarto de comunicaciones- Ed. Administración/Aulas..... | 123 |
| Tabla 21. UPS - Ed. Administración/Aulas..... | 123 |
| Tabla 22. Subestación Barbosa. | 126 |
| Tabla 23. Equipos de sistema de potencia Edif. Aulas | 130 |
| Tabla 24. Características racks edif. Aulas piso 2..... | 132 |
| Tabla 25. Equipos de comunicaciones Edif. Aulas piso 2 y 3 | 133 |
| Tabla 26. Dimensiones Rack Ed. Biblioteca | 137 |
| Tabla 27. Equipos sistema de potencia edif. Biblioteca | 138 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 28. Equipos sistema de comunicaciones edif. biblioteca | 138 |
| Tabla 29. Características. Ed. Administración/Aulas | 143 |
| Tabla 30. Cuarto Técnico Eléctrico N° 1. Administración/Aulas..... | 143 |
| Tabla 31. Características. Ed. Administración/Aulas | 146 |
| Tabla 32. Cuarto Técnico Eléctrico N° 2 Administración/Aulas..... | 146 |
| Tabla 33. Cuarto comunicaciones N°1 - Ed. Administración/Aulas..... | 148 |
| Tabla 34. Cuarto de comunicaciones N° 1- Ed. Administración/Aulas..... | 149 |
| Tabla 35. Cuarto de Comunicaciones N°2 -Ed. Biblioteca..... | 150 |
| Tabla 36. Cuarto de comunicaciones N° 2- Ed. Administración/Aulas..... | 151 |
| Tabla 37. Características. Ed. Biblioteca | 152 |
| Tabla 38. Características Medidores Sede Socorro..... | 153 |
| Tabla 39. Cuarto Técnico Eléctrico N° 2 Administración/Aulas..... | 154 |
| Tabla 40. Cuarto Técnico Eléctrico Edificio 1..... | 156 |
| Tabla 41. Características transformador Edificio N°1. | 157 |
| Tabla 42. Cuarto de comunicaciones- Edificio 3. | 161 |
| Tabla 43. UPS Cuarto N° 2- Edificio 3. | 161 |
| Tabla 44. Transformador sede Bucarica..... | 164 |
| Tabla 45. Equipos de sistema de potencia Edif. Sede Bucarica..... | 167 |
| Tabla 46. Evaluación Técnica de los Cuartos de las Sedes. (1- Aulas, 2- Biblioteca) | 172 |
| Tabla 47. Potencia por Sede..... | 182 |
| Tabla 48. Dimensiones Planta Eléctrica, según la Potencia | 183 |
| Tabla 49. Dimensiones para cada Sede. | 184 |

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE PROGRAMA DE MONITORIZACIÓN ELÉCTRICA DE LAS SEDES BARRANCABERMEJA, BARBOSA, SOCORRO, MALAGA Y BUCARICA DE LA UIS.¹

AUTORES: ANDERSON GIOVANNY ARIAS COCA
LESLY JOHANA MUÑOZ ZULUAGA
ANDREA LUCIA LLANOS GUEVARA.²

PALABRAS CLAVES: Cuarto técnico, cuarto de comunicaciones, tablero general de baja tensión, analizador de red, protocolo, plataforma, monitorización, ups.

DESCRIPCIÓN

A nivel regional esta institución brinda una de las alternativas existentes para el desarrollo de la monitorización de un sistema eléctrico, mediante el uso de una red de comunicaciones con un protocolo específico, según los equipos existentes en las sedes de la UIS.

Partiendo del crecimiento tecnológico desarrollado por la humanidad en los últimos siglos, además incluyendo su crecimiento poblacional acelerado y la búsqueda de comodidades las cuales les permitan a las generaciones actuales y futuras vivir cada día mejor, se han adoptado diferentes software y hardware; estos facilitan la adquisición de datos y medidas, adicionalmente automatizar sistemas de comunicación, facilita la lectura en tiempo real (tele medida) del comportamiento de diversos parámetros (tensión, corriente, frecuencia entre otros) que caracterizan el funcionamiento de dispositivos, permitiendo implementar estrategias para el uso racional de la energía (URE), la calidad, eficiencia, continuidad y seguridad en el sistema eléctrico.

La Universidad Industrial de Santander (UIS), ha tenido la misión de estar en continuo mejoramiento, por esto la UIS ha permitido mejorar las condiciones de operación, adquiriendo un sistema de automatización BMS (Building Management Systems). Esta plataforma permitirá integrar todas las sedes del mismo modo que todo su campus principal, para la monitorización del control de acceso de los estudiantes, funcionarios y visitantes; además la finalidad de este trabajo de grado es la integración de los equipos monitorizables o susceptibles de monitorización en los cuartos técnicos eléctricos y de comunicaciones presentes en las sedes de la UIS, es importante aclarar que la monitorización se realiza con fines, tanto de seguridad en cada uno de los edificios (de las sedes), como de gestión energética y uso racional de la energía (URE).

¹ Proyecto de Grado

² Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, Director: Manuel José Ortiz R. Codirector: Gabriel Ordóñez Plata

ABSTRACT

TITLE: ELECTRICAL DESIGN MONITORING PROGRAM AT THE HEADQUARTERS BARRANCABERMEJA, BARBOSA, SOCORRO, MALAGA AND BUCARICA OF UIS.³

AUTHORS: ANDERSON GIOVANNY ARIAS COCA
LESLY JOHANA MUÑOZ ZULUAGA
ANDREA LUCIA LLANOS GUEVARA⁴

KEYWORDS: Technical room, communications room, board generally low voltage network analyzer, protocol, platform, equipment, monitoring, automation, ups.

DESCRIPTION

At a regional level this institution will provide an alternative for monitoring the development of an electric system through the use of a communication network with a specific protocol, according to the existing teams of the UIS headquarters.

The technological growth within our society in the last century, accompanied by quick, massive demographic growth and the search for comfort that will allow current and future generations live better every day, different kinds of software and hardware have been adopted, making the data and measures acquisition easier. Additionally automating communication systems eases the real-time reading (telemetry) of diverse behaviour parameters (pressure, flow, frequency, among others) that characterize the performance of different devices, allowing implementation of strategies for the rational use of energy (RUE), the quality, efficiency, continuity and electric systems.

The Universidad Industrial de Santander (UIS) has the mission of continuously improving, and thus has allowed improvements on the operation terms, acquiring a BMS (Building Management Systems) automating system. This platform will allow the integration of all of the campuses as well as its main building for the access control monitoring of students, functionaries, and visitors. Furthermore, my thesis is the integration of monitoring teams or susceptible to monitoring in the technical electrical and communication rooms, available in the UIS campuses. It's important to make clear that the monitoring is made to secure each of the headquarters buildings, as is energetic management and rational use of energy (RUE).

³ Undergraduate Dissertation

⁴ Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering, Director: Manuel José Ortiz R. Codirectors: Gabriel Ordoñez Plata.

INTRODUCCIÓN

La monitorización efectiva de los parámetros técnicos de una instalación eléctrica, involucra un proceso sistemático de recolección, análisis y uso de la información con un propósito y objetivos específicos. Desde de la segunda mitad del siglo XX, se inició el auge de la electrónica de control basada en sensores digitales en reemplazo de los dispositivos electromecánicos ampliamente utilizados durante décadas. La convergencia de múltiples dispositivos en un escenario de monitorización supone retos por la gran cantidad de protocolos de comunicaciones e interfaces para la conexión de hardware, sin embargo este obstáculo puede ser superado mediante la aplicación de plataformas de integración de tecnologías de automatización a diversos tipos de sistemas o procesos.

En una plataforma de integración convergen múltiples tecnologías como servidores, bases de datos, sistemas operativos, interfaces gráficas de usuario, redes de comunicaciones, dispositivos electrónicos; los cuales se ven plasmados en un único sistema por medio de un software de integración de múltiples variables que involucra todos los sub sistemas, como por ejemplo las relacionadas al funcionamiento de un sistema eléctrico, al control de accesos a un recinto, la detección de incendio en una edificación, etc.

La implementación de un sistema de automatización en una edificación optimiza la supervisión, el control y la seguridad de todos los procesos realizados en sus instalaciones. La automatización permite la monitorización de diversos tipos de parámetros para realizar de manera automática o voluntaria una serie de tareas mediante dispositivos actuadores que mejoran el tiempo de respuesta ante diversos estímulos mejorando la seguridad y el funcionamiento del mismo.

La Universidad Industrial de Santander (UIS), ha expandido su compromiso educativo en el ámbito departamental, mediante la creación de cuatro (4) sedes en

los municipios de Barrancabermeja, Socorro, Barbosa y Málaga. Analizando la importancia de mejorar las condiciones de operación de las sedes como parte de la estrategia de desarrollo misional, la institución ha incorporado un sistema de automatización de edificios (Building Automation Systems) en la sede principal para integrar servicios como el sistema de control de acceso, el circuito cerrado de TV y el sistema de detección de incendio. Adicionalmente esta herramienta cuenta con la opción propiciar un ahorro energético, es decir, se puede lograr que las sedes adopten un mecanismo de uso racional de la energía (URE), mediante la incorporación de sus dispositivos monitorizables a la red institucional del sistema de automatización, mediante los cuales es posible obtener información periódicamente y de esta lograr identificar punto críticos de consumo, facilitando la determinación de actividades que contribuyan al manejo eficiente de la energía.

El propósito del diseño de la red de comunicaciones es el de optimizar el uso de los recursos energéticos en cada sede, dado que es posible tener conocimiento del consumo en tiempo real, registrando diversos parámetros técnicos como tensión, corriente, potencia entre otros, los cuales son indicadores del funcionamiento del sistema eléctrico de las instalaciones, de igual manera el sistema puede permitir la detección de cortes de suministro y la elaboración de las curvas de demanda diaria; información que es importante si de llevar un control de consumo energético eficiente se trata. Además para aprovechar la inversión realizada por la UIS en el hardware y software instalados actualmente en el campus principal, el cual ya es implementado en algunas áreas como control de accesos, sistemas de detección de incendios, y circuito cerrado de televisión. También, provee indicadores puntuales acerca del funcionamiento de los diversos dispositivos allí presentes, concentrándose en algunos parámetros técnicos de su estado en tiempo real; obteniendo los datos (parámetros) de lugares geográficamente alejados que se deseen monitorizar, siendo esta una de sus ventajas más importante. En cuanto al hardware, se enunciarán los dispositivos

requeridos para la comunicación, analizando los equipos existentes en las sedes, sus características y compatibilidades con el sistema.

Adicional a las ventajas que trae para la UIS integrar todas las sedes en un mismo sistema de comunicaciones que ofrezca información del sistema eléctrico, es necesario analizar y reestructurar las instalaciones o recintos que contienen los equipos necesarios para la interconexión del sistema, así como garantizar que los nuevos equipos instalados y necesarios para establecer la red de monitorización cuenten con las instalaciones locativas aptas para preservar su vida útil, por esto se realizó en este proyecto de grado el análisis y las observaciones pertinentes basados en la normatividad vigente en el territorio Colombiano, como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, y Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones RITEL ,que ofrecen parámetros mínimos de disposición de las instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones; siguiendo esta normativas, e identificando su aplicación en cada uno de los cuartos tanto técnicos como de comunicaciones, , se busca brindar seguridad y confort a los trabajadores y de igual manera proteger la inversión en equipos para la creación de la red de monitorización, además avalar el correcto funcionamiento de los dispositivos instalados para la automatización de las sedes.

Este proyecto de grado al igual que el desarrollado en el campus principal *“DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES Y DE LA INTEGRACIÓN DE LOS EQUIPOS MONITORIZABLES EXISTENTES EN LA SEDE PRINCIPAL DE LA UIS AL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN BMS ADOPTADO POR LA INSTITUCIÓN”*, son los inicios de adopción por parte de la UIS de un sistema de automatización de edificaciones, los cuales tienen como propósito brindar seguridad, confort, gestión energética y comunicación remota a toda la comunidad de la institución.

1. DESARROLLO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento de la comunidad de la UIS, esta ha requerido ampliar su infraestructura y crear sedes a nivel de Santander las cuales suplen las necesidades de aquellos estudiantes que requieren educación de nivel profesional, además cuenta con centros regionales de educación a distancia CREAD (San Vicente, Sabana de Torres, Cimitarra, El Carmen, Lebrija); por estas razones la UIS se caracteriza por ser una institución con una infraestructura grande y una topología dispersa por el departamento de Santander; así mismo otra característica importante de la institución es su creciente población, ya que según el informe UIS en cifras de 2013 cuenta con veintiún mil doscientos veintinueve (21229) estudiantes matriculados⁵ en educación formal (pregrado presencial, pregrado a distancia y posgrado).⁵

Las características anteriormente mencionadas conllevan a generar un alto consumo energético, un sistema eléctrico complejo y difícil de monitorizar, siendo esto un problema cuando se presentan emergencias y fallas en el sistema, ya que las fallas son difíciles de detectar.

La UIS en su continuo mejoramiento implementó el sistema de monitorización (control de acceso, control de las plantas de emergencia, UPS, plantas contraincendios, circuito cerrado de televisión, etc.) Andover Continuum, este sistema de monitorización permite la integración de señales de parametrización del Campus principal.

El presente trabajo de investigación pretende integrar el sistema eléctrico de las sedes de formación profesional de la UIS, mediante el software, aprovechando el sistema adoptado por la institución para el control (Andover Continuum) del campus principal; esta plataforma integrará las señales de parametrización

⁵ Tomado del RETIE 25 de Octubre de 2013

monitorizables o susceptibles de monitorización de las sedes (Barrancabermeja, Barbosa, Socorro, Málaga y Bucarica) como estrategia para la reducción del consumo energético y la supervisión de las condiciones técnicas de los equipos instalados al sistema eléctrico en las sedes con el fin de prever fallas o brindar solución rápida a posibles contingencias y de esta forma obtener un sistema más confiable y seguro

Tomando como referencia la importancia de la implementación de un sistema de comunicación el cual permita monitorizar la institución incluyendo sus sedes, y así facilitar el manejo de datos y la gestión de las redes eléctricas de la UIS, para llevar a cabo esto, es fundamental una infraestructura convergente de energía y comunicaciones y garantizar una infraestructura adecuada; por tanto se realizó la evaluación técnica preliminar a los cuartos de las sedes de la UIS indicando las principales observaciones, estas observaciones se efectuaron conforme la normatividad vigente Colombiana, como el RETIE y la NTC 2050.

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.2.1 Objetivo General

- Recopilar y actualizar la información técnica de los componentes monitorizables o susceptibles de monitorización existentes en la sedes Bucarica, Barrancabermeja, Barbosa, Socorro y Málaga de la UIS con el propósito de diseñar la infraestructura de comunicaciones y la integración de estos componentes al sistema de automatización adoptado por la Institución.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Actualizar y unificar el archivo técnico de los dispositivos de monitorización presentes en los equipos existentes en la institución como plantas de emergencia, transformadores, tableros de baja tensión, unidades ininterrumpidas de potencia, etc. Incluye la definición de los componentes

adicionales como sistemas de detección de incendio, sistemas de detección de intrusos, etc. para mejorar y garantizar condiciones de seguridad de los recintos técnicos que lo alojan.

- Diseñar la red de comunicaciones que se requiere para incorporar los dispositivos de monitorización al sistema de automatización institucional. Incluye la evaluación de alternativas tecnológicas que garanticen la conectividad bajo un esquema racional de costos. Adicionalmente incluye la definición de los requisitos técnicos para garantizar la compatibilidad de los protocolos de comunicaciones de los dispositivos existentes con el sistema de automatización institucional.
- Cuantificar las inversiones que se requieren para las redes de comunicaciones y los equipos adicionales o complementarios que permitan la integración de los equipos incluidos en el inventario de monitorizables. Incluye la estimación de los costos relacionados al enrolamiento y la parametrización de los equipos.

2. GENERALIDADES

Durante cuatro meses se realizaron visitas a las sedes de la UIS, para un total de siete (7) visitas a las sedes, se evidencio las semejanzas en la composición de sus cuartos técnicos eléctricos y los equipos contenidos en él, así como el uso de unidades ininterrumpidas de potencia (UPS) como medida de emergencia y respaldo a las comunicaciones de cada sede en caso de ausencia de la energía eléctrica. Por esta razón, se realizó las definiciones de los equipos comunes encontrados durante las visitas en las sedes, con base en el RETIE, la NTC 2050 y el RITEL.

En primer lugar se dará la definición de los recintos encontrados y analizados en las visitas, estos son los cuartos técnicos eléctricos y cuartos de comunicaciones:

- Según RETIE un cuarto técnico eléctrico *“Recinto o espacio en un edificio dedicado exclusivamente a los equipos y dispositivos eléctricos, tales como transformadores, celdas, tableros, UPS, protecciones, medidores, canalizaciones y medios para sistemas de control entre otros. Algunos edificios por su tamaño deben tener un cuarto eléctrico principal y otros auxiliares”*⁶.
- El cuarto de comunicaciones es el espacio utilizado exclusivamente para alojar los elementos de terminación del cableado estructurado y los equipos de comunicaciones. El diseño de cuartos de comunicaciones debe considerar, además de voz y datos, la incorporación de otros sistemas de información del edificio tales como televisión por cable (CATV), alarmas, seguridad, audio y otros sistemas críticos. Todo edificio debe contar con al menos un cuarto de comunicaciones o cuarto de equipo.

⁶ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013

2.1 SUBESTACIÓN

“Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinadas a establecer o modificar los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica para facilitar el transporte y la distribución de la energía eléctrica”⁷, existen subestaciones eléctricas elevadoras cuya función es elevar el nivel de tensión y subestaciones eléctricas reductoras las cuales son las encargadas de reducir el nivel de tensión.

- Subestación convencional o abierta: subestación cuyos componentes se instalan de tal forma que el aislamiento para su nivel de tensión se obtiene a través del aire a presión atmosférica. Son también denominadas AIS (Air Insulated Substation), subestaciones aisladas al aire.
- Subestación encapsulada: subestación cuyos componentes se instalan en ductos metálicos de tal forma que el aislamiento para su nivel de tensión se obtiene con un gas diferente al aire, normalmente SF6 a presión por encima de la atmosférica. Son también denominadas GIS (Gas Insulated Substation), subestaciones aisladas en gas.

En general se pueden distinguirse tres tipos de subestaciones: generación, transformación y maniobra.

2.2 TRANSFORMADOR

Los transformadores son dispositivos electromagnéticos estáticos que partiendo de una tensión alterna conectada a su entrada se obtiene otra tensión alterna mayor o menor que la anterior en la salida del transformador, según su función.

Permiten así proporcionar una tensión adecuada a las características de los receptores. También son fundamentales para el transporte de energía eléctrica a largas distancias a tensiones altas, con mínimas pérdidas y conductores de secciones moderadas.

⁷ Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión.

A continuación se enuncian las clases de transformadores encontrados en las sedes.

- Transformador Convencional: los transformadores de distribución convencionales se utilizan en intemperie o interior para distribución de energía eléctrica en media tensión. Son equipos diseñados para convertir de media tensión a baja tensión o viceversa. Son comúnmente usados para cargas de servicios residenciales, comerciales e industriales. La mayoría de estos transformadores están diseñados para montaje sobre postes sin embargo algunos se construyen para montaje tipo subestación.



Figura 1. Transformador Convencional Sede Barrancabermeja

Fuente Autor

- Transformador tipo pedestal o pod mounted: Este transformador está diseñado para operar a la intemperie y estar montado sobre una base típicamente de concreto. Tiene integrado un gabinete a prueba de vandalismo, el cual contiene los accesorios y las terminales de conexión.

Los transformadores tipo pedestal se utilizan en lugares donde la seguridad y apariencia son un factor decisivo, tales como: centros comerciales y turísticos, edificios, hoteles, hospitales, pequeña y mediana industria y universidades.



Figura 2. Transformador Tipo Pedestal Sede Barbosa.

Fuente Autor

- Transformador Tipo Postes Trifásico: En la instalación de las redes de distribución, las compañías eléctricas pueden optar por tender líneas aéreas trifásicas, dependiendo de diversos factores, tales como alta densidad, tensiones, requerimientos específicos de equipos, entre otros. El uso de transformadores trifásicos, es conveniente en estas aplicaciones.



Figura 3. Transformador Tipo Poste. Sede Socorro

Fuente Autor

2.3 SECCIONADOR

“Dispositivo destinado a hacer un corte visible en un circuito eléctrico y está diseñado para que se manipule después de que el circuito se ha abierto por otros medios”⁸.



*Figura 4. Seccionador. Sede Barrancabermeja
Fuente Autor*

2.4 TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN (TGBT)

Distribuye y secciona la energía a sectores de la planta. El equipamiento puede variar según el proyecto ejecutivo, que abarca desde seccionadores fusibles hasta interruptores termo magnético de última generación. La construcción se realiza en forma compartimentada o en columnas modulares.

⁸ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013



Figura 5. TGBT. Sede Barrancabermeja

Fuente Autor

2.5 MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los medidores de energía son aparatos usados para la medida del consumo de energía. Existen varios tipos de medidores dependiendo de su construcción, tipo de energía que mide, clase de precisión y conexión a la red eléctrica.

- Medidor de Activa: Mide el consumo de energía activa en kW/h.
- Medidor de Reactiva: Mide el consumo de energía reactiva en kVAR/h.

Los medidores se clasifican de acuerdo a su conexión en la red como: monofásico bifilar, monofásico trifilar, bifásico trifilar, trifásico tetrafilar, trifásico trifilar.

2.6 BÓVEDA

Según RETIE Bóveda es un *“Encerramiento dentro de un edificio con acceso sólo para personal calificado, reforzado para resistir el fuego, sobre o bajo el nivel del terreno, que aloja transformadores de potencia para uso interior aislados en aceite mineral, secos de más de 112,5 kVA o de tensión nominal mayor a 35 kV. Posee*

aberturas controladas (para acceso y ventilación) y selladas (para entrada y salida de canalizaciones y conductores).”⁹

2.7 UNIDAD ININTERRUMPIDA DE POTENCIA (UPS):

UPS también conocido por las iniciales SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida), es la forma abreviada del inglés de Uninterruptible Power Supply. Un Sistema de Alimentación Ininterrumpida es un conjunto de dispositivos estáticos (eléctricos y electrónicos) que aseguran el suministro sin interrupción de una energía eléctrica de calidad. Las UPS además de suministrar energía eléctrica ininterrumpida en caso de corte de red durante un cierto tiempo, protegen ante variaciones de tensión o perturbaciones, suministrando una energía "limpia y estable". Una fuente de alimentación ininterrumpida es un dispositivo destinado a proteger los datos que se están procesando en una computadora contra las interrupciones en el suministro de energía eléctrica.



Figura 6. UPS Sede Barbosa.

Fuente Autor

⁹ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE EDIFICACIONES

Un Sistema de Gestión de Edificaciones (Building Management System-BMS), utiliza los recursos que proporcionan tanto el hardware como el software para administrar y controlar edificios. Un BMS además de ejercer control sobre el comportamiento de componentes del edificio, también proporciona aspectos como el manejo eficiente de la energía, reducción de costos de mantenimiento, estrategias de seguridad y expectativas de mejoramiento.

La posibilidad de tener un sistema automatizado por completo en la edificación se presenta gracias a la creación de una red de dispositivos interconectados entre sí, los cuales son manipulados mediante interfaces gráficas de software, por esta razón, un BMS debe utilizar normas y protocolos adecuados para su buen funcionamiento

3.2 REDES DE COMUNICACIÓN

Las redes de comunicación posibilitan la interconexión de dos o más dispositivos para funciones diversas dependiendo de la aplicación, todo con el propósito de compartir datos, recursos y ofrecer servicios. Es entonces, que de acuerdo a dichas aplicaciones y a los campos donde vaya a ser usada la red, que se implementen topologías y diseños para brindar una mayor cobertura a las necesidades del sistema.

Ejemplificando los usos de una red se tienen en primera instancia las redes de tipo industrial, en las cuales se le da prioridad a la velocidad de respuesta ante la posibilidad de envío de datos en gran magnitud, puesto que, los procesos industriales requieren de un control pertinente y eficiente, y por otro, las redes de datos, que le dan prioridad al envío de información en contraste con la velocidad de respuesta, puesto que, si llegase a presentarse algún retraso en el proceso de transmisión no se vería afectada la función principal de la red.

De forma general, un sistema de gestión de edificaciones (BMS) tiene una estrecha relación con las redes de datos ya que permiten un uso eficiente para plataformas de sistemas de automatización, como el caso de Andover Continuum adquirido por la UIS.

3.2.1 REDES DE DATOS SEGÚN SU ALCANCE

Las redes de datos poseen la siguiente clasificación dependiendo de su alcance:

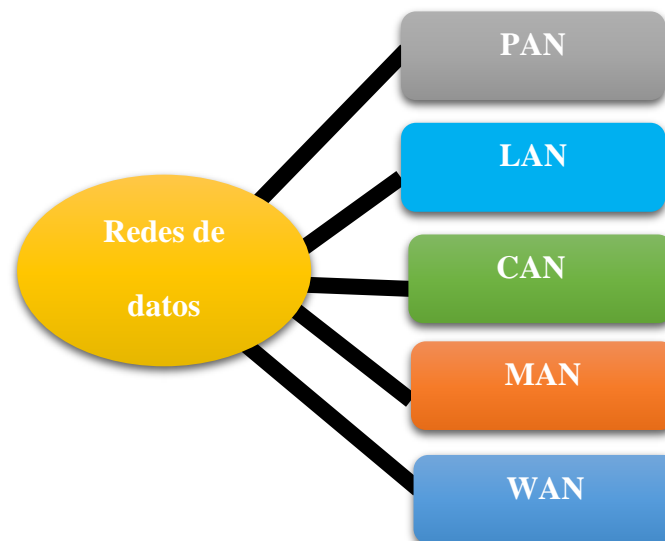


Figura 7. Redes de datos según su alcance

Fuente Autor

- **PAN:** red de área personal, la cual se usa para comunicación entre dispositivos de una computadora para una distancia muy pequeña, como es el caso de un hogar o de una oficina pequeña.
- **LAN:** red de área local, la cual se usa para comunicar dos o más computadoras, además de dispositivos en un área que es relativamente pequeña, por ejemplo, un edificio, un cuarto, una empresa pequeña, entre otros.

- **CAN:** red de área de campus, la cual posee alta velocidad e interconecta entre sí redes LAN en un área determinada, como es el caso de una universidad, un hospital, entre otros.
- **MAN:** red de área metropolitana, se usa en áreas mucho más extensas en comparación con una CAN, pero con ciertas limitaciones en distancia. Por ejemplo sucursales de negocios que se encuentran dentro de la misma ciudad y que estén conectadas a través de un medio de transmisión como la fibra óptica.
- **WAN:** red de área amplia, tiene la capacidad de dar cobertura a un área geográfica mucho más grande, proporcionando servicios por ejemplo a todo un país o hasta un continente.

Las redes de datos se clasifican también de acuerdo a otros parámetros como el tipo de conexión, la relación funcional, tecnología, topología física, direccionalidad de los datos, grado de autenticación, grado de difusión y servicio. Para el caso particular, sólo se analizan los que son fundamentales para la comprensión del diseño de la red de monitoreo de los dispositivos de las sedes de la universidad.

3.2.2 Topologías de red

La topología de la red está definida como la forma en que se encuentra diseñada la red, que puede estar descrita bien sea en un plano físico o en uno lógico. La topología física incluye la distribución y ubicación de los dispositivos a conectar y también el medio de transmisión usado, y la topología lógica es aquella en la cual se tiene en cuenta la ruta para la transmisión y recepción de datos entre los equipos y/o dispositivos conectados, independientemente si son clientes o servidores. Estos dos tipos de topologías no son estrictamente los mismos ya que depende de la aplicación en la cual vaya a ser implementada.

La topología de las redes se describe según su arquitectura en ocho tipos básicos como son:

- Punto a punto: es la más simple de todas, ésta se presenta como la conexión directa entre dos dispositivos o equipos.
- Bus: todos los dispositivos de la red utilizan el mismo canal para comunicarse entre sí, tiene la ventaja de requerir menos cable que otras topologías.

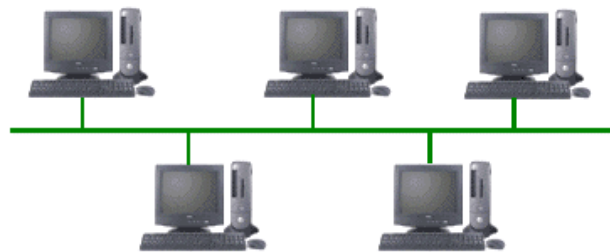


Figura 8. Topología de red en bus.

Fuente Autor

- Cadena Margarita: o también llamada Daisy Chain, en la cual la conexión en sí no forma una red, en sí forma una cadena en la que se conectan dispositivos sucesivamente.

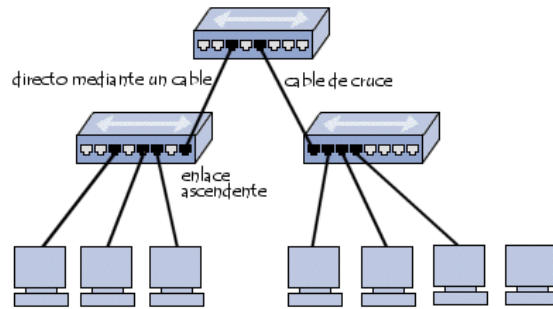


Figura 9. Topología de red Daisy Chain.

Fuente Autor

- Estrella: los dispositivos están conectados de forma directa a un equipo central, el cual es el eje principal de la comunicación.
- Anillo: en esta topología los equipos poseen una sola conexión de entrada y una de salida para transmitir y recibir los datos.
- Malla: los nodos que conectan dispositivos de la red están interconectados entre sí, permitiendo enviar información entre ellos por distintas vías.
- Árbol: para esta topología existe jerarquización para los nodos los cuales son enlazados directamente haciendo que la transmisión de datos recorra distintos niveles entre los nodos.
- Híbrida: se conforma al unir otros tipos de topología de red, para crear una totalmente nueva.



Figura 10. Topologías de red

Fuente Autor

3.2.3 Dispositivos usados generalmente en una red

Para realizar la interconexión entre hosts y poseer conectividad para el envío de información es necesario utilizar dispositivos intermediarios que tienen la capacidad de enrutar o dirigir la información desde un origen hacia un destino. Algunos de éstos son:

- Puerta de enlace: una puerta de enlace también llamada pasarela o Gateway, es un dispositivo con el cual es posible realizar la interconexión de redes con protocolos y arquitecturas diferentes hacia cualquier nivel de comunicación. Su función principal es la de actuar como traductor y convertir la información del protocolo de la red de inicio al protocolo que sea usado por la red hacia la cual los datos estén destinados.
- Switch: un conmutador, es un dispositivo con el cual es posible realizar la interconexión de equipos para usarlos en múltiples redes con el fin de fusionarlos todos y crear una sola red. Poseen la ventaja de mejorar la seguridad y el rendimiento de redes de área local y actuar como filtro en la red.



Figura 11.Switch

Fuente Autor

- Router: un enrutador es un dispositivo que permite interconectar redes que posean diferentes características, como es el caso de una red LAN con un proveedor de servicios de internet (ISP). Al igual que un switch posee puertos Ethernet disponibles que son usados para la conexión a internet y para el acceso a los dispositivos conectados a la red.

3.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas con las cuales dos entidades se comunican entre sí para transmitir cualquier tipo de información por medios que varían dependiendo de la aplicación, es entonces, mediante ellos que aunque el software como el hardware hablen lenguajes distintos, logren entenderse usando los protocolos quienes cumplen con la tarea de traducir cada lenguaje para que el proceso de comunicación sea exitoso.

3.3.1 Modelo OSI/ISO

Desde el momento en que empezó a surgir la conexión de dispositivos mediante el uso de redes, los problemas en el transporte de los datos han sido evitados mediante la estandarización de las arquitecturas en la interconexión de los sistemas de comunicaciones, plasmando todos los estándares en el modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI) desarrollado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO). De ahí que las comunicaciones de todo el planeta estén regidas ante unas normas mínimas para poder transmitir información, descritas en las siguientes siete capas:



Figura 12. Modelo de capas OSI.

Fuente Autor

- Capa física: está encargada de los medios de transmisión, la topología de la red y la forma de transmisión de la información.
- Capa de enlace de datos: está encargada de describir los métodos para el intercambio de tramas de datos a través de un medio.
- Capa de red: haciendo uso de dispositivos enrutadores, esta capa está encargada de permitir que los paquetes de información lleguen desde un host origen hasta un host destino.
- Capa de transporte: permite realizar el transporte de los datos desde un equipo origen hasta uno de destino, independientemente de la topología física que se utilice en la red.
- Capa de sesión: después de haber establecido el enlace para la comunicación entre dos host que estén transmitiendo datos, esta capa permite el control y la conservación del enlace.
- Capa de presentación: esta capa está encargada de representar la información de una forma reconocible para los equipos conectados a la red.
- Capa de aplicación: proporciona los medios para la conectividad de extremo a extremo entre equipos para el intercambio de datos, como también la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas.

3.4 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN UTILIZADOS EN BMS

Un sistema de gestión de edificios utiliza una arquitectura que posee elementos que interactúan entre sí intercambiando información con un formato definido, utilizando medios de transmisión como cable coaxial, cable de par trenzado, fibra óptica, entre otros.

Normalmente los BMS utilizan protocolos de comunicación que suelen ser:

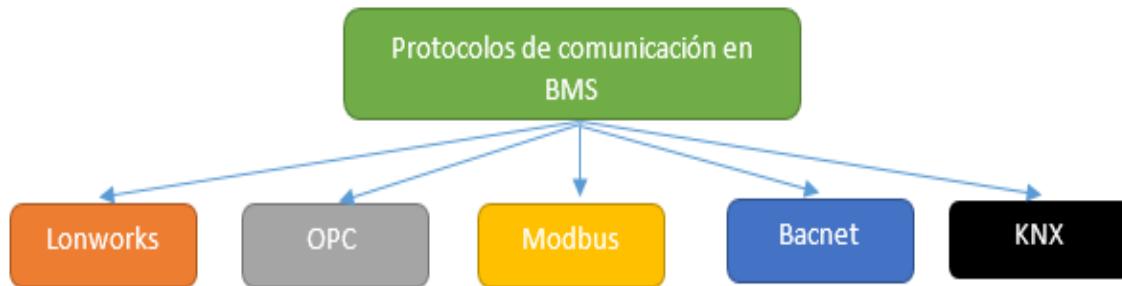


Figura 13. Protocolos de comunicación para BMS

Fuente Autor

3.4.1 Lonworks

Este protocolo está basado en redes de operación local (Local Operating Network-LON), fue desarrollado por la empresa Echelon y ratificado por la ANSI. Consiste en el intercambio de información entre nodos interconectados en la infraestructura de red. Además, fue creado para enfocarse en la monitorización y control de dispositivos.

3.4.2 OPC

Es un protocolo para conectividad que es usado en el ámbito industrial. El OLE for Process Control (OPC) por sus siglas en inglés, usa la arquitectura Cliente-servidor, además de estar basado en tecnología Microsoft. También está diseñado para el acceso a los datos que posee un servidor en la red, mostrando como ventaja que aunque existan cambios en el hardware de la red los fabricantes de software no necesitan realizar de nuevo la implementación de controladores (drivers) para que los componentes de ésta funcionen correctamente.

3.4.3 Modbus

Es un protocolo de comunicaciones estándar que es usado en la industria. Fue desarrollado por la empresa norteamericana Modicon con fines de añadirlo a sus equipos PLC. Su uso público, la administración de bloques de datos sin restricciones y su fácil proceso de implementación lo aventajan por encima de otros protocolos de comunicaciones utilizados a nivel industrial. Su clasificación se puede diversificar por dos caminos que pueden ser usados como son, el Protocolo

de Unidad de Terminal Remota (Modbus RTU) el cual hace uso del puerto serie de un equipo y por otro lado el Protocolo de Control de Transmisión (Modbus TCP) que hace uso del estándar Ethernet que está incluido en la tarjeta de red de los equipos con conector RJ45.

3.4.4 Bacnet

El protocolo de Automatización de Edificios y Control de Redes (BACnet) diseñado por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de Aire (ASHRAE), actualmente es el protocolo usado en los sistemas de automatización empleando redes de área local y de área extensa mediante conexión vía Ethernet o TCP/IP.

3.4.5 KNX

Este protocolo está basado en el modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI), fue desarrollado por un conjunto de empresas que en mayor cantidad son de origen alemán. Consiste en la comunicación mediante el European Installation Bus (EIB), el cual pretende realizar monitoreo y control de componentes de un edificio.

3.5 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS

Este protocolo puede ser usado en casi cualquier tipo de conexión física, como es el caso de RS232, RS422, RS485, fibra óptica, radio y probablemente muchos otros medios de transmisión. Modbus, es un protocolo que define las normas que permiten el intercambio significativo de información entre dispositivos utilizando la arquitectura Maestro/Esclavo, donde se conectan dispositivos en serie utilizados generalmente en sistemas de gestión de edificios (BMS) y sistemas de automatización industrial (NIC). Una de sus mayores ventajas es la de poseer una gran aceptación en la industria, la cual es debida en gran parte a la facilidad de uso.

3.5.1.1 Antecedentes

Modbus, fue diseñado en 1979 por la empresa Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLC). Con el tiempo se ha convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de alto uso en la industria, puesto que goza de suficiente disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

3.5.1.2 Descripción general

El protocolo Modbus está basado en la arquitectura Maestro/Esclavo, la cual es un tipo de aplicación donde las tareas son distribuidas entre dispositivos proveedores de un recurso o servicio, denominados Maestros, y otros que hacen uso de esos mismos recursos o servicios, denominados Esclavos que están bajo sus órdenes.

3.5.1.3 Ventajas de uso

Las razones por las cuales el protocolo Modbus es superior ante otros protocolos de comunicaciones son la de ser público, poseer una fácil implementación y posibilitar el manejo de bloques de datos sin suposición de restricciones.

3.5.2 Arquitectura protocolo Modbus

Una red que usa la arquitectura del protocolo Modbus, permite que el maestro centralice diferentes recursos y aplicaciones para ponerlos a disposición de los esclavos cada vez que uno de éstos lo solicite. En el modelo OSI, el protocolo Modbus se ubica en el séptimo nivel correspondiente a la capa de aplicación, además de estar destinado a trabajar bajo el esquema de solicitud/respuesta.

Para el intercambio entre solicitudes y respuestas de una red Modbus, los dispositivos organizan los datos en Unidades de Datos de Protocolo (PDU) denominadas tramas. Es entonces que bajo la condición de ser un protocolo de capa de aplicación, se requiera resolver el problema del tipo de red usada; con lo

cual se pueden distinguir tres tipos de arquitecturas de protocolos usadas: RTU, TCP y ASCII.

3.5.2.1 Modbus RTU

Modbus RTU se refiere a la forma binaria mediante la cual se hace la representación de los datos, además de que posibilita el control de una red de dispositivos, un ejemplo es el de su uso para la conexión de un equipo de supervisión con unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión de adquisición de datos, mediante la utilización de la arquitectura Maestro/Esclavo. En esta red el tipo de comunicación que se usa para Modbus RTU es serial mediante estándares RS232, RS 485; que posibilitan el uso del servicio de solicitud/respuesta entre los equipos que estén conectados a la red, bien sea el maestro o los esclavos.

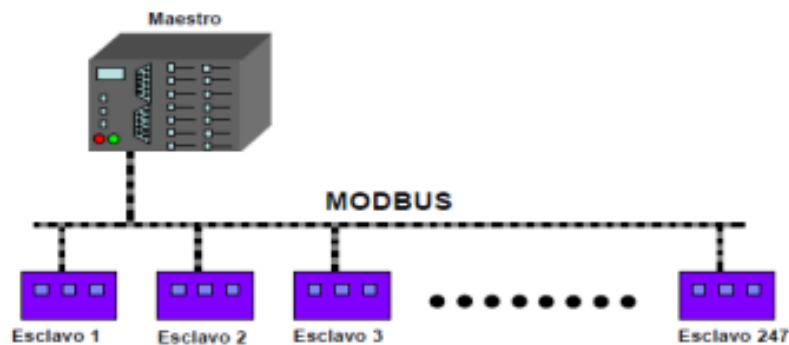


Figura 14.Red Modbus RTU

Fuente Autor

3.5.2.2 Modelo de capas Modbus RTU

Modbus RTU al ser un protocolo de aplicación, describe su funcionamiento en la capa física, de enlace y de aplicación del modelo OSI, como se muestran a continuación:

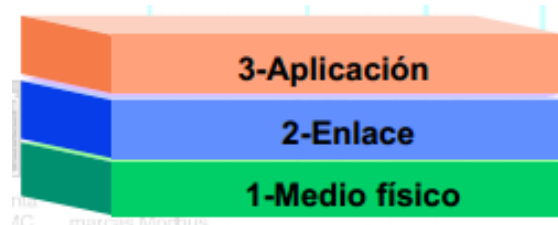


Figura 15. Modelo de capas Modbus RTU

Fuente Autor

- **Medio Físico**

Modbus RTU está diseñado para ser usado sobre medios de transmisión físicos tipo serie asíncrono, como es el caso de EIA/TIA RS232, EIA/TIA, 485 y EIA RS422.

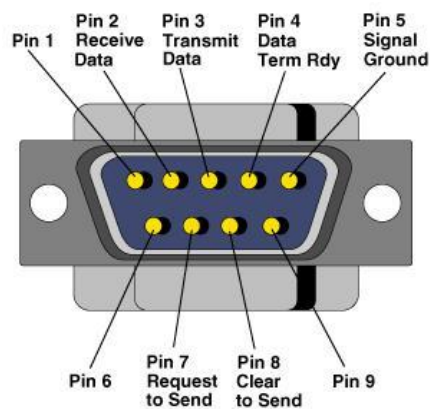


Figura 16. Pines del puerto serie.

Fuente Autor

- **Capa de Enlace**

Modbus RTU (Unidad de Terminal Remota) se caracteriza porque en el proceso de envío de información por bytes realiza la codificación binaria plana de éstos sin que exista algún tipo de conversión. Este protocolo está diseñado originalmente para comunicaciones tipo bus en serie. Una ventaja es la que posee de transmitir menos datos en comparación de la codificación ASCII.

- **Capa de Aplicación**

En esta capa se describe la estructura de un único mensaje que es totalmente independiente del equipo o del fabricante, en la figura 17, se muestra el formato de la trama Modbus RTU, la cual está compuesta por los campos de dirección, función, datos y CRC.

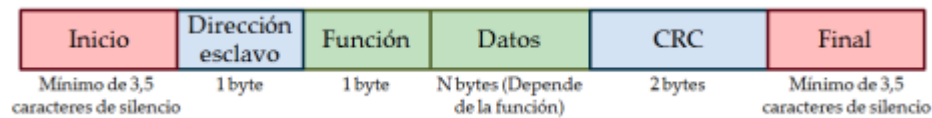


Figura 17. Trama Modbus RTU

Fuente Autor

- **Dirección:** es un valor con el cual se identifica únicamente a un dispositivo esclavo de la red, correspondiendo a un número que esté entre 1 y 247.
- **Función:** el maestro especifica el tipo de servicio que se solicita al esclavo, ejemplo de ello, pueden ser la lectura o la escritura.
- **Datos:** el contenido y el formato de este campo dependen de la función que se utilice y de los valores que se vayan a transmitir.
- **CRC:** comprobación de redundancia cíclica, con el cual se puede detectar errores mediante la validación de datos con cálculos hechos por el emisor y receptor de la trama.
- **Inicio y final:** se utiliza un mínimo de 3.5 caracteres de silencio.

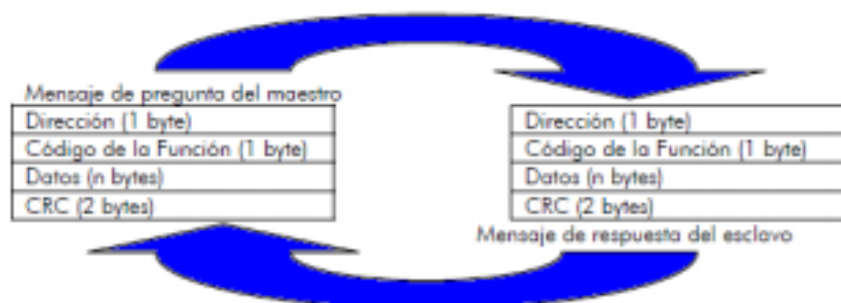


Figura 18. Estructura de un mensaje Modbus-RTU.¹⁰

3.5.2.3 Modbus TCP

Haciendo uso del protocolo Modbus, es posible controlar una red de dispositivos que realizan la medición de alguna variable física y comunicar los resultados que éstos arrojen hacia un ordenador principal. Para este fin, Modbus utiliza también una interfaz TCP que funciona en redes Ethernet, en la cual actúa el soporte de los datos provenientes de la estructura de los mensajes Modbus para los dispositivos que puedan ser compatibles al momento de ser añadidos a la red.

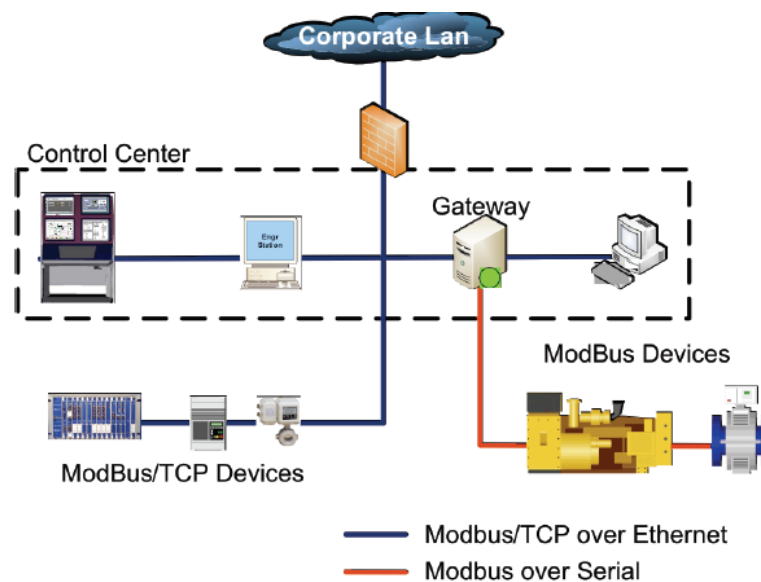


Figura 19. Red Modbus TCP.¹¹

3.5.2.4 Estructura para protocolo Modbus TCP

Modbus TCP es un protocolo con el cual es posible enviar mensajes haciendo uso del protocolo Ethernet aplicando la pila TCP/IP, con el fin de garantizar el proceso de comunicación en el cual el medio de transmisión usado es el cable de par trenzado (UTP). De esta manera es que Ethernet y TPC/IP proporcionan el

¹⁰ "Control de PLCs mediante Modbus". [Consultado 20 de julio de 2014] Disponible en internet <<http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/6711/577960.pdf?sequence=1>>

¹¹ "Modbus TCP". [Consultado 20 de julio de 2014] Disponible en internet <<http://uhu.es/antonio.barragan/content/modbus-tcp>>

soporte necesario para la transmisión de información Modbus entre dispositivos que sean compatibles con el protocolo Ethernet.



Figura 20. Modelo de capas TCP/IP.

Fuente Autor

Modbus TCP es una arquitectura de protocolo diseñada para ser usada sobre medios de transmisión físicos de cobre, como es el caso del cable de par trenzado con blindaje (STP) o sin blindaje (UTP) que cumplen con las normas TIA 568A y TIA 568B.

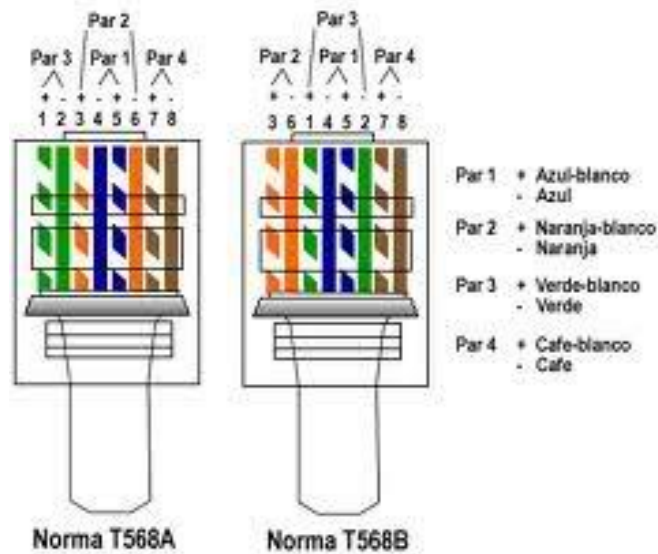


Figura 21. Normas TIA568A y TIA568B.

Fuente Autor

- Encapsulación del mensaje

Para establecer la comunicación el servicio de mensajes cumple con la función de encapsular cada uno de los mensajes Modbus en una PDU denominada trama TCP, que se describe a continuación:

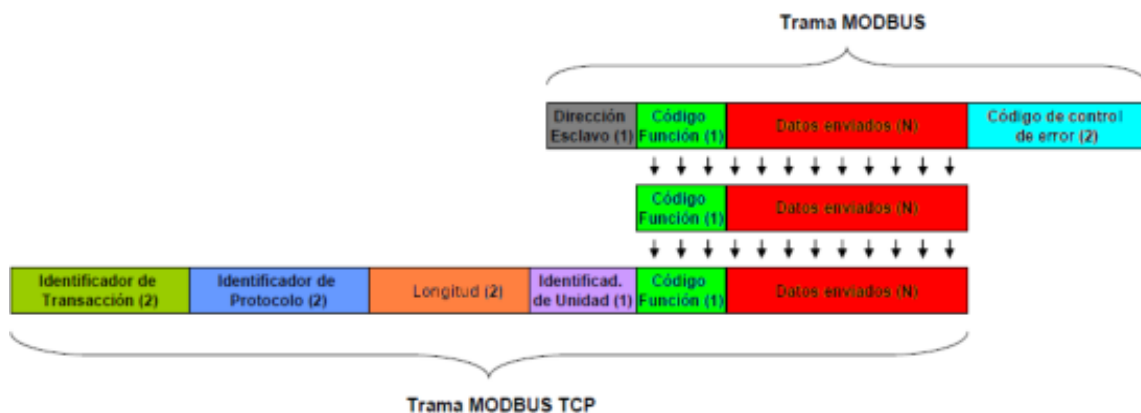


Figura 22. Encapsulado de una trama TCP.¹²

¹² "Control de PLCs mediante Modbus". [Consultado 20 de julio de 2014] Disponible en internet < <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/6711/577960.pdf?sequence=1> >

- **Identificador de transacción:** es utilizado para poder diferenciar los mensajes consecutivos que son enviados por medio de una conexión TCP.
- **Identificador de protocolo:** en este campo el valor utilizado es 0, ya que el protocolo Modbus está identificado con este valor.
- **Longitud:** es un indicador mediante el cual se muestra la cantidad de bytes obtenidos de la suma entre el identificador de unidad, el código función y los datos enviados.
- **Identificador de unidad:** es utilizado para la identificación del servidor remoto que pertenece a otra red que no es de tipo TCP/IP.

3.6 SISTEMA BMS ANDOVER CONTINUUM

Andover Continuum es un potente Sistema de Gestión de Edificios de la empresa francesa Schneider Electric. Este sistema está formado por un conjunto de componentes que conforman la parte física denominados hardware, y por otro conjunto de programas que llevan a cabo una función llamados software; la forma con la cual ellos se relacionan entre sí, se realiza con la utilización de controladores de dispositivos (en inglés *driver*) quienes son los que permiten la interacción entre un sistema operativo y un periférico.

Andover Continuum tiene la ventaja de no necesitar duplicación de equipos, tampoco el uso de hardware o software de terceros para comunicarse con otros tipos de dispositivos. Además la Workstation Andover Continuum permite interactuar directamente con el dispositivo sin la necesidad de salir del software y luego iniciar sesión en una interfaz totalmente independiente para el equipo en cuestión.

Es un sistema típicamente usado a nivel industrial, y al igual que otros de esta naturaleza, utiliza Bacnet como protocolo estándar. Aunque éste sea su protocolo nativo, este sistema provee los medios para integrar dispositivos de otro fabricante utilizando controladores de hardware y protocolos con la misma funcionalidad.

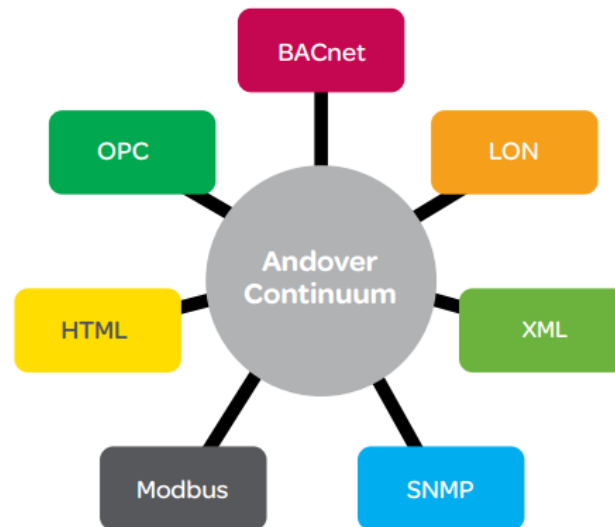


Figura 23. Familia de protocolos para Andover Continuum.

Fuente Autor

El uso de cualquiera de estos protocolos permite comunicarse directamente con dispositivos de otro fabricante en la edificación como son el caso de centrales de incendios, unidades de tratamiento de aire, refrigeradores, variadores de velocidad, entre otros.

4. ACTUALIZACIÓN Y UNIFICACIÓN DEL ARCHIVO TÉCNICO DE LOS DISPOSITIVOS DE MONITORIZACIÓN PRESENTES EN LAS SEDES DE LA UIS

Para la realización de la actualización y unificación del archivo técnico de las sedes (Barrancabermeja, Socorro, Barbosa, Málaga y Bucarica), se realiza la visita programada en cada una de ellas, esto con el fin de verificar y examinar las condiciones de los cuartos técnicos presentes en cada sede (Anexo Digital 17. Archivo Técnico).

A continuación se muestra el resumen de cuartos técnicos de las sedes:

| SEDE | CUARTOS TÉCNICOS |
|-----------------|-------------------------|
| BARRANCABERMEJA | Edificio de Aulas |
| | Edificio de Biblioteca |
| SOCORRO | Aulas y Administrativos |
| | Canchas múltiples |
| | Edificio Biblioteca |
| BARBOSA | Aulas y administrativos |
| | Edificio Biblioteca |
| MÁLAGA | Edificio 3. |
| | Edificio 1. |
| BUCARICA | Edificio 1. |

Tabla 1 Cuartos Técnicos Eléctricos Sedes UIS

Con respecto a los cuartos de comunicaciones encontrados en las sedes, se realiza el siguiente resumen, en la tabla 1, se evidencia un resumen de los cuartos de comunicaciones con sus respectivas sedes.

| SEDE | CUARTOS DE COMUNICACIONES |
|-----------------|----------------------------------|
| BARRANCABERMEJA | Edificio de Aulas |
| | Edificio de Biblioteca |
| SOCORRO | Aulas y Administrativos |
| BARBOSA | Aulas y Administrativos |
| | Edificio Biblioteca |
| MÁLAGA | Edificio 3 |
| BUCARICA | Edificio 1. |

Tabla 2. Cuartos de Comunicaciones Sedes UIS

Como se describe en las Tabla 1 y 2, en estos cuartos técnicos y comunicaciones se realizaron las visitas necesarias. Estas visitas se programaron con planta física, en cada una de las sedes. Los profesionales encargados de planta física nos acompañaron en los recorridos, se contó con la presencia del Ingeniero Edwin Giovanni Walteros Álvarez en Barbosa, Ingeniero Daniel Fernando Duarte Pabón en Barrancabermeja, Edinson Jesús Almeyda Melgarejo en Málaga, Ingeniera Luz Helena Almeida Gutiérrez en Socorro. Los encargados de planta física cumplieron un papel importante, al suministrar la información necesaria sobre la instalación eléctrica de las sedes, igualmente durante la visita su función fue asesorar y supervisar.

Durante la visita se recopiló la información necesaria para el análisis de los equipos monitorizados o susceptibles de monitorización. Se recopiló información de tableros de media tensión, tablero general de baja tensión (TGBT), medidores, transformadores, UPS y demás equipos necesarios para la inclusión al sistema de monitorización de la UIS. Para el registro de la visita se realizó un formato estándar, el cual se utilizó de igual forma en todas las sedes, este registro de visita (figura 24), contó con la aprobación de los encargados de planta física de las sedes de la UIS al finalizar cada visita.



|   | | REGISTRO DE VISITA | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------|------|
| 1 | INFORMACIÓN GENERAL | | | | | | |
| | FECHA | DÍA | MES | AÑO | SEDE: | REGISTRO DE LLEGADA | |
| | | | | | UIS | Inicio: | Fin: |
| | AGENDA | | | | RESPONSABLES: | | |
| 2 | TABLEROS Y EQUIPOS EN SUBESTACIÓN | | | | | | |
| | | | Seccionador | Celda de Medida | Remonte | | |
| | MEDIA TENSIÓN | MARCA | | | | | |
| | | TENSIÓN | | | | | |
| | | OBSERVACIONES | | | | | |
| | | | TGBT | Transferencia | Medidores | Banco de conde. | |
| | BAJA TENSIÓN | MARCA | | | | | |
| | | TENSIÓN | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | |
| 3 | TRANSFORMADOR | | | | | | |
| | TRF N° | TENSIÓN | | OBSERVACIONES | | | |
| | | POTENCIA | | | | | |
| | | MARCA | | | | | |
| | TRF N° | TENSIÓN | | OBSERVACIONES | | | |
| | | POTENCIA | | | | | |
| MARCA | | | | | | | |
| 4 | EQUIPOS ADICIONALES | | | | DISPOSITIVOS MONITORIZADOS | | |
| | | | | | | | |
| 5 | OBSERVACIONES DEL CUARTO | | | | 6 | EQUIPOS MONITORIZABLES | |
| | Subestación | | Comunicaciones | | | | |
| | | | | | | | |
| FIRMA: | | | | | | | |

Figura 24. Registro de Visita

Fuente Autor

En el registro de visitas (anexo digital 1, 3, 5, 7 y 9) se compilaron datos y características de los diferentes equipos encontrados en las sedes de la UIS. Este se completó con los datos de placa de equipos, además se realizaron las observaciones del estado, tanto de equipos como de cuartos técnicos y cuartos de comunicaciones. En las visitas se evidenciaron varias falencias, los equipos encontrados en algunos cuartos eléctricos, son muy viejos y no presentaban placas de datos. Además no se contaba con luxómetro, para evaluar la cantidad de luxes en cada cuarto.

Con el registro de visita se realizó el inventario de las sedes, esto conllevó a las tablas resumen presentadas a continuación.

| SEDE | CUARTO TÉCNICO | ANALIZADOR EN EL TGBT | UPS | PLANTA ELÉCTRICA | TRANSFORMADOR DE POTENCIA |
|-----------|--------------------------|-----------------------|-----|------------------|---------------------------|
| B/BERMEJA | Biblioteca | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | Administración/Aulas | 0 | 1 | 0 | 1 |
| SOCORRO | Biblioteca | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | Administración/Aulas | 0 | 4 | 0 | 2 |
| BARBOSA | Aulas | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | Biblioteca | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | Subestación | 0 | 0 | 0 | 1 |
| MÁLAGA | Edificio 3. Admon/ Aulas | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | Edificio 1. Laboratorios | 0 | 0 | 0 | 1 |
| BUCARICA | Administración | 0 | 2 | 0 | 1 |

Tabla 3. Clasificación Cuarto Técnicos de las Sedes de la UIS

Además de los cuartos técnicos, se realizó la visita y su respectivo registro a los cuartos de comunicaciones. Debido a que las sedes no cuentan con un sistema alternativo en caso de falla de la energía eléctrica, utilizan unidades ininterrumpidas de potencia (UPS) como fuente de respaldo, estas UPS respaldan las

comunicaciones de las sedes de la UIS. En la Tabla 4. Se relacionan las UPS presentes en las sedes, la cantidad y sus potencias respectivamente.

| SEDE | CUARTO DE COMUNICACIONES | UPS | CANTIDAD |
|-----------------|--------------------------------------|-----|----------|
| BARRANCABERMEJA | Biblioteca | SI | 1 |
| | Administración/Aulas | SI | 1 |
| SOCORRO | Biblioteca | NO | --- |
| | Administración/Aulas | SI | 4 |
| BARBOSA | Aulas | SI | 2 |
| | Biblioteca | SI | 1 |
| MÁLAGA | Edificio 3. Administración/ Aulas | SI | 2 |
| | Edificio 1. Laboratorios | NO | --- |
| BUCARICA | Administración | SI | 2 |

Tabla 4. Clasificación Cuartos de Comunicaciones de las Sedes de la UIS.

La evidencia de los registros de visita diligenciados, se encuentran en los anexos 1, 3, 5, 7, 9, en formato digital. Estos formatos se llenaron con las observaciones realizadas a cada uno de los cuartos eléctricos y de comunicaciones de las sedes. Cada anexo contiene la información de las sedes por separado registros de visitas y registro fotográfico de los equipos pertenecientes a dichos cuartos, los Anexos 1 y 2 corresponden la sede de Barrancabermeja, Anexo 3 y 4 a la sede de Socorro, Anexo 5 y 6 a la sede de Barbosa, Anexo 7 y 8 a la sede de Málaga y Anexos 9 y 10 a la sede de Bucarica, en los anexos 2, 4, 6, 8 y 10 los cuales son fotográficos se discriminan en carpetas por separado dependiendo del edificio e igualmente el cuarto (cuarto técnico eléctrico o cuarto de comunicaciones).

5. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE DISPOSITIVOS EXISTENTES Y A IMPLEMENTAR

5.1 IDENTIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS CON CAPACIDAD DE MONITOREO

Antes de proceder a la realización del diseño de la arquitectura de la red de comunicaciones se hizo necesaria la identificación de los equipos aptos para monitorización de las sedes de la UIS, dado que, ante la existencia de gran cantidad de protocolos presentes en los dispositivos se debía analizar cada uno de ellos para posteriormente seleccionar el más adecuado para la realización del diseño de la red y también para su futura implementación.

Luego de las visitas a cada una de las sedes regionales, se encontró que los equipos aptos para monitorizar a corto plazo, e inclusión al sistema de automatización Andover Continuum son los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS), siendo éstos los únicos dispositivos con los que cuenta actualmente cada sede para llevar a cabo su inclusión en la red de comunicaciones. Por consiguiente, en la tabla 5, se muestran las UPS que poseen las sedes para suministro de energía en aquellos momentos donde existan cortes de la electricidad que alimenta a los edificios de cada una; teniendo en cuenta que estos equipos actualmente respaldan únicamente equipos ofimáticos o de comunicaciones ante la usencia de suministro energético.

| SEDES | EDIFICIO | UPS | | | PUERTO | PROTOCOLO |
|-----------------|-------------------------|----------|-----------|----------------|---------|------------|
| | | CANTIDAD | MARCA | POTENCIA [kVA] | | |
| BARRANCABERMEJA | BIBLIOTECA | 1 | POWER COM | 2 | RS- 232 | MODBUS RTU |
| | | 0 | --- | --- | RS- 233 | MODBUS RTU |
| | AULAS/ADMINISTRACIÓN | 1 | POWER COM | 8 | RS- 234 | MODBUS RTU |
| BARBOSA | AULAS/ADMINISTRACIÓN | 1 | POWER COM | 10 | RS- 235 | MODBUS RTU |
| | | 1 | PEI | 8 | RS- 236 | MODBUS RTU |
| | BIBLIOTECA | 1 | POWER COM | 12 | RS- 237 | MODBUS RTU |
| | SUBESTACIÓN | 0 | --- | --- | RS- 238 | MODBUS RTU |
| SOCORRO | AULAS/ADMINISTRACIÓN | 1 | POWER COM | 8 | RS- 239 | MODBUS RTU |
| | | 1 | POWER COM | 8 | RS- 240 | MODBUS RTU |
| | | 1 | POWER COM | 8 | RS- 241 | MODBUS RTU |
| | | 1 | POWER COM | 8 | RS- 242 | MODBUS RTU |
| | CANCHAS MULTIPLES | 0 | --- | --- | RS- 243 | MODBUS RTU |
| | BIBLIOTECA | 0 | --- | --- | RS- 244 | MODBUS RTU |
| BUCARICA | ADMINISTRACIÓN | 1 | POWER COM | 8 | RS- 245 | MODBUS RTU |
| | | 1 | POWER COM | 8 | RS- 246 | MODBUS RTU |
| MÁLAGA | SUBESTACIÓNLABORATORIOS | 0 | --- | --- | RS- 247 | MODBUS RTU |
| | AULAS/ADMINISTRACIÓN | 1 | POWER COM | 8 | RS- 248 | MODBUS RTU |
| | | 1 | PEI | 8 | RS- 249 | MODBUS RTU |

Tabla 5. UPS disponibles en las sedes de la UIS

Por otro lado, la incorporación de analizadores de redes en los tableros generales de baja tensión es la sugerencia que se genera, con el fin de medir variables de la red eléctrica, y así poder añadirlos como dispositivos con capacidad de monitoreo. Se hace la claridad de que éstos deben contar con un puerto de comunicaciones disponible para su posible integración a la red del BMS, al igual que un protocolo de comunicaciones que ofrezca compatibilidad con la plataforma de Andover Continuum, de lo contrario se analizaran los equipos necesarios para su incorporación a la red de comunicaciones. Para tal efecto, en la sección 5.2 se realiza una descripción de los datos que estos equipos suministran.

5.2 DATOS SUMINISTRADOS POR LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA Y ANALIZADORES DE REDES

El sistema de gestión de edificios (BMS) Andover Continuum adquirido por la UIS, al estar basado en una tecnología estándar, permite que se integren sistemas de distintos proveedores, con lo cual es posible el proceso de adquisición de datos provenientes de dispositivos que pertenezcan a la familia de productos que ofrece Schneider Electric u otros de empresas ajenas a ellos como es el caso de las UPS. De ahí que, haciendo uso de protocolos de comunicación elegidos correctamente se pueda realizar la conexión de los equipos de la red para poder

obtener variables con las cuales se pueden observar las condiciones y las señales que arrojen los equipos.

Un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) como dispositivo con capacidad de monitorización puede ser integrado a la plataforma de Andover Continuum, ya que su uso es de alta importancia al cumplir con la función de proporcionar energía eléctrica durante un tiempo determinado y durante cortes de energía a los dispositivos con los cuales tenga conexión eléctrica, de tal manera que, al hacer uso de su interfaz RS-232 existe la posibilidad de monitorear las siguientes variables:

- Nivel de carga (%)
- Tiempo de descarga estimado (min)
- Estado de la batería
- Voltaje y corriente de salida
- Frecuencia de salida
- Voltaje de entrada
- Alarmas

La posibilidad de incorporar dispositivos analizadores de red permitirá monitorear variables de la red eléctrica, sobre todo las que tienen que ver con la transmisión de las señales eléctricas. Algunas de estas variables se mencionan a continuación:

- Magnitudes estándar: tensión, intensidad, corriente por neutro, potencia aparente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, factor de potencia, frecuencia entre otras.
- Variables de energía: energía aparente, energía activa, energía reactiva, , registro de curvas de carga, entre otras.

- Vigilancia de estado de instalaciones y calidad de red: tensión, distorsión armónica (THD), Intensidad de distorsión, ángulo de fase, ángulo de desfase, armónicos de tensión entre otras.

5.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Mediante el uso del hardware y software del sistema BMS que se encuentra instalado actualmente en la universidad, es posible realizar la incorporación de dispositivos con capacidad de monitoreo presentes en las sedes, con el fin de observar y controlar variables (descritas anteriormente) tanto de los equipos como de la red eléctrica, es entonces que, mediante el uso de protocolos específicos se garantice la correcta comunicación de los equipos desde su ubicación inicial hasta el punto destinado para el monitoreo.

Los protocolos son tan numerosos como los mismos proveedores de servicios, inclusive puede suceder que un solo proveedor ofrezca equipos que posean diferentes protocolos. Este problema se soluciona mediante la instalación de interfaces de hardware que permitan el uso de una red de comunicación común, además de la utilización adecuada de protocolos que integren todos los dispositivos a la red de área local.

Uno de los tantos dispositivos con capacidad de integración al sistema BMS, son las UPS, puesto que, cuentan con un puerto disponible para la interfaz con la computadora, proporcionando el estándar RS-232 con protocolo de comunicaciones Modbus, así como compatibilidad con DOS, WINDOWS y otra clase de sistemas operativos.



Figura 25. Puerto RS-232 disponible en las UPS

Fuente Autor

6. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE LA RED DE COMUNICACIONES

Después de realizar las visitas en cada una de las sedes regionales y haber identificado los puertos y protocolos disponibles en las UPS, es necesario realizar un análisis más detallado de la topología de la red institucional, mediante la cual se establecerá la comunicación de los equipos que cumplirán con la función de enviar datos en tiempo real para ser analizados y monitoreados en la Workstation de Andover Continuum.

6.1 RED INSTITUCIONAL

Mediante el acople de redes con diferentes topologías de red, compañías privadas o estatales hacen posible la comunicación entre sedes o sucursales que están en diferentes áreas geográficas. Gran cantidad de ellas utilizan las Redes de Área Amplia (WAN) y Redes de Área Local (LAN), para hacer posible el intercambio de paquetes de datos que viajan tanto por cobre como por fibra óptica, desde dispositivos origen hasta otros de destino.

La UIS, en cada una de sus sedes cuenta con redes LAN para comunicación, transporte y envío de datos. Además, utiliza los servicios ofrecidos por un

Proveedor de Servicios de Internet (ISP) que posibilitan la conexión de las redes LAN de cada sede mediante dispositivos intermedios que proporcionan el funcionamiento de una red WAN.

Las sedes de la universidad se encuentran ubicadas geográficamente en diversas partes del departamento de Santander, la central está situada en la capital del departamento (Bucaramanga), como se aprecia en la figura 26. El direccionamiento de los datos se hace efectivo desde cualquier sede regional mediante el uso del protocolo ARP, que permite que se conozcan las direcciones físicas de una tarjeta de interfaz de red correspondiente a una dirección de Protocolo de Internet (IP), siendo ésta dirección (IP), el destino con el cual el dispositivo emisor establece el enlace para el envío de información.



Figura 26. Descripción geográfica de las sedes
Fuente Autor

6.1.1 Red LAN

Una Red de Área Local (LAN) es una de las clases de topologías de red, ésta es muy rápida y posee el alcance suficiente de trabajo para que desde la subestación y el cuarto de equipos ubicado en cada sede regional se establezca una conexión eficiente hasta el cuarto de comunicaciones.

La Universidad Industrial de Santander en el campus principal y en cada una de sus sedes posee una red de datos de área local con topología en estrella. Esta topología trabaja con tecnologías Gigabit y Fast Ethernet además de fibra óptica para la comunicación entre el centro de cableado principal y los centros de cableado que estén ubicados en cada edificio de la institución.

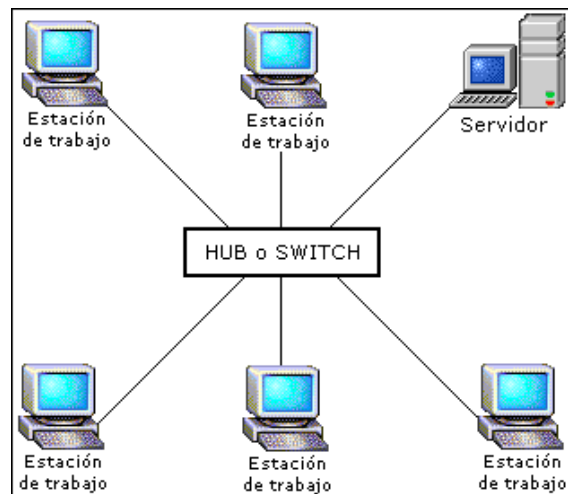


Figura 27. Topología en estrella

Fuente Autor

Además, la universidad dispone de una unidad principal para la red LAN institucional como lo es el equipo BD8806 marca Extreme Networks (figura 28), en el cual se concentra la administración, procesamiento y enrutamiento general de la red LAN institucional.



Figura 28. BD8806 Extreme Networks

Fuente Autor

Éste equipo posee 3 tarjetas con puertos Gigabit Ethernet en fibra óptica mediante los cuales se conectan los centros de cableado del campus principal, la Facultad de salud, la sede Guatiguará, la sede Bucarica y el canal dedicado a internet.

Por otro lado, las sedes cuentan cada una con una LAN independiente para servicios de red, como es la distribución de internet para las salas de informática y para las oficinas, puntos de acceso inalámbrico de uso privado y de uso público, impresoras, teléfonos IP, entre otros dispositivos. En la ilustración 29 se puede observar un esquema de la topología de red donde se involucran dispositivos de encaminamiento y conmutación como lo son los Routers y Switches.

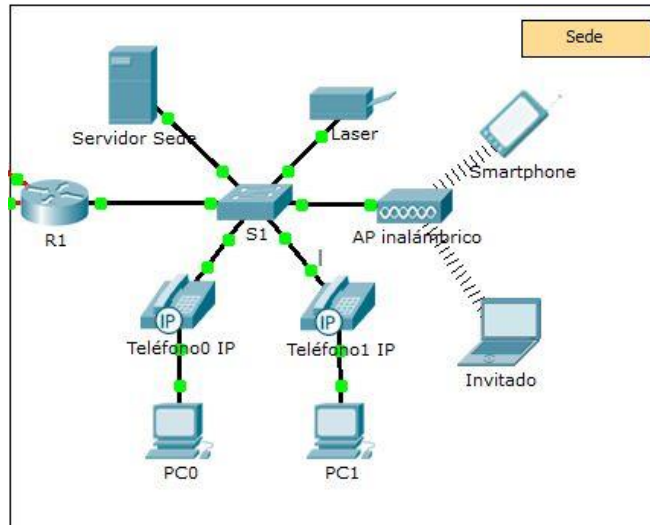


Figura 29. Ejemplo de los componentes de una red LAN

Fuente Autor

Todos estos dispositivos se alojan dentro de un soporte metálico (RACK) especial para equipos electrónicos, informáticos y de comunicaciones, con medidas de anchura normalizadas para compatibilidad con equipamiento de cualquier fabricante.



Figura 30. Cuarto de RACK – Sede Málaga

Fuente Autor

Este soporte metálico debe estar localizado en un cuarto específico desde el cual se haga la distribución del cableado hacia los puntos de red donde serán conectados los dispositivos finales; además, éste será el destino hacia el cual se dirigirá el cableado proveniente de los cuartos de equipos y subestaciones para hacer posible el monitoreo de UPS y analizadores de redes.

6.1.2 Red WAN

Mediante el uso de una Red de Área Amplia (WAN), es posible compartir dispositivos y tener acceso rápido y eficaz a los recursos de una organización, su característica es la de proporcionar un medio de transmisión a largas distancias sobre áreas geográficas específicas.

Un dispositivo de red llamado enrutador (Router) conecta las LAN a una WAN. En las redes que utilizan IP, el Router mantiene tanto una dirección de la LAN como la dirección de la WAN, en una tabla de rutas que debe ser configurada correctamente.

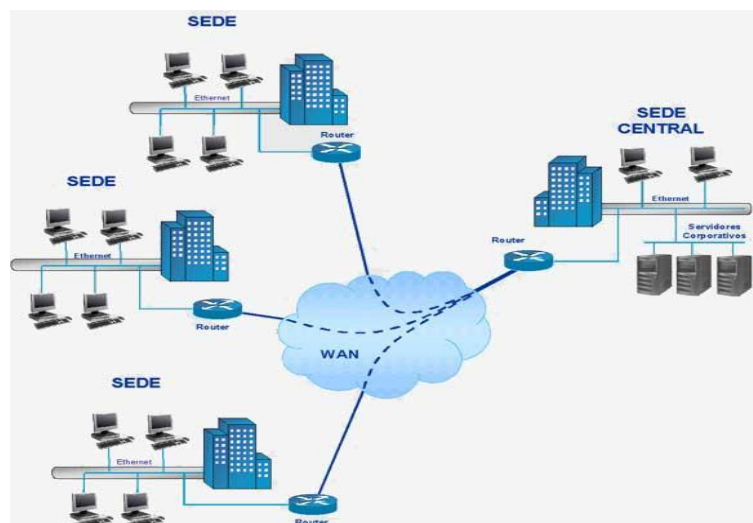


Figura 31.Red WAN.

Fuente Autor

La universidad hace uso de estas topologías y dispositivos de red para conectar todas sus sedes regionales (Barrancabermeja, Barbosa, Socoro y Málaga), las cuales se encuentran interconectadas con el centro de cableado principal a través de enlaces contratados con la empresa Telefónica TELECOM. Estos enlaces son recibidos en el centro de cableado de la sede Bucarica. El ancho de banda de estos canales es de 50Mbps para Barrancabermeja y Barbosa, 40Mbps para Socorro y 15 Mbps para Málaga.

La finalidad de este proyecto es la de utilizar dispositivos de monitoreo de variables de la red eléctrica y también la obtención de datos de equipos existentes en las sedes, por medio de los recursos que proporciona la plataforma de Andover Continuum. De ahí que, la interconexión de los equipos pase por diversas etapas en las cuales las señales provenientes de la red eléctrica en forma analógica sean codificadas y analizadas, y las que sean enviadas desde las UPS, viajen por los medios de transmisión cableados o inalámbricos para ser monitoreados en tiempo real en una central ubicada en la sede principal de la universidad.

6.2 PLATAFORMA DE SOFTWARE ANDOVER CONTINUUM

Al haber identificado el protocolo que usan los dispositivos monitorizables (Modbus), se abre la posibilidad a corto o largo plazo de integrar dispositivos que tengan compatibilidad con el protocolo de comunicación, por esta razón, es necesario que Andover Continuum se adapte a una comunicación regida por este tipo de protocolo.

Una de las ventajas de integración de equipos a la plataforma del sistema de gestión de edificios (BMS) “Andover Continuum”, es la de permitir controlar y supervisar y gestionar el sistema eléctrico, automatizar el sistema de distribución; lo que conlleva a la creación de un sistema de comunicaciones asociado, con el cual se hace posible la unión de una red de varios sistemas de distintos proveedores.

Para la integración del protocolo Modbus en la plataforma Andover Continuum, se requiere de dispositivos como parte del hardware, que permitan una interpretación correcta de la información que se reciba en la aplicación de software del servidor de la central de la red.

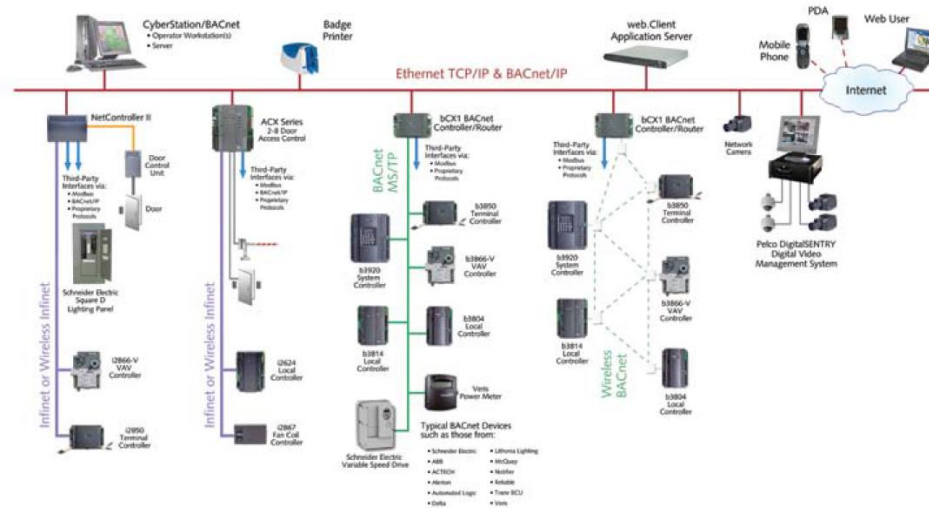


Figura 32. Arquitectura utilizada por Andover Continuum

Fuente Autor

La arquitectura expandida del sistema de automatización de edificios Andover Continuum, contiene diversos componentes especializados en las áreas que se describen a continuación:

- **Seguridad:** utiliza controladores dedicados para sistemas de seguridad, con el fin de enlazar los dispositivos que se encuentren en niveles inferiores que posea la arquitectura.

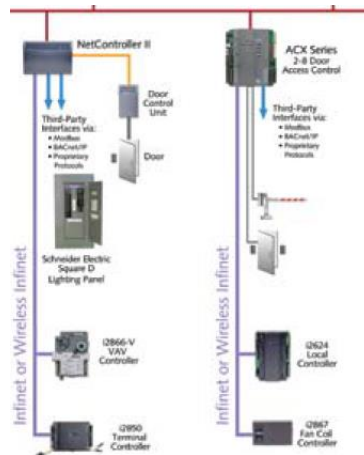


Figura 33. Componentes de seguridad de Andover Continuum
Fuente Autor

- **HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning) e Iluminación:** los controladores utilizan infinnet como protocolo de comunicación, o también BACnet para realizar enlaces entre dispositivos que estén acoplados en niveles inferiores de la arquitectura.



Figura 34. Componentes de HVAC e Iluminación de Andover Continuum
Fuente Autor

- **Sistema Inalámbrico:** los controladores inalámbricos requieren del uso de un adaptador (Wireless Adapter) con el cual se conecta cada controlador

con el fin de comunicarse con los demás controladores a través de una red inalámbrica.

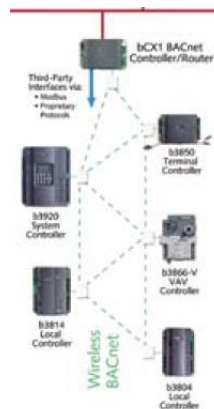


Figura 35. Componentes del sistema Inalámbrico de Andover Continuum

Fuente Autor

- **Subsistema de control y video:** la plataforma permite acoplar sistemas de monitoreo y control de video mediante la red Ethernet.



Figura 36. Componentes del subsistema de control y video de Andover Continuum

Fuente Autor

Considerando los componentes de hardware que cumplen con tareas asignadas, se debe tener en cuenta que éstos deben funcionar en acción simultánea con una

aplicación de software que permita aprovechar al máximo de su funcionalidad. Andover Continuum posee una plataforma de software que ofrece una amplia gama de servicios con los que es posible administrar los equipos incluso de forma remota.

Para este fin se deben usar controladores o puertas de enlace que estarán vinculados directamente con cada equipo, éstos se encuentran organizados en categorías generales, en las cuales se describen los modelos, los equipos con los que interactúan y sus correspondientes aplicaciones.

6.2.1 Controladoras

Las controladoras son dispositivos de hardware que permiten la comunicación con los dispositivos a monitorear, éstos mediante sus puertos hacen posible que equipos de terceros sean conectados físicamente, para posteriormente hacer uso de los protocolos indicados que a su vez posibilitarán la adquisición de datos. Haciendo uso de este tipo de dispositivos, se logra establecer comunicación directa con equipos ajenos a la compañía que estén instalados en un edificio, tales como centrales de incendios, aires acondicionados, generadores de emergencia, conmutadores de video y otros equipos similares.

La compatibilidad de las controladoras viene definida según varias categorías que han sido establecidas por Andover Continuum dependiendo del equipo de terceros a interconectar, éstos pueden ser:

- **Infinity (SX8000):** cuenta con dispositivos CX9200, Eclipse y CMX 240.
- **Andover Continuum de primera generación:** cuenta con dispositivos NetController, Eclipse, CX 9924, CX 9200.
- **Andover Continuum de segunda generación:** cuenta con dispositivos NetController II, ACX Series Access Controllers (Models 5720 & 5740), BACnet bCX1, Infinet Bcx1.

Para el caso en consideración, se analizan las Controladoras de Andover Continuum de segunda generación, con el fin de seleccionar el adecuado para su posterior implementación con los equipos a monitorear.

6.2.1.1 bCX1

Existen dos modelos básicos para la serie bCX1, que proporcionan toda la funcionalidad para encaminar mensajes entre redes BACnet. Estos dispositivos pueden comunicarse directamente con otros dispositivos de terceros que estén trabajando bajo estándares BACnet/IP y BACnet MS/TP. El bCX1 solo soporta BACnet sobre Ethernet, pero permite también dispositivos que se comunican con otras versiones de BACnet.

Dentro de su configuración de hardware posee dos puertos de comunicación, RS-485 y RS-232 compatibles con el protocolo Modbus. En la figura 37, se pueden apreciar los puertos disponibles con los que cuenta el equipo.

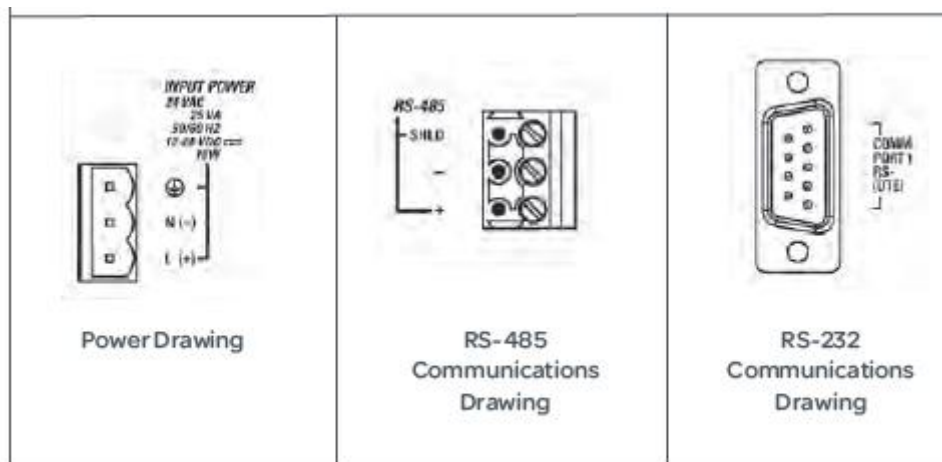


Figura 37. Puertos disponibles para controlador Bcx1

Fuente Autor

6.2.1.2 ACX Series Access Controllers

La serie ACX ha sido diseñada con flexibilidad, sabiendo que las instalaciones de seguridad no son las mismas en todos los edificios. Cuenta con dos modelos: el 5720 y el 5740.

| ACX Series | Model 5720 | Model 5740 |
|----------------------|------------|------------|
| Universal Inputs | 6 | 12 |
| Reader Inputs | 4 | 8 |
| Tamper Input | 1 | 1 |
| Digital Lock Outputs | 2 | 4 |

Tabla 6. Características para Controladores ACX.

Fuente Autor

Las comunicaciones con la serie ACX no es sólo rápida, soporta además, tasas de transferencia por encima de 100 Mbps. Por otra parte, tiene un puerto RS485 para acople con otros equipos como se muestra en la figura 38.

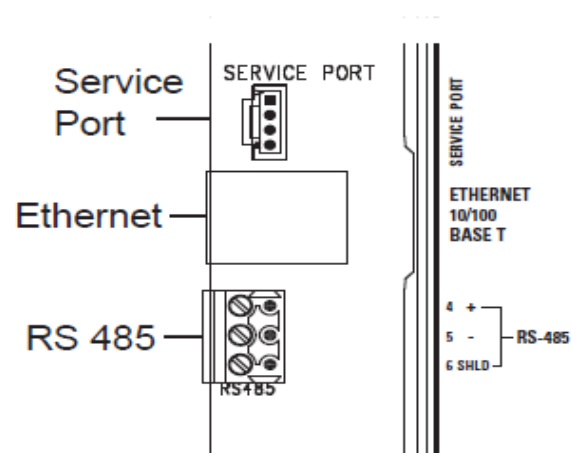


Figura 38. Puertos disponibles para controlador ACX.

Fuente Autor

6.2.1.3 NetController II

La controladora NetController II, ha sido diseñada para reemplazar la versión perteneciente a la controladora de primera generación de Andover Continuum. Teniendo en cuenta las opciones de alimentación del dispositivo, éste puede entrar en funcionamiento con módulos de entrada y/o salida de voltaje DC. Adicionalmente, soporta fuentes de alimentación de 24 VAC también para actuar y desarrollar sus tareas.

Los puertos con los que cuenta para comunicación se muestran en la figura 39, entre ellos puertos de comunicación RS232 (2 puertos) y RS485 (3 puertos) capaces de trabajar con protocolo Modbus.

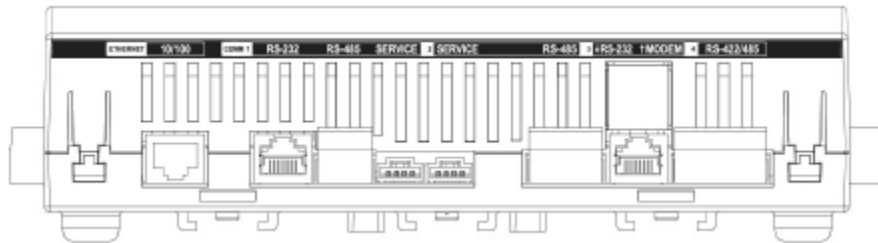


Figura 39. Puertos disponibles para NetController II.

Fuente Autor

6.2.1.4 XDrivers

Un driver es el que permite a una aplicación interactuar con un periférico, haciendo una abstracción del hardware y proporcionando una interfaz para usarlo; como los controladores descritos anteriormente tienen vinculación directa con los equipos, se hace necesario que cuenten con esta tecnología. Andover Continuum los denomina XDrivers, y éstos son utilizados en las controladoras de acuerdo a la compatibilidad respecto al tipo de protocolo a implementar en el diseño de la red. Por esta razón, cada puerto de la controladora deben contar con un XDriver para el protocolo definido anteriormente (Modbus).

6.2.2 Puertas de enlace (Gateway)

Otra alternativa de conexión es mediante el uso de puertas de enlace (gateway), que son dispositivos de comunicaciones que proporcionan conectividad entre Ethernet (Modbus TCP/IP) y dispositivos de línea en serie, permitiendo que los clientes tengan acceso a la información de los dispositivos esclavos que estén en serie. Además, permite el acceso del dispositivo maestro a la información de los dispositivos esclavos que se encuentren distribuidos en una red Ethernet.

6.3 IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE PROTOCOLO MODBUS RTU

En cada sede de la universidad existen dispositivos que serán comunicados con la Workstation de Andover Continuum. Los únicos aptos para monitoreo al momento de la visita y que ofrecen la posibilidad de conexión a corto plazo son las UPS, que al integrarse a la red de monitoreo deben realizar el envío de información mediante su puerto de comunicación a una controladora con XDriver para protocolo Modbus RTU.

El número de controladoras a instalar depende del número de UPS con los que cuenta cada sede, con el fin de determinar el número exacto de equipos a interconectar en la red. A continuación se muestra una tabla de las cantidades de dispositivos por sede, extraída del registro de visita realizada.

| SEDE | CANTIDAD DE UPS |
|-----------------|-----------------|
| Barbosa | 3 |
| Socorro | 4 |
| Barrancabermeja | 2 |
| Málaga | 2 |
| Bucarica | 2 |

Tabla 7. Cantidad de UPS por sede

Teniendo en cuenta la información descrita anteriormente y al haber encontrado el puerto de datos (RS-232) con el que cuenta cada UPS, se debe establecer una conexión con una controladora que sea compatible con este tipo de comunicación serial y así mismo que utilice el protocolo Modbus RTU por medio del XDriver.

Al considerar las características de este puerto asociado a los UPS, se plantea la instalación de controladoras NetController II, pertenecientes a la línea de Andover Continuum de segunda generación, ya que son los dispositivos apropiados porque poseen dos puertos en los cuales se pueden conectar dos UPS por medio de comunicación serial RS232, a diferencia de los controladores bCX1 y ACX que cuentan con un solo puerto. Cabe resaltar que este controlador debe tener instalado y configurado cada XDriver (2) para protocolo Modbus RTU.

Como el propósito de solución al problema es el de monitorear equipos en cada sede, se realiza una descripción general que aplica para cada una de ellas, es decir, en la figura 40, se puede observar el esquema de conexión a usar para los UPS haciendo uso de la red LAN con la que cuenta cada sede, y también de la red WAN institucional para hacer la recepción correcta de los datos en la ubicación central del sistema de monitoreo en la sede principal de Bucaramanga.

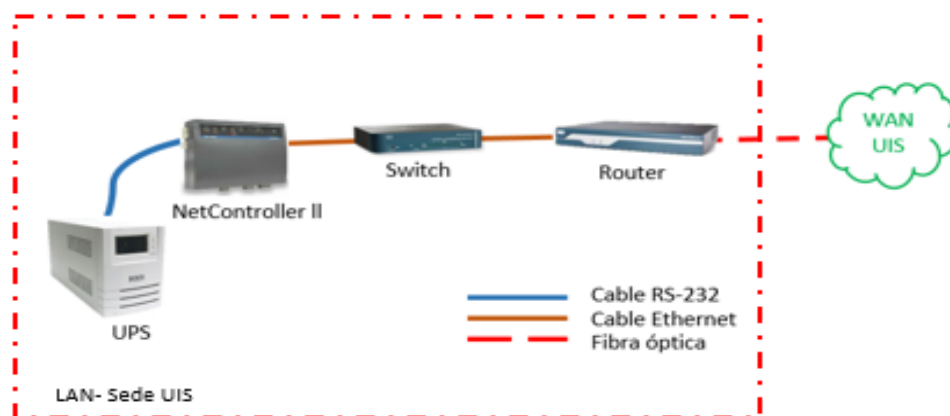


Figura 40. Esquema de conexión para monitoreo de UPS

Fuente Autor

Esta conexión se describe de la siguiente manera: desde el punto inicial (puerto UPS), se realizará conexión mediante cableado serial RS-232 hasta el siguiente puerto (también RS-232) con el que cuenta la NetController II con XDriver para protocolo Modbus RTU. Desde allí se realiza el envío de datos con cable Ethernet hasta un Switch que dirige la información hacia el Router que está conectado directamente con la red WAN de la universidad, permitiendo el direccionamiento hacia la central de monitoreo ubicada en el Edificio CENTIC de la sede principal, como se aprecia en la figura 41.

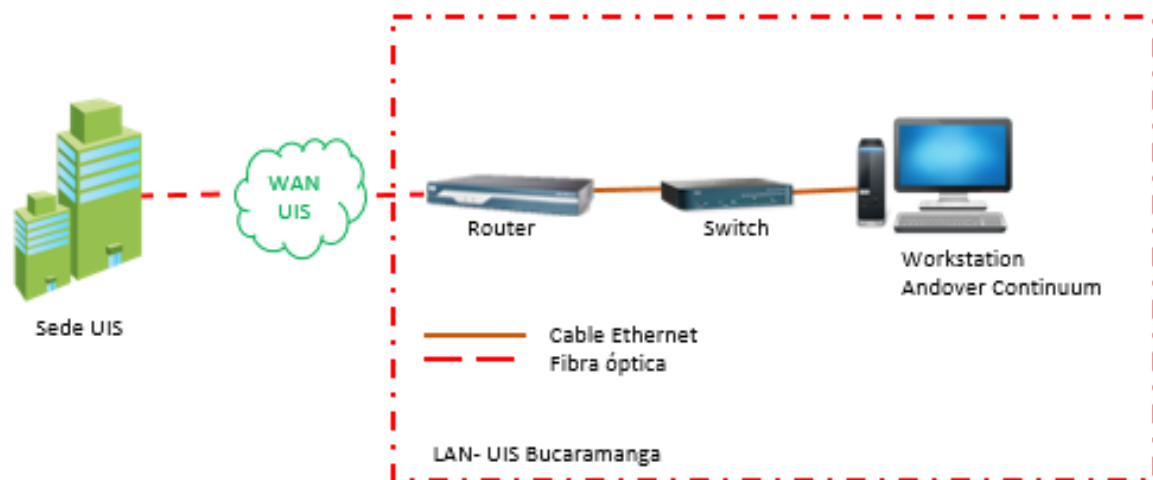


Figura 41. Recepción de variables a monitorear en la sede principal de la universidad
Fuente Autor

Teniendo una idea clara del esquema de conexión y de los puertos con los que cuenta cada controladora, se plantea la implementación de la NetController II con su respectivos XDriver de acuerdo al número de UPS por sede.

Varios aspectos importantes a considerar son:

- Como cada sede cuenta con cuartos de comunicaciones donde se encuentran ubicados equipos con distribuciones de red, ante cualquier modificación

después de realizadas las visitas, puede presentarse el caso de que no existan puertos disponibles en el Switch, es entonces necesaria la implementación de switches que proporcionen acceso a la red de seguridad. Si el mismo caso se presenta en la sede central (Bucaramanga), se necesitará de otro equipo para direccionar la información (switch) a la Workstation de Andover Continuum.

- Al ubicar los controladores dentro del mismo cuarto donde estén localizados los UPS se requerirá de un tendido de cableado de red (UTP) hasta el cuarto de comunicaciones, donde estarán el Switch y el Router.
- Si en una futura ocasión se deciden instalar equipos nuevos, se debe analizar la cantidad de puertos disponibles de la controladora y su protocolo de comunicación. En caso de no disponer de un puerto será necesaria la implementación de un nuevo controlador.

Luego de haber seleccionado la controladora, y el esquema de conexión para las UPS, se muestra el funcionamiento de la red WAN con la cual trabajarán todos los equipos de red y con la que se hará posible el monitoreo de las variables en tiempo real.

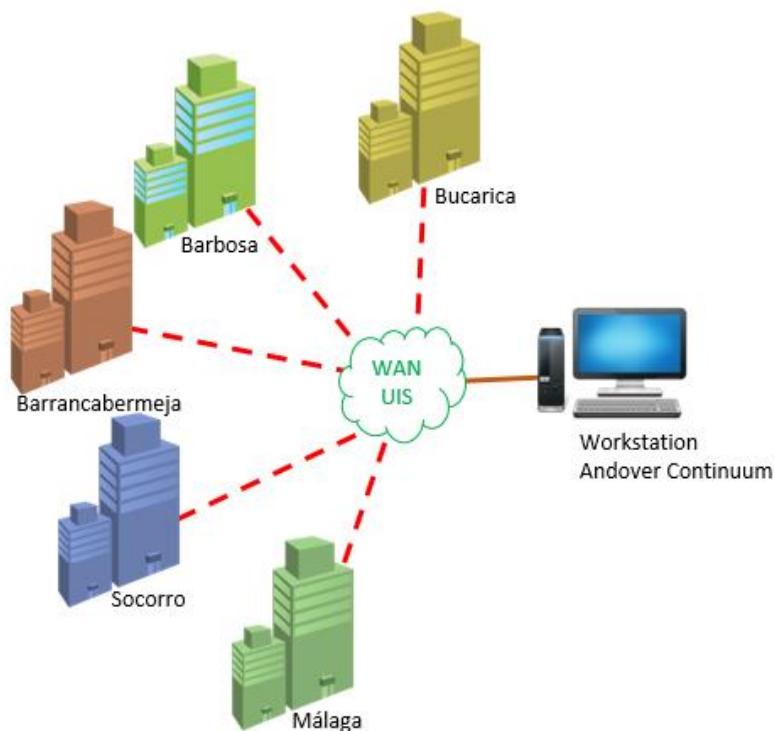


Figura 42. Red WAN de la universidad para envío de datos.

Fuente Autor

En general, los componentes necesarios refiriéndose a las controladoras y XDriver para cada sede son los siguientes:

| SEDE | CANTIDAD DE NETCONTROLLER II | CANTIDAD DE XDRIVER |
|-----------------|------------------------------|---------------------|
| Barbosa | 2 | 3 |
| Socorro | 2 | 4 |
| Barrancabermeja | 1 | 2 |
| Málaga | 1 | 2 |
| Bucarica | 1 | 2 |

Tabla 8. Cantidad de controladores a instalar por sede Modbus RTU

También se hace necesaria la instalación de cableado RS-232 y Ethernet, como la adquisición de Switches de acceso a la red de seguridad, en caso de que no exista disponibilidad de puertos de comunicación como se explicó anteriormente.

6.4 IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE PROTOCOLO MODBUS TCP/IP

Otra alternativa de conexión es mediante el uso de puertas de enlace (Gateway), que proveen la opción de cambiar de protocolo Modbus RTU a Modbus TCP/IP. Este tipo de dispositivo puede conectar una cantidad de hasta 128 equipos en forma serial, además, actúa como maestro dentro de la arquitectura de red maestro-esclavo.

La ventaja de este Gateway es la de conectarse directamente con el controlador, permitiendo conexión de una cantidad considerable de dispositivos esclavos. Este tipo de puerta de enlace al actuar como maestro utiliza el esquema de petición-respuesta, donde dependiendo la información del esclavo específico, realiza la solicitud y sólo el equipo al que se ha preguntado, responde al llamado.

En la figura 43, se muestra la arquitectura de comunicación del Gateway donde se observa la conexión de equipos (esclavos) con puertos compatibles con el maestro, para posteriormente comunicarse mediante protocolo Modbus TCP/IP a la controladora.

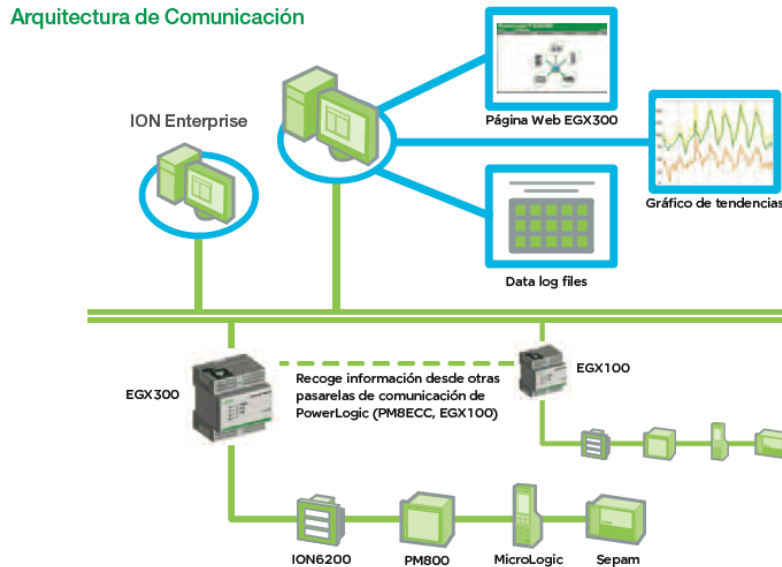


Figura 43. Arquitectura de Comunicación para Puertas de Enlace.

Fuente Autor

Otra fortaleza de este equipo es la de centrarse en la integración de dispositivos utilizando conexión Ethernet, con lo cual se disminuye la necesidad de implementación de controladoras con XDriver a medida que se añadan dispositivos monitorizables en cada sede. Al conocer esta forma de actuar del Gateway, su implementación disminuye la cantidad en controladoras, y por lo tanto con su implementación, reduce los costos de la red.

Considerando esta característica, sería necesario sólo una controladora y un Gateway por sede, proporcionando la facilidad de implementación de equipos como plantas de emergencia, sistemas contra incendio, entre otros, que utilicen Modbus RTU para comunicarse con la Workstation de Andover Continuum.

El requerimiento principal para este diseño, es el de puertas de enlace de modelo EGX100, utilizando sólo uno por sede, donde los dispositivos a monitorear estarán conectados en serie mediante RS-232 o RS-485, y a su vez realizando la traducción de protocolo Modbus RTU a Modbus TCP/IP.

Al igual que la implementación mediante protocolo Modbus RTU, es necesario hacer uso de la red WAN que posee la universidad, con el fin de dirigir los datos provenientes de cada sede hasta la central ubicada en el CENTIC.

Con el aspecto descrito anteriormente, aunque se utilice el Gateway para tomar los datos de los equipos monitorizables, al igual que la solución anterior se hace necesario el uso de una controladora; pero, ya no con la exigencia de la mayor cantidad de puertos seriales RS-232, sino aquel que disponga de un XDriver para Modbus TCP/IP.

Como los dispositivos con los que cuenta cada sede para realizar monitoreo son las UPS y éstas cuentan con el mismo puerto y protocolo de comunicación, se requiere que estén conectados al Gateway EGX100 de forma serial como se muestra en la figura 44.

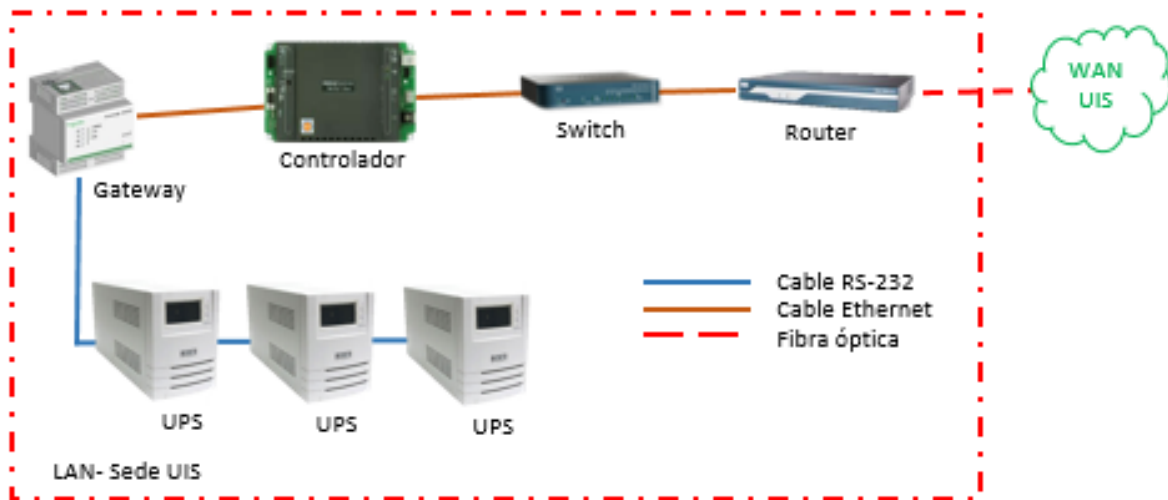


Figura 44. Esquema de conexión para monitoreo de UPS, mediante Modbus TCP/IP

Fuente Autor

Al haber conectado los UPS al EGX100, éste traducirá la información del protocolo Modbus RTU a Modbus TCP/IP vía Ethernet; adyacente estará ubicada una controladora que cuente con XDriver para Modbus TCP/IP que dirija la información hacia el Switch y el Router de la misma manera en que lo realiza la propuesta con Modbus RTU.

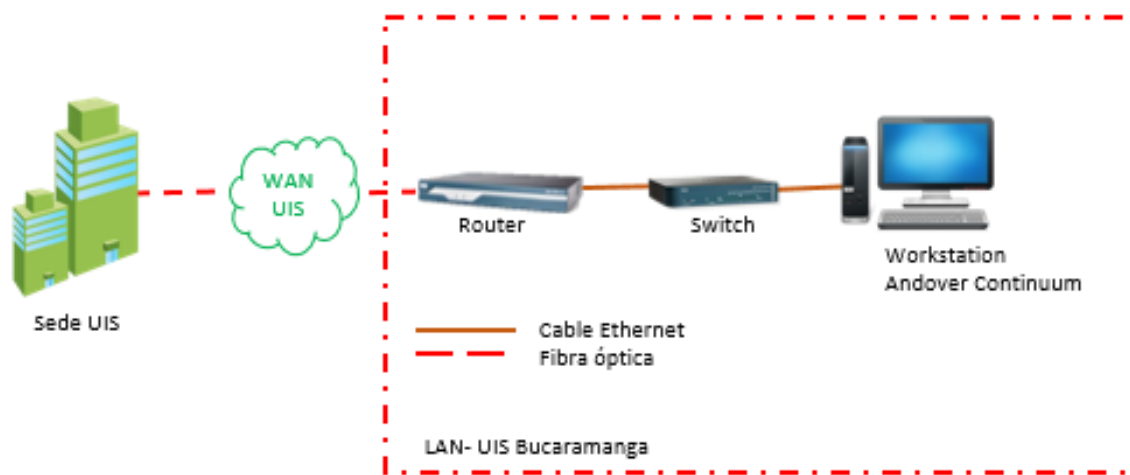


Figura 45. Recepción de variables a monitorear en la sede principal de la universidad
Fuente Autor

En general, los componentes necesarios para cada sede se describen a continuación:

| SEDE | CANTIDAD DE GATEWAY (EGX100) | CANTIDAD DE CONTROLADORES | CANTIDAD DE XDRIVER |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Barbosa | 1 | 1 | 1 |
| Socorro | 1 | 1 | 1 |
| Barrancabermeja | 1 | 1 | 1 |
| Málaga | 1 | 1 | 1 |
| Bucarica | 1 | 1 | 1 |

Tabla 9. Componentes necesarios para arquitectura Modbus TCP/IP

Se hace claridad en el hecho que la controladora a instalar para trabajar en conjunto con el Gateway pueden ser tanto el bCX1 como el NetController II, ya que cualquiera de los dos cumple con el requerimiento de conexión. Por otro lado, también se hace necesaria la instalación de cableado RS-232 y Ethernet, como la adquisición de Switches de acceso a la red de seguridad, en caso de que no exista disponibilidad de puertos de comunicación como se explicó en la implementación mediante Protocolo Modbus RTU.

6.5 ANALIZADORES DE REDES PARA LOS TABLEROS GENERALES DE BAJA TENSIÓN

Aunque en la visita realizada a las sedes de la universidad se haya encontrado las UPS como únicos dispositivos aptos para monitoreo, la posibilidad de incorporar dispositivos analizadores de red permitirá monitorizar propiedades de la red eléctrica, con el fin de analizar variables que permitan tomar acciones frente al consumo energético que se presenta a diario en las instalaciones de la universidad.

La posibilidad de realizar el proceso de monitoreo en el tablero general de baja tensión implica que el dispositivo analizador de red se encuentre también interconectado con la red WAN institucional. Para tal causa, se presentan algunos

modelos de diferentes compañías fabricantes y distribuidoras de este tipo de dispositivos que pueden ser implementadas en las sedes.

6.5.1 General Electric

General Electric muestra sus analizadores de redes como una solución ante los problemas de consumo de energía, buscando maneras inteligentes de optimizar esta variable mediante la recopilación de datos detallados de los principales parámetros eléctricos. Para este fin ofrece los siguientes productos:

6.5.1.1 MTDIN

Es un analizador de redes eléctricas trifásicas (equilibradas y desequilibradas) para montaje en carril DIN, de muy reducido tamaño que mide en 3 módulos. Presenta características como: medición de corriente, formato carril DIN de tan sólo 3 módulos, montaje en panel, comunicación RS-485, dos salidas de transistor, selección de parámetros a visualizar, alimentación universal, entre otros.¹³

6.5.1.2 MT96

Es un analizador de redes eléctricas y trifásicas para montaje en panel, con profundidad mínima que mide tanto consumo como generación. Presenta características como: clase 1 en energía, medición de corriente, comunicación RS-485 Modbus RTU, salida digital con transistor opto acoplado, protección de aislamiento galvánica, entre otros.²⁸

6.5.1.3 MT144

Es un analizador de redes eléctricas para montaje en panel o carril DIN, con display gráfico que presenta datos, digitaliza lecturas tanto de consumo como de generación. Presenta características como: medición de corriente, corriente de neutro mediante transformador, posibilidad de control de tarifas en energía

¹³<http://apps.geindustrial.com/publibrary/checkout/LAPL0030?TNR=Catalogs%20and%20Buyers%20Guides|LAPL0030|generic>

consumida y generada, comunicación RS-485 Modbus/RTU, posibilidad de expansión, pantalla gráfica VGA retro iluminada, contador de energía consumida y generada, alimentación universal, entre otros.²⁸




| | MTDIN | | | | MT96 | | | | MT144 | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|----|-----|------------------------------------------------------------------------------------|----|----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|----|----|---|-----|
| |  | | | |  | | | |  | | | | |
| MEDIDAS | L1 | L2 | L3 | III | L1 | L2 | L3 | III | L1 | L2 | L3 | N | III |
| Tensión Monofásica | * | * | * | | * | * | * | | * | * | * | | * |
| Tensión Compuesta | * | * | * | | * | * | * | | * | * | * | | * |
| Tensión Vref (GND) - Neutral | | | | * | | | | ** | | | | * | |
| Corriente | * | * | * | * | * | * | * | ** | * | * | * | * | * |
| Frecuencia | * | | | | * | | | | * | | | | |
| Potencia Activa | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | | * |
| Potencia Reactiva L | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | | * |
| Potencia Reactiva C | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | | * |
| Potencia Aparente | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | | * |
| Factor de Potencia | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | | * |
| Cos φ | | | | * | | | | * | * | * | * | | * |
| Máxima Demanda Potencia Activa | | | | * | | | | * | * | * | * | | * |
| Máxima Demanda Potencia Aparente | | | | * | | | | * | * | * | * | | * |
| Máxima Demanda Corriente | | * | | * | | * | | * | * | * | * | | * |
| Corriente de Neutral | | | * | | | * | | * | * | * | * | | * |
| THD Tensión | * | * | * | | * | * | * | | * | * | * | | * |
| THD Corriente | * | * | * | | * | * | * | | * | * | * | | * |
| Tensión Armónica | * | * | * | 15 | * | * | * | 15 | * | * | * | * | 50 |
| Corriente Armónica | * | * | * | 15 | * | * | * | 15 | * | * | * | * | 50 |
| Energía Activa | | | | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |
| Energía Reactiva L | | | | * | | | | * | | | | | * |
| Energía Reactiva C | | | | * | | | | * | | | | | * |
| Energía Aparente | | | | * | | | | * | | | | | * |
| Flicker (IWA PSTI) | | | | | | | | | * | * | * | | * |
| Factor K (corriente) | | | | | | | | | * | * | * | | * |
| Factor de Cresta (tensión) | | | | | | | | | * | * | * | | * |
| Desequilibrio (tensión y corriente) | | | | | | | | | * | * | * | | * |
| Asimetría (tensión y corriente) | | | | | | | | | * | * | * | | * |
| Tarifas | | | 3 | | | | 1 | | | | 9 | | |
| Entradas Analógicas (0/4 20 mA) | | | | | | | | | | | | * | |
| Salidas Analógicas (0/4 20 mA) | | | | | | | | | | | | * | |
| Entradas Digitales | | | | | | | | | | | | * | |
| Salidas Digitales | | * | | | | * | | | | | | * | |
| COMUNICACIONES | | | | | | | | | | | | | |
| RS-232 | | | | | | | | | | | | | |
| RS-485 | | * | | | | * | | | | | | * | |
| Ethernet | | | | | | | | | | | | * | |
| PROTOCOLOS | | | | | | | | | | | | | |
| Modbus RTU | | | * | | | * | | | | | | * | |
| Modbus TCP | | | | | | | | | | | | * | |
| Profibus DP | | | | | | | | | | | | * | |

Figura 46 Características técnicas de analizadores de red General Electric.

Fuente: MT Plus Analizadores de Redes GE Energy Management, General Electric

6.5.2 ABB

ABB presenta al analizador de red como un instrumento de medición de magnitudes eléctricas para redes trifásicas y monofásicas con el cual se hace posible la monitorización y análisis de parámetros eléctricos y consumo de energía de una instalación en general.

6.5.2.1 Serie M2M

Los analizadores pertenecientes a la serie M2M son capaces de medir variables como: tensiones y sus correspondientes valores pico, corrientes, factor de potencia, frecuencia, valores medios de potencias, cuenta-horas de funcionamiento total, energías activa, reactiva y aparente, entre otras.



Figura 47 Analizador de redes ABB, Serie M2M.

Fuente Analizador de redes M2M"[Consultado 6 de septiembre de 2014]

Disponible en internet: < <http://myeel.com.ar/producto.php?producto=Analizador-de-Redes-M2M-ABB>>

Posee modelos según protocolo de comunicación, M2M Modbus, M2M Ethernet, M2M Profibus, M2M Alarm para Modbus RTU, M2M I/O para Modbus RTU.

| Modelos | Salidas y entradas | Protocolo de comunicación serial |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| M2M | 2 salidas programables como impulsos o alarma de umbral | |
| M2M MODBUS | 2 salidas programables como impulsos o alarma de umbral | Modbus RTU |
| M2M ETHERNET | 2 salidas programables como impulsos o alarma de umbral | Modbus TCP/IP |
| M2M PROFIBUS | 2 salidas programables como impulsos o alarma de umbral | Profibus DP |
| M2M ALARM | 2 salidas de relé electromecánicos 16A AC1 - 3A AC15 2 salidas programables como impulsos o alarma de umbral | Modbus RTU |
| M2M I/O | 2 salidas analógicas 4 -20 mA 3 entradas para lectura de impulsos externos 2 salidas programables como impulsos o alarma de umbral | Modbus RTU |
| M2M LV | 2 salidas programables como impulsos o alarma de umbral. Entradas de corriente mediante Shunt. | |

Figura 48. Modelos de Analizadores de Red M2M- ABB.

Fuente Analizador de redes M2M”[Consultado 6 de septiembre de 2014]

Disponible en internet: < <http://myeel.com.ar/producto.php?producto=Analizador-de-Redes-M2M-ABB>>

6.5.3 Circutor

“La serie **CVM** de analizadores son centrales de medida de alta precisión, cuyo fin es el control y la supervisión de los principales parámetros eléctricos en redes monofásicas y/o trifásicas, de tres o de cuatro hilos y tanto en baja tensión como en alta. Además, disponen de la tecnología más innovadora y realizan la medida en verdadero valor eficaz.”¹⁴

¹⁴ http://circutor.es/docs/CA_M5_SP.pdf Analizadores de Redes CVM

6.5.3.1 CVM-C10

Es un analizador de redes para panel, que se encuentra adecuado para instalaciones de Media y Baja Tensión. Posee características de visualización e interfaz, comunicación serial RS-485 Modbus, salidas a transistor configurables para impulsos o alarmas, salidas relé para configuración de alarmas, entradas digitales para selección de tarifas, entre otras.



Figura 49. Analizador de redes Circutor CVM-C10.

Fuente Analizador de redes CVM-C10 [Consultado 6 de septiembre de 2014]
 Disponible en internet: <http://circutor.es/docs/FT_CVM-C10_ES.pdf>

6.5.3.2 CVM-NRG96

Es un analizador de redes eléctricas para montaje en panel, posee características de medición de corriente, comunicación RS-485 Modbus RTU, salida digital con transistor optoacoplado, función de maxímetro, entre otros.



Figura 50. Analizador de redes circuitor CVM-NRG96.

Fuente: http://circuitor.es/docs/FT_M5_CVM-NRG96_SP.pdf

6.5.3.3 CVM96

Es un analizador de redes trifásicas para montaje en panel, posee características de medición de corriente, protocolos de comunicación Modbus RTU, Modbus TCP, Johnson Controls; conexiones RS232, RS-485, Ethernet, entre otros.



Figura 51. Analizador de Redes CVM96 Circuitor.

Fuente Analizador de redes circuitor" [Consultado 6 de septiembre de 2014]

Disponible en internet <http://circuitor.es/docs/FT_M5_CVM96_SP.pdf>

6.5.3.4 CVM144

Es un analizador de Redes eléctricas trifásicas para montaje sobre panel, con características de medición de corriente, protocolos de comunicación Modbus RTU, Modbus TCP, Johnson Controls; conexiones RS-232. RS-485. Ethernet; módulos de expansión para entradas y/o salidas, entre otros.



Figura 52. Analizador de Redes CVM144 Circuitor.

Fuente Analizador de redes circuitor” [Consultado 6 de septiembre de 2014]

Disponible en internet:<http://circuitor.es/docs/FT_M5_CVM144_SP.pdf>

6.5.4 Schneider Electric

“El sistema de análisis de redes proporciona información precisa acerca de los flujos eléctricos a los usuarios más exigentes de la instalación. Integra funciones avanzadas para registrar y clasificar todos los eventos de la red eléctrica. Las pantallas de datos y los informes constituyen una forma de promover e impulsar el comportamiento hacia un uso eficaz de la energía, identificando patrones de uso y asignando costes de acuerdo con el centro de costes, la unidad de producción, los turnos, etc. en una instalación.”¹⁵

6.5.4.1 ION7550/7650

El analizador de redes ION 7550/7650, posee características combinadas de tarificación del agua, aire, gas, electricidad y vapor; puerto Ethernet, Modbus TCP maestro/ esclavo en el puerto Ethernet, puerto óptico, puertos RS-232, RS-485, entre otros.

¹⁵ Sistemas de análisis de redes. Disponible en internet: <http://www.schneiderelectric.es/sites/spain/es/solutions/energy_efficiency/quick-navigation/sistema-de-analisis-de-redes.page>



Figura 53. Analizador de redes ION 7550, Schneider Electric.

Fuente <<http://www.schneider-electric.com/products/es/es/4100-sistema-de-supervision-de-energia/4160-red-de-comunicacion-powerlogic/1872-rtu-ion7550/>>

6.5.4.2 ION8650

El analizador de redes ION 8650 posee características como: Alta precisión, rango de corriente individual, hasta 5 puertos simultáneos: Ethernet, módem, RS-232, RS485, puerto frontal óptico. Además de contar con mapas de usuario personalizables para registro Modbus y protocolos DNP.



Figura 54. Analizador de redes ION 8650, Schneider Electric.

Fuente: <http://www.schneider-electric.com/products/es/es/4100-sistema-de-supervision-de-energia/4105-analizadores-de-redes-powerlogic/61053-ion8650/>

6.5.4.3 ION8800

Los analizadores de redes de esta serie presentan altas prestaciones para el análisis de la calidad de la energía y visualización de datos, gestión del abastecimiento energético. Posee como características: puerto óptico IEC1107, puerto RS-232, RS-485, puerto para módem interno, puerto Ethernet, enlace de fibra óptica Ethernet, módem, entre otros.



Figura 55. Analizador de redes ION 8800, Schneider Electric

Fuente http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=464116194&p_File_Name=ESMKT01013A14_Capt_06.pdf

6.6 VINCULACIÓN DE NUEVOS DISPOSITIVOS

Para el caso de los analizadores de redes y su posible adquisición para la medición de variables con la intención de obtener conocimiento en tiempo real de variables técnicas del sistema eléctrico, con la intención de detectar puntos críticos que alteren el buen funcionamiento de dicho sistema, de igual manera conocer diversas anomalías como cortes de energía y evitar algunas situaciones de emergencia, con el fin de reducir efectos ante cualquier contingencia, al igual que las UPS, la arquitectura de comunicaciones se puede adaptar a las mencionadas anteriormente como son las de Protocolo Modbus RTU y Modbus TCP/IP.

6.6.1 Protocolo Modbus RTU

Como se describió anteriormente, los analizadores de redes aunque sean dispositivos ajenos a Schneider Electric pueden ser integrados a la plataforma de Andover Continuum. La característica de contar con un puerto RS-485 posibilita la interconexión con la NetController II que cuenta con este puerto disponible haciendo necesaria la instalación del XDriver compatible para este tipo de conexión. Para hacer posible esta integración del analizador, éste debe ser acoplado al tablero general de baja tensión mediante sus entradas analógicas y posteriormente mediante el cableado (RS-485) hasta el controlador.

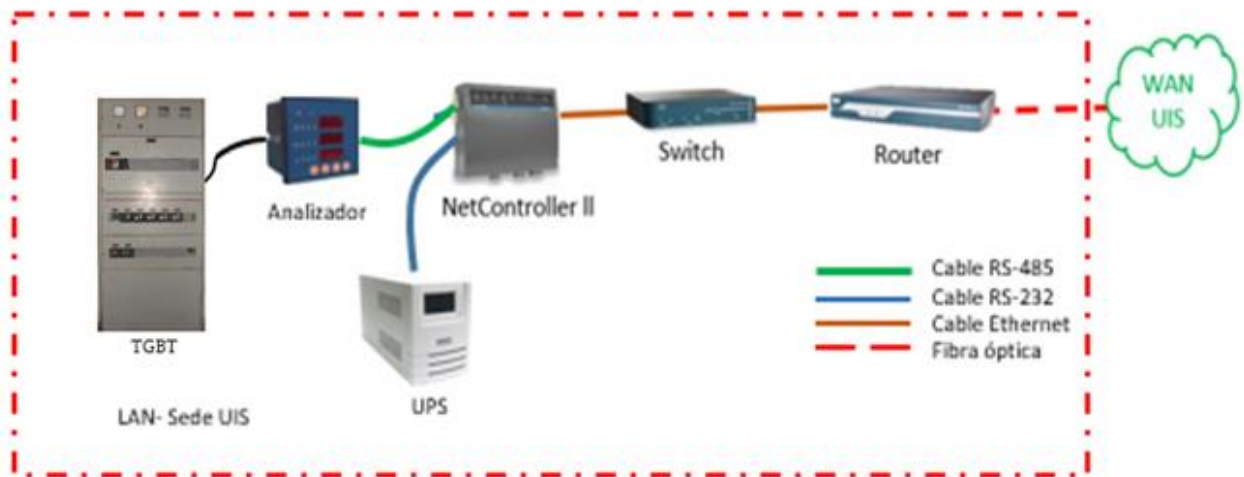


Figura 56 Esquema de conexión para monitoreo de Analizadores de Redes para protocolo Modbus RTU.

Fuente Autor

6.6.2 Protocolo Modbus TCP/IP

Por otra parte, si se toma la decisión de implementar el esquema bajo protocolo Modbus TCP/IP, y sabiendo que también es posible integrar analizadores de redes de terceros, existen dos posibilidades de conexión, una es la de conectarlo al Gateway mediante el uso de puerto RS-485 con el que éste cuenta, y la otra es la de conectar al punto de inicio o punto final de los dispositivos conectados en serie

que tienen como punto de conexión la puerta de enlace. Un aspecto a tener en cuenta, es el hecho de que a la fecha de la visita sólo se contaba con UPS como dispositivos de monitorización con protocolo de comunicaciones RS-232, por tanto, sólo estos dispositivos conforman la conexión serie con el Gateway, teniendo hasta ahora como único dispositivo con protocolo RS-485 al analizador de redes. Pero, si se llegase a adquirir otros dispositivos con protocolo RS-485, se realiza el mismo proceso que con los UPS conformando una conexión serie que se comunique con la puerta de enlace.

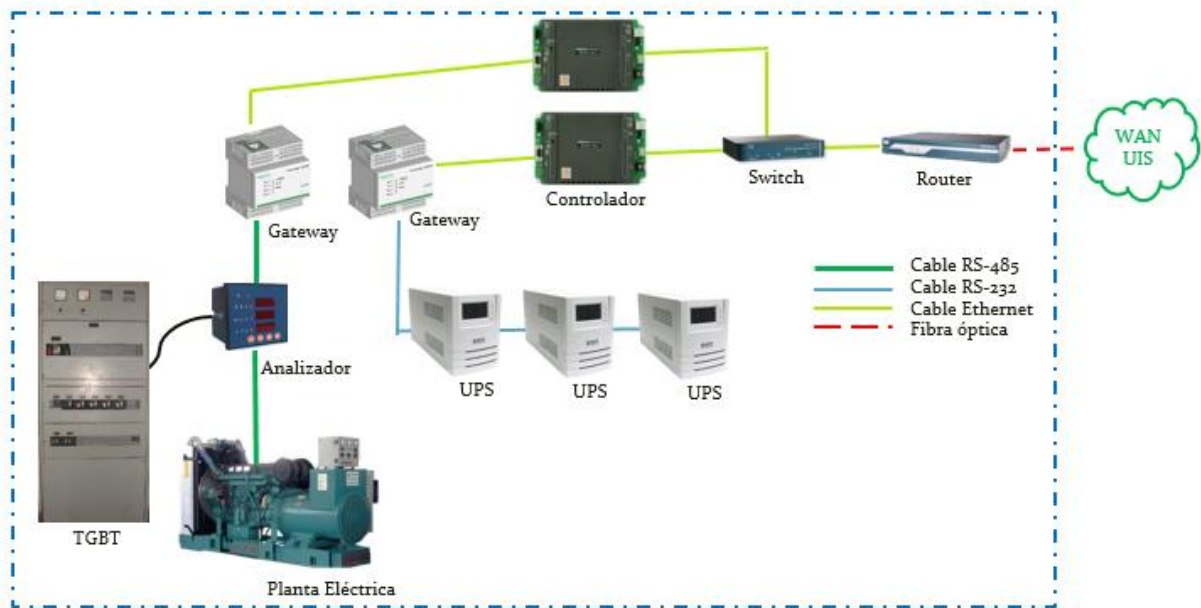


Figura 57. Esquema de conexión para monitoreo de Analizadores de Redes para protocolo Modbus TCP/IP.

Fuente Autor

7. DESCRIPCIÓN DE LAS SEDES, EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD EN LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS SEGÚN EL REGLAMENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE) Y CARACTERIZACIÓN DE LOS CUARTOS DE COMUNICACIONES.

De conformidad con las visitas realizadas en las sedes de Barrancabermeja, Barbosa, Socorro, Málaga y Bucarica se obtuvo la descripción física de cada una de estas sedes, así como sus características estructurales y la descripción de los cuartos de comunicaciones y sus equipos.

Adicionalmente se realiza la evaluación de conformidad con el RETIE, lo cual permite garantizar las condiciones estándar de seguridad a las instalaciones eléctricas, por esta razón se aplicara dicha normativa para la revisión técnica de las subestaciones de las sedes de la UIS, con el fin de avalar unas instalaciones eléctricas de buen funcionamiento, confiabilidad, calidad y adecuada utilización de los productos y equipos, además el RETIE tiene como objetivo primordial velar por la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal; esto minimizara los riesgos del personal encargado de realizar trabajos en los cuartos eléctricos.

Según la definición dada por el RETIE, un cuarto eléctrico es un recinto o espacio en un edificio dedicado exclusivamente a los equipos y dispositivos eléctricos, tales como transformadores, celdas, tableros, UPS, protecciones, medidores, canalizaciones y medios sistemas de control entre otros. Algunos edificios por su tamaño deben tener un cuarto eléctrico y principal y otros auxiliares.

Con referencia en los reglamentos establecidos por el RETIE y RETILAP, además de las recomendaciones de la NTC 2050, se realiza un diagnostico general de los cuartos eléctricos de las sedes de la UIS.

7.1 SEDE BARRANCABERMEJA

Esta sede está ubicada en la ciudad de Barrancabermeja (Santander) al costado oriental del río Magdalena, su área de influencia comprende el Magdalena Medio y la provincia de Mares.

El 4 de Septiembre de 1997 mediante Acuerdo Superior 057, se aprueba la creación de la Sede UIS - Barrancabermeja, con el fin de desarrollar en este Municipio funciones de docencia, investigación y extensión. En 1997 se inició oficialmente labores académicas, con 15 profesores y 135 estudiantes de las carreras de ingeniería Industrial, de Sistemas, Tecnología en Productividad y Mantenimiento Industrial, además se iniciaron actividades del Instituto de Educación a Distancia y del Instituto de Lenguas.

En el año 1998 la UIS reglamento el curso preuniversitario actualmente implantado a nivel introductorio, con el fin de brindar a la comunidad programas académicos que son finalizados en el campus principal de Bucaramanga.

La sede de la UIS en Barrancabermeja cuenta actualmente con un campus con dos edificios, una plazoleta, dos áreas de parqueaderos, una cancha múltiple y una cancha de fútbol, además se proyecta la ampliación de uno de los edificios y la construcción de tres (3) nuevas canchas múltiples, un quiosco y una área de baños aledaños a las canchas (ver Figura 58. Sede Barrancabermeja).

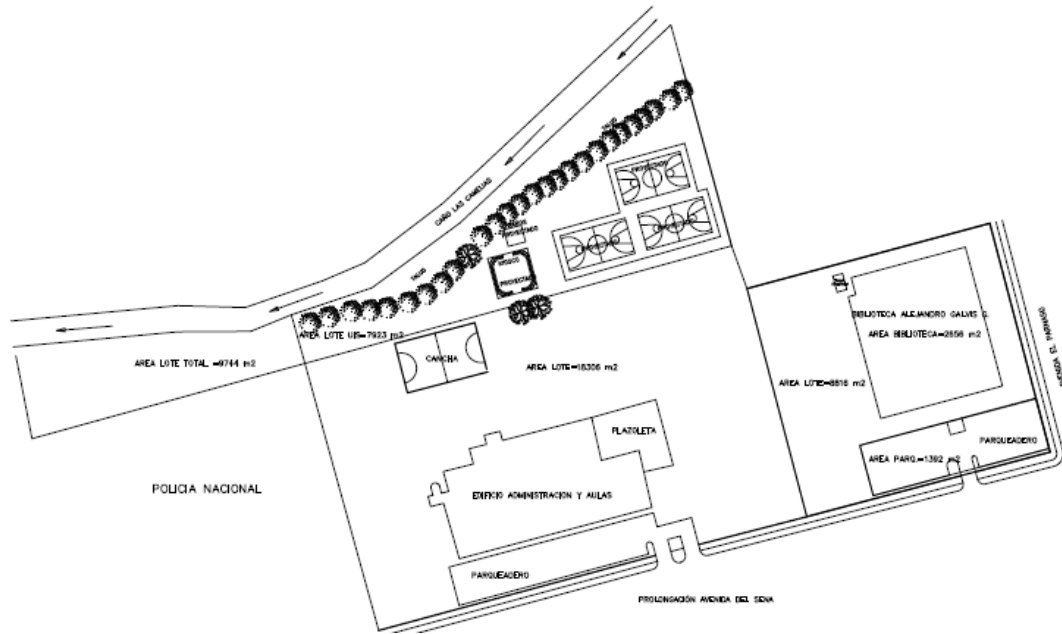


Figura 58. Sede Barrancabermeja
Fuente Autor

A La infraestructura eléctrica y los ambientes técnicos de los dos edificios de la sede se describirán y analizaran a continuación.

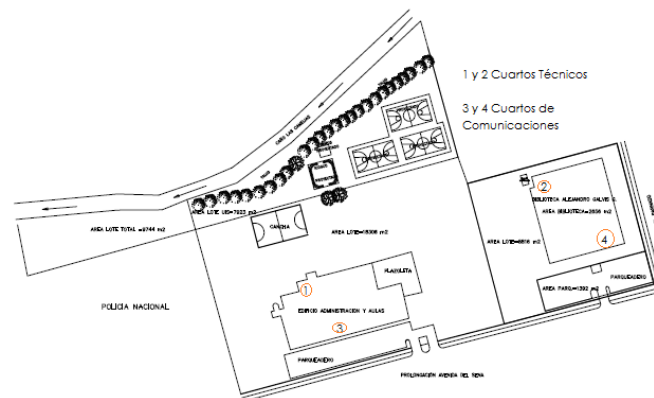


Figura 59. Ubicación Cuartos Técnicos y Cuartos de Comunicaciones.
Fuente Autor

7.1.1 Edificio Biblioteca

El primer edificio de la sede es la Biblioteca Alejandro Galvis, la cual fue donada en agosto 20 de 1997a la UIS por la corporación Barrancabermeja Cultural; este edificio actualmente presta sus servicios como biblioteca pública y cuenta con salas de lectura general, una sala de lectura infantil, salas de informática, un salón de exposiciones, salones para eventos y oficinas administrativas. Además ofrece servicios de acceso a internet gratuito y préstamo de libros para los estudiantes y para la comunidad en general.

Además la edificación posee un cuarto de comunicaciones y un cuarto técnico eléctrico. El cuarto de comunicaciones se encuentra en el interior de la biblioteca primer piso y el cuarto técnico eléctrico cuenta con acceso exterior, ubicando hacia el costado oriental del edificio (ver figura 59).

7.1.1.1 Cuarto Técnico Eléctrico

El cuarto técnico eléctrico del edificio de la biblioteca cuenta con una subestación tipo interior con dos transformadores de 400 [kVA] y 150 [kVA], los dos transformadores del cuarto eléctrico se encuentran encapsulados por medio de gabinete metálico, en la parte inferior y superior de dicho gabinete presenta rejillas con dimensiones 0.6x0.15 [m²] brindando ventilación a los equipos, los transformadores son de tipo convencional en aceite (ver Tabla 11). Estos dos transformadores existen debido al aumento de carga por la apertura de nuevas salas de informática y salas de lectura, y por la necesidad de un nivel de tensión en media y otro en baja tensión. Dicho cuarto se ubica en el costado oriental del edificio, como se mencionó anteriormente y la distribución de equipos (sin escala) se indica en la Figura 60.

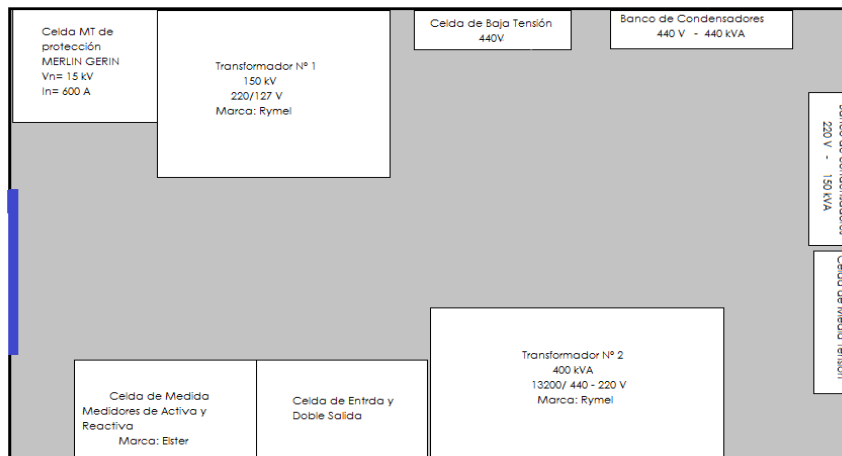


Figura 60. Distribución de los equipos- Cuarto Técnico Eléctrico
Fuente Autor

En la Tabla 10, se relaciona el inventario general de los equipos existentes en el cuarto técnico eléctrico, este se resume del Anexo digital 2, Registro Fotográfico/Biblioteca/Cuarto Técnico Eléctrico.

| CUARTO TÉCNICO ELÉCTRICO | |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| SECCIONADOR | 1 |
| TRANSFORMADOR | 2 |
| BANCO DE CONDENSADORES | 2 |
| CELDA DE MEDIDA (MEDIDORES DE ENERGÍA, ACTIVA Y REACTIVA) | 1 |
| TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION | 1 |
| CELDA DE MEDIA TENSÓN | 1 |
| CELDA DE ENTRADA Y DOBLE SALIDA | 1 |

Tabla 10. Cuarto Técnico Eléctrico Biblioteca

| TRANSFORMADORES | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|----------------------|
| Nivel de Tensión [V] | Potencia [kVA] | Conexión | Marca | Tipo | N° Fases | Refrigeración |
| 13200/440-220 | 400 | Dyn5 | Rymel | Convencional | 3 | ONAN |
| 220/127 | 150 | Dyn5 | Rymel | Convencional | 3 | ONAN |

Tabla 11. Características. Ed. Biblioteca

En el recinto existen dos bancos de condensadores cada banco sobre una mesa de concreto de 1 m de altura y en celdas separadas, estos condensadores con el fin de compensar la energía reactiva producida por equipos inductivos y así mismo mejorar el factor de potencia, sus características se exponen en la siguiente Tabla 14., además se encuentran dos medidores de energía uno para medir la energía activa y otro para medir energía reactiva marca Elster (ver Tabla 12), estos equipos corresponden a la cuenta de energía legalizada ante el operador de red ESSA.

| | |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Medidor de potencia activa y reactiva | Medidor de Energía y comunicación remota |
| 3 FASES 4 Hilos | Marca: SL7000Itrón |
| 3x120V (208V) | 3x57.7/100V & 3x277/480V (+20%) |
| 3x227V (480V) | Rip= 10 000 imp/kWh, Cl. 0,5s, Riq=10 000 imp/kVARh, Cl |
| 5 (10) A, 60Hz | 1(10) A, 60Hz |

Tabla 12. Medidores

| BANCO DE CONDENSADORES | | |
|-------------------------------|------------------------|--------------|
| Tensión [V] | Potencia [kVAR] | Marca |
| 440 | 400 | MERLIN GERIN |
| 229 | 150 | MERLIN GERIN |

Tabla 13. Características. Ed. Biblioteca.

Como parte adicional del alcance del proyecto se verificó el cumplimiento de los requisitos establecidos en el reglamento técnico vigente (RETIE) para el presente descripción se verifico el cumplimiento de iluminación, distancias de seguridad, señalización. Como resultado del diagnóstico efectuado se pueden realizar las siguientes observaciones:

- Los dos transformadores (150 kVA y 400 kVA), los cuales se encuentran en el mismo recinto y en bóvedas separadas como se indica la Figura 60, son en aceite y por tanto según el RETIE numeral 20.4.1 se requiere de una bóveda

que soporte el fuego y esta bóveda debe contar con sistemas de ventilación para la operación normal de los equipos y con los dispositivos necesarios para que cierren en caso de incendio, además dicho numeral establece lo siguiente “Todo cuarto eléctrico donde puedan quedar personas atrapadas, deben contar con puertas que abran hacia afuera y estén dotadas de cerradura antipático”. Por consiguiente no se cumple lo mencionado y establecido por el RETIE para el uso de Bóvedas.

- La ventilación del cuarto está compuesta por un sistema de rejillas tipo persiana ubicadas en la parte superior e inferior de la puerta de acceso, las dimensión de las rejillas inferiores son 0.48x0.75 [m²] y las rejillas superiores son 0.40x1 [m²], adicionalmente una de las rejillas de la parte superior cuenta con un extractor incrustado de diámetro 0.4 [m], este extractor a la fecha de la visita no se encontraba funcionando.
- La puerta de acceso al cuarto técnico eléctrico presenta oxidación en la parte superior e inferior de la estructura metálica, abre hacia adentro lo cual dificulta la entrada de los equipos al cuarto, no cuenta sistema antipático adicionalmente no posee señalización de seguridad de acuerdo a lo establecido en el numeral 6.2 del RETIE, adicionalmente no cuenta con el símbolo de riesgo eléctrico acorde con lo establecido en el artículo 6.1.1 del RETIE (ver Anexo Digital 2. Barrancabermeja/Edificio Biblioteca/ Cuarto Técnico Eléctrico).
- Esta subestación cumple con las distancias mínimas de seguridad exigidas por el RETIE, su ubicación permite al personal de mantenimiento realizar las labores de inspección, revisión y movilización de equipos.
- Las puertas de acceso a los equipos como el seccionador, el banco de condensadores de 440 V y los dos transformadores, se encontraron abiertas al momento de la visita, no se evidencio la apertura de estas para la revisión de la

visita tampoco su posterior cierre después de tomar el registro fotográfico de los mismos además no cuentan con cerraduras de seguridad, lo cual expone los componentes al contacto directo del personal que acceda al cuarto.

- El tablero de baja tensión correspondiente al transformador 220/127 [V] posee dispositivos análogos, para la medición de tensiones y corrientes, este tablero es metálico y está fabricado en lámina de acero “cold rolled” calibre 16 BWG. El tablero solo presenta una placa en donde indica el nivel de tensión por tanto no cumple con los rótulos o instructivos mínimos exigidos por el RETIE numeral 20.23.1.4.
- Con respecto a la iluminación no se obtuvieron medidas precisas de los luxes del cuarto técnico debido a que no se contaba con el instrumento apropiado para realizar estas medidas (luxómetro). Se encuentran dos salidas para iluminación, cada una de estas con dos lámparas fluorescentes tubulares, no hermética y no especular, una de estas lámparas fluorescentes a la fecha de la visita no funcionaba.
- Según RETIE numeral 20.23.1.4, el cuarto técnico eléctrico debe contar con un diagrama unifilar de la instalación eléctrica del recinto, esto no se cumple para el cuarto técnico eléctrico de Biblioteca, ya que no se evidencio la existencia del diagrama unifilar.
- A la fecha de la visita no se encontraron equipos monitorizados. En el tablero general de baja tensión se hallaron instrumentos análogos de medición de parámetros de corriente y tensión.

7.1.1.2 Cuarto de Comunicaciones

El cuarto de comunicaciones se encuentra ubicado en el primer piso de la biblioteca, en el interior de la sala de lectura de niños. En la Figura 61, se

evidencia la distribución de los equipos (sin escala) pertenecientes al cuarto de comunicaciones.

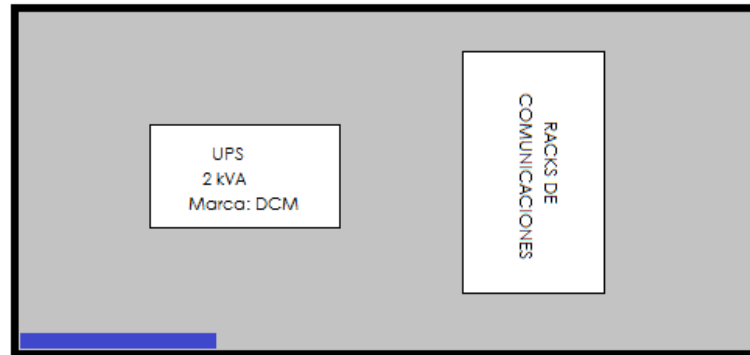


Figura 61. Cuarto de Comunicaciones Ed. Biblioteca

Fuente Autor

A continuación en la Tabla 14 se resumen los equipos presentes en el cuarto de comunicaciones.

| CUARTO DE COMUNICACIONES | |
|---------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| UPS | 1 |
| RACKS | 2 |
| SERVIDOR | 1 |
| CONVERTIDOR FIBRA ÓPTICA | 1 |

Tabla 14. Cuarto de comunicaciones- Biblioteca

Como resultado del diagnóstico efectuado se pueden realizar las siguientes observaciones:

- En este recinto se ubica una unidad ininterrumpida de potencia (UPS), marca PCM, con potencia de 2 [kVA] (ver Tabla 15).

Características de la unidad ininterrumpida de potencia (UPS) se evidencia en la siguiente tabla.

| UPS | | | | |
|-----------------|---------------------------|--------------|---------------|--------------|
| EDIFICIO | POTENCIA [kVA] | MARCA | MODELO | SERIE |
| Biblioteca | 2 | POWERCOM | VGD-3K | II |

Tabla 15. UPS Ed. Biblioteca.

- Adicionalmente se encuentra un rack de comunicaciones marca QUEST, un servidor, ocho (8) concentradores o “Hubs” y el cableado estructurado del sistema de comunicaciones de la sede.
- Las instalaciones cuentan con un equipo de aire acondicionado marca LG tipo mini Split para el funcionamiento de los equipos, susceptibles a cambios de temperatura, además esto garantiza la vida útil de dichos equipos.
- En el cuarto de comunicaciones existe una (1) salida de iluminación en el recinto la cual es incandescente de 100 W (ver Anexo Digital 2. Barrancabermeja/Edificio Biblioteca/ Cuarto de Comunicaciones) no se cumple con el decreto 2331 de 2077 el cual establece que “sustitución en los edificios cuyos usuarios sean entidades oficiales de cualquier orden, de todas las bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras específicamente Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) de alta eficiencia”.
- En el Anexo Digital 2. Barrancabermeja/Edificio Biblioteca/ Cuarto de Comunicaciones, este evidencia las condiciones del lugar, en las cuales se visualizan objetos ajenos al cuarto como lo son sillas plásticas para niños, además las condiciones de humedad son evidentes en las paredes del recinto y poco orden en sus conexiones de la red de comunicaciones de la sede.

7.1.2 Edificio Administración/Aulas

El edificio de aulas donde se encuentran las áreas administrativas, cuenta con aulas de clase, oficinas, salas de estudio, cafetería, laboratorios, salas de informática y un auditorio. El área total del edificio es aproximadamente 7101,8 m² y este presenta tres pisos y una amplia terraza.

La edificación posee un cuarto técnico eléctrico ubicado en el primer piso, costado oriental, el edificio administración/aulas es alimentado por una red subterránea de media tensión (MT). La subestación es tipo bóveda con módulos para seccionamiento, barrajes, medida, compensación, transformación y baja tensión. Además el edificio cuenta con un cuarto de comunicaciones en donde está una unidad de alimentación ininterrumpida de potencia (UPS) como respaldo en caso de ausencia de energía para el sistema de comunicaciones de la sede de la UIS. Ver Figura 59.

7.1.2.1 Cuarto Técnico Eléctrico

El cuarto técnico eléctrico del edificio de Administración/Aulas cuenta con una subestación tipo bóveda, un transformador de 225 [kVA] encapsulado en gabinete metálico, dicho gabinete presenta rejillas brindando ventilación al equipo, es de tipo convencional en aceite (ver Tabla 17). La distribución de equipos (sin escala) se indica en la Figura 62.

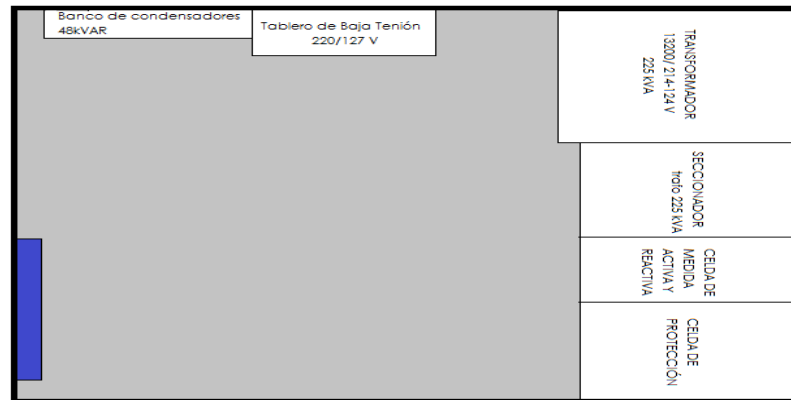


Figura 62. Cuarto Técnico Ed. Aulas/ Administración

Fuente Autor

En la Tabla 16, se relaciona el inventario general de los equipos existentes en el cuarto técnico eléctrico, Anexo Digital 2. Barrancabermeja/Edificio Aulas-Administración/ Cuarto Técnico Eléctrico.

| CUARTO TÉCNICO ELÉCTRICO | |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| SECCIONADOR | 1 |
| TRANSFORMADOR | 1 |
| BANCO DE CONDENSADORES | 1 |
| CELDA DE MEDIDA (MEDIDORES DE ENERGÍA, ACTIVA Y REACTIVA) | 1 |
| TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION | 1 |
| CELDA DE ENTRADA Y SALIDA | 1 |

Tabla 16. Cuarto Técnico Eléctrico Administración/Aulas

| TRANSFORMADOR | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|----------------------|
| Nivel de Tensión [V] | Potencia [kVA] | Conexión | Marca | Tipo | N° Fases | Refrigeración |
| 13200/214-124 | 225 | Dyn5 | SIEMENS | Convencional | 3 | ONAN |

Tabla 17. Características. Ed. Administración/Aulas

Las señales de tensión y corriente provenientes de los transformadores de medida llegan a una bornera de conexiones, desde la bornera se alimentan los medidores de activa y reactiva de la sede, este medidor cuenta con medida remota para el respectivo cobro del operador de la red ESSA.

| Medidor de potencia activa y reactiva | Medidor de Energía y comunicación remota |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <i>3 FASES 4 Hilos</i> | <i>Marca: SL7000Itrón</i> |
| <i>3x120V (208V)</i> | <i>3x57.7/100V & 3x277/480V (+20%)</i> |
| <i>3x227V (480V)</i> | <i>Rip= 10 000 imp/kWh, Cl. 0,5s, Riq=10 000 imp/kVARh, Cl</i> |
| <i>5 (10) A, 60Hz</i> | <i>1(10) A, 60Hz</i> |

Tabla 18. Características Medidor. Ed. Biblioteca Sede Barrancabermeja

El tablero general de Baja Tensión (TGBT) se encuentra ubicado en un gabinete metálico de 2.20 m. de alto por 1.20 m y 0.6 m de profundidad, dentro del recinto. A este barraje llega la acometida proveniente de los bornes de baja tensión del

transformador, además posee un totalizador tripolar de 800 A, 240 V y $I_{cc}= 42.5$ kA.

Adyacente al tablero general de baja tensión sobre una mesa de concreto de 1 m de altura se encuentra un armario para el banco de condensadores de 48 kVAR, conectado al barraje principal del TGBT para la compensación del factor de potencia (Tabla 19).

| BANCO DE CONDENSADORES | | |
|-------------------------------|------------------------|--------------|
| Tensión [V] | Potencia [kVAR] | Marca |
| 24 | 448 | Enerlux |

Tabla 19. Características. Ed. Administración/Aulas.

Como resultado del diagnóstico efectuado se pueden realizar las siguientes observaciones:

- El transformador se encuentra en bóveda y cuenta con rejillas de ventilación, está aislado en aceite mineral, según el RETIE numeral 20.4.1 se requiere de una bóveda que soporte el fuego y debe contar con sistemas de ventilación para la operación normal de los equipos, además dicho numeral establece lo siguiente “Todo cuarto eléctrico donde puedan quedar personas atrapadas, deben contar con puertas que abran hacia afuera y estén dotadas de cerradura antipático”. Por consiguiente no se cumple lo mencionado y establecido por el RETIE para el uso de Bóvedas.
- El transformador no posee un placa visible con las características mínimas exigidas por el RETIE, adicionalmente no posee señalización de riesgo eléctrico, según el numeral 6.2 del RETIE.

- El barraje principal del tablero general cumple con el código de colores establecido por el RETIE, su fabricación es en lámina de acero “cold rolled” calibre 16 BWG, el tablero solo presenta una placa en donde indica el nivel de tensión por tanto no cumple con los rótulos o instructivos mínimos exigidos por el RETIE numeral 20.23.1.4.
- Con respecto a la iluminación no se obtuvieron medidas precisas de los luxes del cuarto técnico debido a que no se contaba con el instrumento apropiado para realizar estas medidas (luxómetro). Se evidencia seis (6) salidas para iluminación con lámpara fluorescente tubular, no hermética y no especular.
- Esta subestación cumple con las distancias mínimas de seguridad exigidas por el RETIE, su ubicación permite al personal de mantenimiento realizar las labores de inspección, revisión y movilización de equipos.
- Las instalaciones del cuarto técnico eléctrico no cumple con el RETIE artículo 20 numeral 20.4, el cual exige puerta metálica y cortafuego con cerradura antipático a los recintos que alberguen transformadores en aceite mineral. Adicionalmente no existen símbolo y señalización de riesgo eléctrico, según RETIE artículo 6.
- La ventilación es por medio de seis (6) ventanas tipo persiana con rejillas metálicas de dimensiones 0.4x0.8 [m²] (Ver Anexo 1), ubicadas en la parte frontal superior del cuarto.
- No se evidencia el diagrama unifilar del cuarto técnico eléctrico en las señalizaciones del recinto exigido por el RETIE numeral 20.23.1.4.

- A la fecha de la visita no se encontraron equipos monitorizados. En el tablero general de baja tensión se hallaron instrumentos análogos de medición de parámetros de corriente y tensión.

7.1.2.2 Cuarto de Comunicaciones

El cuarto de comunicaciones se encuentra ubicado en el segundo nivel del edificio, en un área de oficinas establecidas para las directivas, administrativos y docentes de la sede, adyacente a la oficina del encargado de planta física. En la Figura 63 se evidencia la distribución de los equipos (sin escala) pertenecientes al cuarto de comunicaciones.

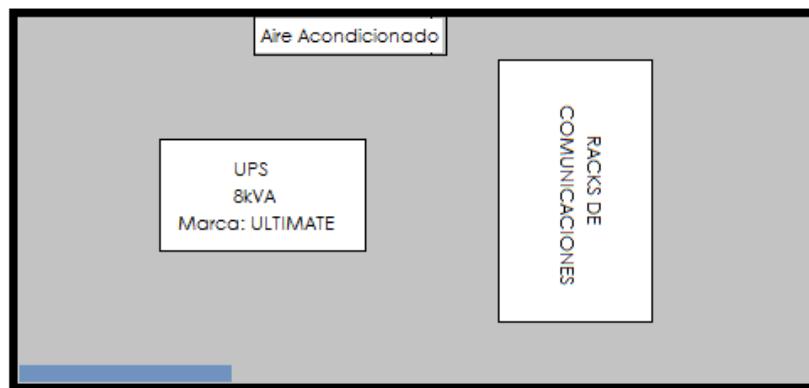


Figura 63. Distribución del cuarto de comunicaciones. Administración/Aulas

Fuente Autor

A continuación en la Tabla 20 se resumen los equipos presentes en el cuarto de comunicaciones.

| CUARTO DE COMUNICACIONES | |
|---------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| UPS | 1 |
| RACKS | 2 |
| SERVIDOR | 1 |
| CONVERTIDOR FIBRA ÓPTICA | 1 |

Tabla 20. Cuarto de comunicaciones- Ed. Administración/Aulas

Como resultado del diagnóstico efectuado se pueden realizar las siguientes observaciones:

- En este recinto se ubica una unidad ininterrumpida de potencia (UPS), marca POWERCOM, con potencia de 8 [kVA] (ver Tabla 21).

Características de la unidad ininterrumpida de potencia (UPS) se evidencia en la siguiente tabla.

| UPS | | | | |
|----------------------|----------------------|--------------|---------------|--------------|
| EDIFICIO | POTENCIA[kVA] | MARCA | MODELO | SERIE |
| Administración/Aulas | 8 | POWERCOM | ULT-8K-LCD | II |

Tabla 21. UPS - Ed. Administración/Aulas

- Adicionalmente se encuentra dos (2) racks de comunicaciones marca AMP NETCONNECT, un (1) servidor, cinco (5) concentradores o “Hubs” en cada rack y el cableado del sistema de comunicaciones.

- Las instalaciones del cuarto de comunicaciones cuenta con un equipo de aire acondicionado marca CIEC tipo mini Split para el funcionamiento de los equipos susceptibles a cambios de temperatura como servidores y UPS, además esto garantiza la vida útil los equipos.
- Presenta desorden en el cableado de la red de comunicaciones (ver Anexo Digital 2. Barrancabermeja/Edificio Administración-Aulas/Cuarto de Comunicaciones). Las paredes son formadas por cubículos de oficinas, no se evidencia señalización del cuarto en la puerta de acceso.

7.2 SEDE BARBOSA

“En el año de 1996, la UIS implementa programas de educación a distancia, brindando el acceso a la educación superior, a quienes desearan culminar su carrera universitaria, con el alivio económico de no costear la estadía a otras ciudades. Las instalaciones del antiguo Instituto Integrado de Comercio sirvieron para tal propósito, fueron entregadas por el municipio de Barbosa en comodato, mediante acuerdo 151 de 1998 del Consejo Superior y la posterior reestructuración del programa de regionalización, se aprobó implementar en las sedes, el ciclo básico de algunas ingenierías, ciclo que incluía un nivel introductorio y cuatro semestres iniciales, para posteriormente culminar estudios en la sede principal Bucaramanga.”¹⁶

“El 27 de diciembre de 1997, se inaugura la sede de Barbosa con la entusiasta colaboración de las autoridades municipales y departamentales, 60 estudiantes se inscribieron para cursar la carrera de Tecnología en administración e informática. En el año 2002, se autorizó a la UIS Barbosa a ofrecer el nivel introductorio para

¹⁶ <http://www.uis.edu.co>

las ingenierías: civil, industrial, eléctrica, electrónica, mecánica, sistemas, química, metalúrgica, petróleos y geología.”¹⁷

La sede Barbosa, ubicada en este mismo municipio, perteneciente a la provincia de Vélez departamento de Santander. “A partir del mes de abril de 2008 construyó la sede campestre de la Universidad Industrial de Santander, sede Barbosa, en un lote de 11 hectáreas ubicado en el km 1 vía antigua a CITE.”¹⁸

“A partir del II semestre del año 2010, se construye la segunda fase correspondiente al edificio de biblioteca”¹⁹. En la figura 64, se muestra un diagrama ilustrativo de la sede, mostrando futuras ampliaciones; pues existe una tercera fase donde se proyecta el Edificio Administrativo, Parqueaderos y Escenarios Deportivos que aún no están construidos, sin embargo en el desarrollo del presente proyecto se contempla únicamente existente(ed. aulas y ed. biblioteca).



Figura 64. Sede Barbosa

Fuente Autor

¹⁷ <http://www.uis.edu.co>

¹⁸ <http://www.uis.edu.co>

¹⁹ <http://www.uis.edu.co>

7.2.1 Subestación

La subestación de esta sede, de acuerdo a su configuración y estructura es una subestación pedestal o pad mounted (tipo jardín), cuenta con un transformador como componente principal, este se encuentra protegido por una malla, ofreciendo seguridad e impidiendo el acceso a personas no capacitadas para su manipulación; el cual posee las características mostradas en la tabla 22; en la figura 65 se evidencia el transformador de dicha subestación.

| Transformador | | | | | | | |
|-------------------------|----------|----------|---------|----------|----------|---------------|--|
| Nivel de transformación | Potencia | Conexión | Marca | TIPO | N° FASES | Refrigeración | |
| 13.2 kV/215 -142 V | 300 kVA | Dyn5 | SIEMENS | Pedestal | 3 | ONAN | |

Tabla 22. Subestación Barbosa.



Figura 65. Transformador 300 kVA, Subestación BARBOSA.

Fuente Autor

7.2.2 Edificio Aulas/Administración

“El Edificio consta de tres pisos para un área total de 2322 m²,” “cuenta con un Aula CENTIC – Centro de tecnología y comunicaciones, Sala de multimedios, Biblioteca tradicional y virtual, salones de informática, Laboratorio de química, Laboratorio de física, 20 aulas independientes, Auditorio. Así como oficinas de: Bienestar universitario, Psicología, Enfermería, Sistemas de información, Planta física, Proyectos de desarrollo regional, Coordinación académica, Sala de docentes, Secretaría general, Secretaría de educación a distancia, Sala de reuniones y Coordinación administrativa”²⁰, además cuenta un cuarto técnicos eléctrico y dos cuartos de comunicaciones.

7.2.2.1 *Cuarto Técnico Eléctrico*

Este cuarto ubicado en el primer piso de la estructura figura 66, posee las siguientes características:

- Posee indicaciones, información técnica y conexiones de los equipos pertenecientes al cuarto, además advierte la presencia de riesgo eléctrico, lo cual es exigido por el RETIE art. 6 con la intención de informar, prevenir de forma más entendible las condiciones de las estructuras.
- Las dimensiones del cuarto que son 2.70x2.70x2.90 [m] de frente, fondo y altura respectivamente, son apropiadas para desarrollar actividades de operación y mantenimiento, presenta buenas condiciones higiénicas, además se facilita acceso y evacuación del mismo,
- El nivel de ventilación es bajo, dado que solo se efectúa a través de unas rejillas con dimensiones de 0.6x0.67 [m] de base por altura respectivamente.

²⁰ <http://www.uis.edu.co>

- En el Anexo 6 Barbosa/Registro Fotográfico/Edificio de Aulas-Administración, se evidencia la existencia de equipos obsoletos.
- A la fecha de la visita no se encontraron equipos monitorizados en el cuarto técnico eléctrico.
- Se hallaron instrumentos análogos de medición de tensión, pero en el momento de la visita no se encontraban en funcionamiento.
- No posee toma corriente general, Cuenta con un Switch eléctrico, ubicado al ingreso del cuarto, adyacente a la puerta, extremo izquierdo.
- El RETIE establece que para un cuarto técnico eléctrico debe tener un puerta de acceso al espacio de trabajo no debe ser menor a 0.9 [m], por tanto este recinto cumple con las dimensiones mínimas establecidas por el reglamento, sus dimensiones son 0.91x2.03x3.5 [m] de base altura y espesor respectivamente.
- De la iluminación de recinto no se obtuvieron medidas precisas de los luxes ya que no se contaba con el instrumento para realizar dichas medidas (luxómetro). Se evidencia una (1) salida para iluminación con lámpara fluorescente tubular, no hermética y no especular.
- Cuenta con ruta fácil de acceso y evacuación, también ofrece seguridad impidiendo el ingreso de personal no autorizado.

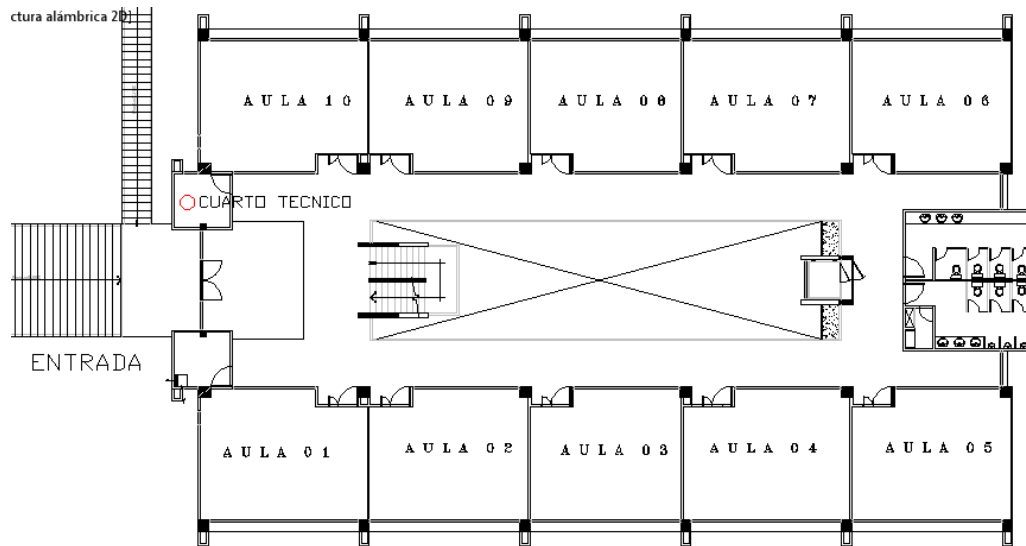


Figura 66. Cuarto técnico edificio adm/aulas, piso 1.

Fuente Autor

- El Tablero general de baja tensión (TGBT), posee las siguientes características: Gabinete metálico de 0.9x0.6x0.2 [m], Interruptor automático tripolar 220 v, 25 kA, 100 a tipo industrial referencia mg ezc100n, Medidor trifásico tetra filar de medida directa 40(160) A, Supresor tetra polar 80 kA, 208 V, barraje c/u $\frac{3}{4}$ " x $\frac{3}{16}$ ", Accesorios de montaje, Identificación y conexionado.

En la siguiente tabla 23 se muestra de manera resumida la cantidad de equipos existentes en el cuarto, seguida de la figura 67, donde se muestra las distribución de los equipos (sin escala) dentro del cuarto.

| CUARTO TÉCNICO ELÉCTRICO | |
|-----------------------------------------|----------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| CELDA DE MEDIDA | 1 |
| TABLERO DE CONTROL UPS-CENTIC PISO 3 | 1 |
| SALIDAS UPS | 1 |
| CONTROL ALUMBRADO | 1 |
| TABLERO NORMAL PISO 1 Y PISO 2 | 1 |
| TABLERO REGULADO | 1 |

Tabla 23. Equipos de sistema de potencia Edif. Aulas

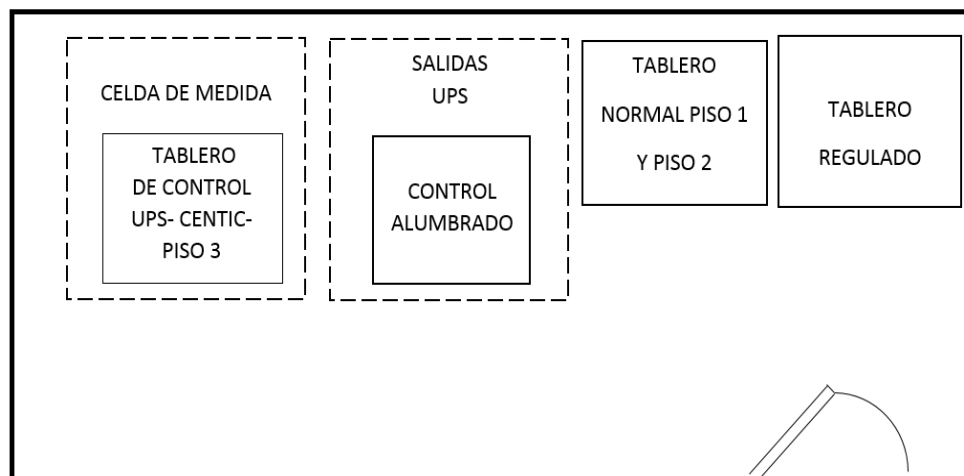


Figura 67. Cuarto técnico edificio adm/aulas, piso 1.

Fuente Autor

7.2.2.2 Cuarto de Comunicaciones

Este edificio cuenta con dos cuartos, ubicados en el segundo y tercer piso del edificio (figura 68) allí se encuentran distribuidos los elementos electrónicos, informáticos y de comunicaciones, estos cuartos poseen características similares en cuanto a sus condiciones locativas. Las dimensiones del recinto son 2.7x2.8x2.9 [m] de frente, fondo y altura respectivamente.

- Presentan condiciones desfavorables de humedad y temperatura, dado que el único medio para la ventilación es por circulación natural de aire a través de unas rejillas con dimensiones 0.6x0.67 [m] de base por altura respectivamente.
- Uno de estos cuartos es destinado especialmente para almacenar unidades ininterrumpidas de potencia o UPS de la cuales una es de 8 kVA y otra de 10 kVA, estas son utilizadas como respaldo de equipos informáticos únicamente. En el cuarto de comunicaciones (piso 2) se encuentra ubicado el servidor (PC), y dos Rack que tiene las características mostradas en tabla 24.
- Posee cinco (5) toma corriente generales dobles, cuenta con un switch eléctrico adyacente a la puerta, ingresando al extremo derecho.

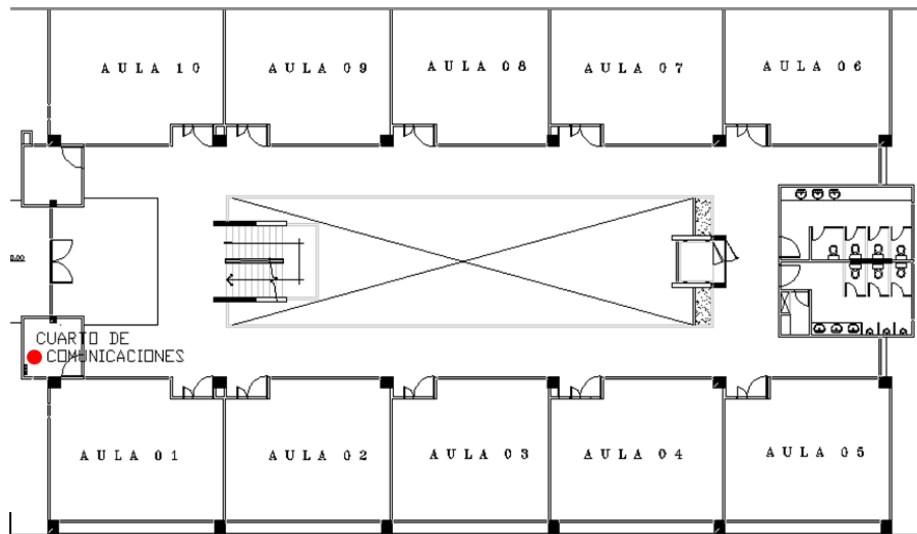


Figura 68. Cuarto de comunicaciones edificio adm/aulas piso 2.

Fuente Autor

| | Dimensiones | | MATERIAL | MARCA | SEGURIDAD |
|--------|-----------------------------|-------------|----------|-------|-----------|
| | Areabase.[cm ²] | Altura [cm] | | | |
| RACK 1 | 59x59 | 196 cm | PLASTICO | QUEST | SI |
| RACK 2 | 59X49 | 216 | METAL | QUEST | NO |

Tabla 24. Características racks edif. Aulas piso 2

- La iluminación en ambos cuartos cuenta con una salida a través lámpara fluorescente tubular, no hermética y no especular, cumpliendo con lo exigido por el decreto 2331 de 2007, el cual tiene por objeto exigir “la utilización o sustitución en los edificios cuyos usuarios sean entidades oficiales de cualquier orden, de todas las bombillas incandescentes por

*bombillas ahorradoras específicamente Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) de alta eficiencia*²¹.

En la siguiente tabla 25 resume la cantidad de equipos existentes en cada uno de estos cuartos, seguida de esquemas representativos de la distribución de los equipos (sin escala) dentro de la misma figura 69 y figura 70.

| CUARTO DE COMUNICACIONES | |
|---------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| PISO 3 | |
| Ups 8 kVA | 1 |
| Ups 10 kVA | 1 |
| Tablero regulados ups 10kva | 1 |
| Tablero regulados ups 10kva | 1 |
| Baterías de UPS (144 Vdc) | 1 |
| PISO 2 | |
| Rack | 2 |
| Servidor | 1 |

Tabla 25. Equipos de comunicaciones Edif. Aulas piso 2 y 3

²¹ Decreto 2331 Artículo 1 2007 Gobierno Nacional Art 1

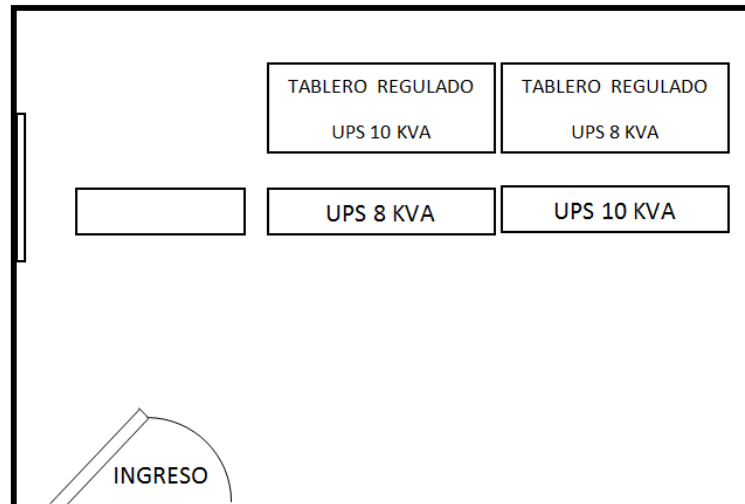


Figura 69. Cuarto de comunicaciones edificio adm/aulas, piso 3
Fuente Autor

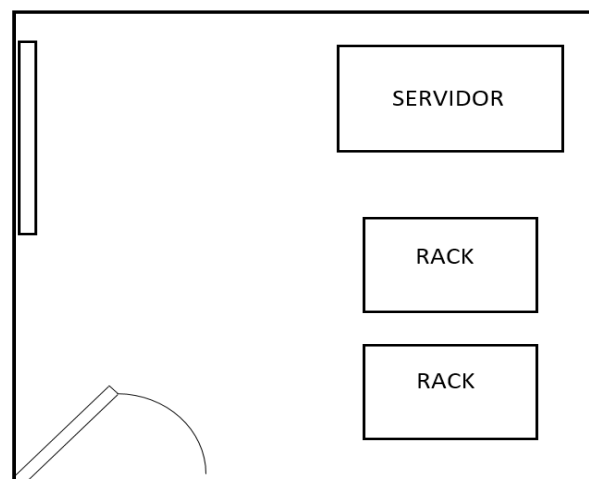


Figura 70. Cuarto de comunicaciones edificio adm/aulas, piso 2
Fuente Autor

7.2.3 Edificio Biblioteca

“Este edificio, distribuido en dos pisos y un semisótano cuenta con cinco aulas digitales, una sala de reuniones, un centro de estudios, una sala de lectura, un depósito de libros de reserva, una sala de video conferencias, cuatro baños, un cuarto técnico destinado tanto a operaciones eléctricas como de comunicaciones”.

“El área total del edificio de la Biblioteca es de aproximadamente 1.836 m².”²²

7.2.3.1 Cuarto Técnico Eléctrico y de Comunicaciones

El edificio de biblioteca, cuenta con un único cuarto el cual está ubicado al OESTE del área, tiene las siguientes características:

Posee equipos tanto eléctricos como de comunicaciones, en la figura 71 se puede evidenciar la ubicación del mismo dentro del edificio (sótano).

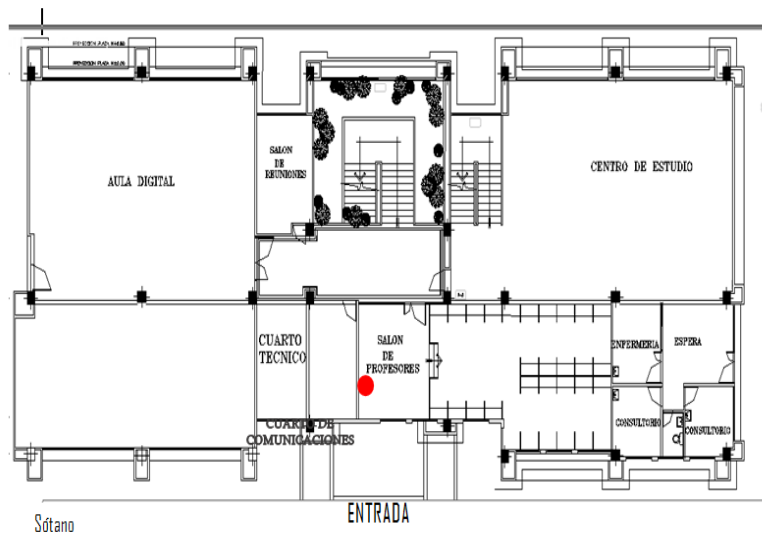


Figura 71. Ubicación cuarto técnico dentro del edificio

Fuente Autor

²² Tomado del RETIE 25 de Octubre

- En el Anexo 6 Barbosa/Registro Fotográfico/Edificio Biblioteca, se evidencian condiciones de humedad y temperatura factibles para el funcionamiento de equipos.
- El entorno a nivel de iluminación, es conveniente pues se hace uso de dos (2) salidas con lámpara fluorescente tubular, no hermética y no especular, cumple con lo indicado por el decreto 2331 de 2007, no fue posible determinar si es o no el adecuado, dado que no fue posible obtener un luxómetro el medio para llevar a cabo estas medidas.
- El cuarto eléctrico cuenta con posibilidades de expansión, para instalación de equipos, es decir posibilita un incremento en la carga. Existen las indicaciones necesarias para designar los diferentes componentes de este cuarto. Además cuenta con información de la existencia de riesgo eléctrico, según RETIE artículo 6.1.1.
- El tablero general de baja tensión (TGBT) cuenta con las siguientes características: Gabinete metálico de 1.20 x 2.10 x 0.50 [m], Barraje en platina de cobre de 2" x ½", Interruptor automático tripolar 220 V, 65 kA, 320-800 a tipo industrial referencia mg ns800h, Transferencia automática 1000 a ac1, ref: trf630a telemecanique, Bornera de conexiones, Medidor electrónico de medida semidirecta con modem, Supresor tetrapolar 80ka, 208 V, Dos (2) interruptores automáticos tripolares 220V, 25 kA, 125 A ref: mg ezc250n, Interruptor automático tripolar 220V, 10 kA, 50 A ref: mgezc100b, Interruptor automático tripolar 220V, 10 kA, 40 A ref: mgezc100b, Seis (6) interruptores automáticos tripolares 220V, 10 kA.
- Cuenta con un rack cuyas características se muestran en la tabla 26 soporta elementos electrónicos informáticos y de comunicaciones,

presenta orden y limpieza en sus conexiones, adyacentemente se encuentra el servidor, encargado de las comunicaciones de la sedes.

| | Dimensiones | | MATERIAL | MARCA | SEGURIDAD |
|--------|------------------------------|-------------|----------|-------|-----------|
| | Area base.[cm ²] | Altura [cm] | | | |
| RACK 1 | 69x16 | 280 | METAL | QUEST | NO |

Tabla 26. Dimensiones Rack Ed. Biblioteca

- Posee 2 toma corriente generales dobles, cuenta con 1 switch eléctrico, adyacente a la puerta, extremo derecho ingresando.
- En un cuarto técnico, el ancho de la hoja de las puertas de acceso al espacio de trabajo no debe ser menos a 0.9 [m]. Lo exige el RETIE de tal manera que en este cuarto las dimensiones de la puerta de acceso no cumplen dado que sus dimensiones son 81.5x230x4 [cm] de base por altura y espesor
- Además este cuarto técnico cuenta con una unidad ininterrumpida de potencia de 12 kVA; La cual es utilizada para respaldar la sala digital del segundo piso del mismo edificio.

En la siguiente tabla 27 y tabla 28 se resume la cantidad de equipos existentes dentro del cuarto técnico, discriminando tanto equipos de potencia como de comunicaciones. Seguidas de la figura 72 donde se muestra la distribución (sin escala) de los mismo dentro del cuarto.

| CUARTO TÉCNICO ELÉCTRICO | |
|--------------------------------|----------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| TABLERO REGULADO PRINCIPAL | 1 |
| UNIDAD ININTERRUMPIDA [12 kVA] | 1 |
| TABLERO CONTROL ALUMBRADO | 1 |
| TABLERO REGULADO PISO 1 | 1 |
| TABLERO GENERAL | 1 |

Tabla 27. Equipos sistema de potencia edif. Biblioteca

| COMUNICACIONES | |
|----------------|----------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| RACK | 1 |
| SERVIDOR | 1 |

Tabla 28. Equipos sistema de comunicaciones edif. Biblioteca

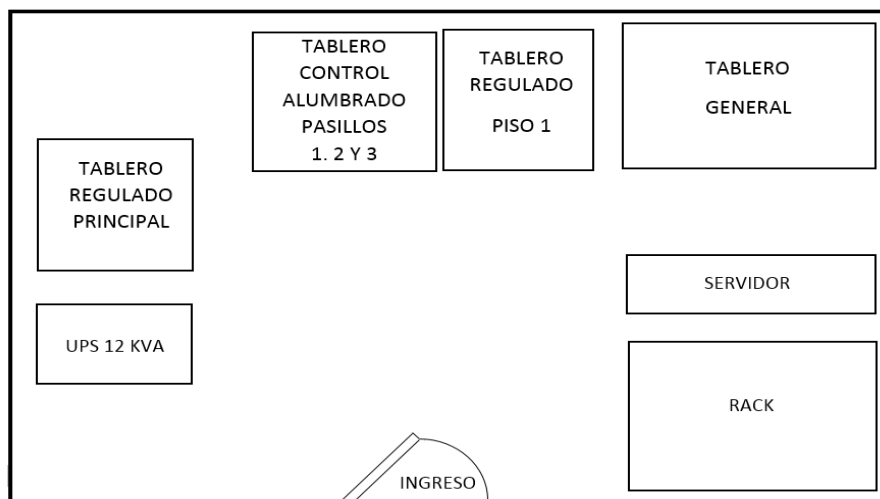


Figura 72. Cuarto técnico y de comunicación edificio biblioteca, sótano.

Fuente Autor

7.3 SEDE SOCORRO

La sede se encuentra ubicada en el municipio de Socorro (Santander), perteneciente a la provincia comunera.

Inician labores académicas el 4 de febrero de 1994, con un total de 120 estudiantes de las facultades de ingenierías Fisicomecánicas y Físicoquímicas. Durante 20 años de labores la sede ha ofrecido múltiples programas académicos como ingenierías Fisicomecánicas y físicoquímicas, igualmente programas agropecuarios y tecnologías. Actualmente cuenta con 100 profesores y 30 funcionarios administrativos, la comunidad universitaria es integrada por 1400 estudiantes.

Adicionalmente la sede ofrece programas de especialización como Docencia Universitaria, Educación Sexual y Procesos Afectivos, Pedagogía e Informática, Alta Gerencia y Gerencia Pública, diversos diplomados y seminarios de actualización permanente. También contribuye en la formación integral de la comunidad en general mediante diversas actividades académicas, deportivas, artísticas y culturales.

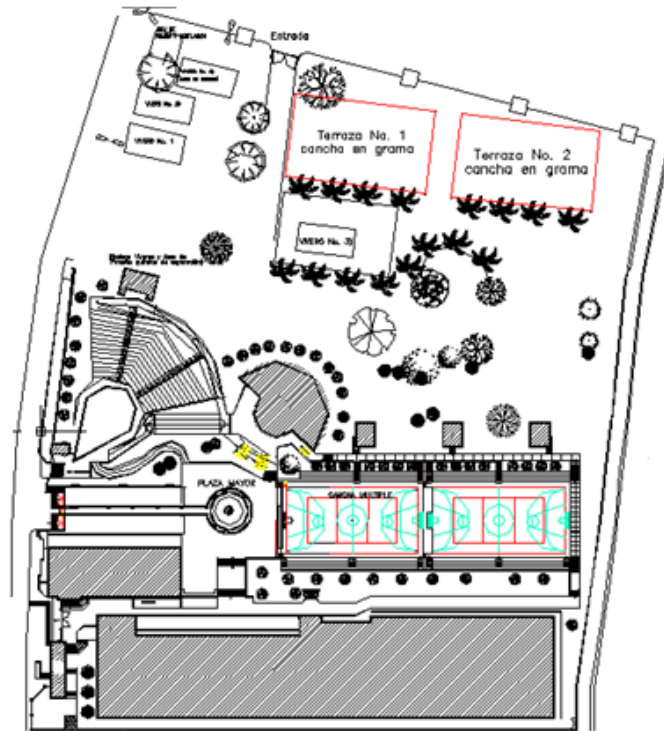


Figura 73. Campus principal Sede Socorro

Fuente Autor

La sede cuenta con un edificio principal, en este se ubican las aulas de clase, oficinas administrativas, un auditorio, dos canchas múltiples, viveros, una plazoleta, un quiosco, cafetería y parqueaderos (ver Figura 73). El campus no es propiedad de la UIS, este pertenece al municipio y ha sido prestado para el funcionamiento de la sede.

Igualmente la biblioteca Antonia Santos del municipio de Socorro fue donada por el ministerio de cultura a Socorro en la conmemoración de los 200 años de independencia, posteriormente el municipio de Socorro entrega la Biblioteca a la Universidad Industrial de Santander para su administración, por tanto la sede Socorro cuenta con un edificio adicional el cual presta servicios a la comunidad en general. Como proyecto la sede de Socorro tiene la construcción de dos edificios adyacentes a la biblioteca Antonia Santos y posteriormente se trasladara para prestar sus servicios desde este campus principal.

7.3.1 Edificio Administración/Aulas

Este primer edificio tiene tres niveles. El primero consta de diez (10) aulas para clases, cinco (5) laboratorios de informática, oficinas administrativas (coordinación académica, secretaria, área financiera, planta física), sala de profesores, y dos (2) salas de postgrados y juntas. El segundo nivel cuenta con cinco (5) aulas de clases, dos (2) laboratorios, biblioteca y varias oficinas (bienestar universitario, psicología, enfermería) y el tercero consta de cinco (5) aulas para clases, almacén para implementos deportivos y almacén de implementos culturales.

Adicionalmente en el primer nivel está el cuarto técnico eléctrico (subestación) y dos cuartos de comunicaciones (ver Figura 74), también se encuentra otro cuarto técnico eléctrico en el área de las canchas múltiples, para un total de dos cuartos en la sede.



Figura 74. Cuartos presentes en el Edificio- Primer Nivel.

Fuente Autor

7.3.1.1 Cuarto Técnico Eléctrico N°1

El primer cuarto técnico eléctrico se ubica en el primer piso, seguido de la sala de profesores. La sede es alimentada por una red de baja tensión proveniente de un transformador público, propiedad del operador de red y prestador del servicio de energía eléctrica la ESSA. El transformador es de 75kVA, tipo convencional, este se encuentra situado diagonal a la entrada de la sede en una estructura tipo H con código de referencia 80966. Esta acometida proveniente del transformador alimenta todas las aulas y oficinas del edificio, las características del transformador se muestran en la Tabla 29.

A continuación se exponen la distribución de los equipos (sin escala) en el cuarto técnico eléctrico N°1. (Figura 75).



Figura 75. Cuarto Técnico Eléctrico N°1 Ed. Administración/Aulas

Fuente Autor

| TRANSFORMADOR Cuarto N°1 | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|----------------------|
| Nivel de Tensión [V] | Potencia [kVA] | Conexión | Marca | Tipo | N° Fases | Refrigeración |
| 13200/220-127 | 75 | Dyn5 | ABB | Convencional | 3 | ONAN |

Tabla 29. Características. Ed. Administración/Aulas

Posteriormente la acometida proveniente del transformador N°1 llega al tablero general de baja tensión (TGBT) N° 1, el cual está ubicado en el interior del cuarto técnico eléctrico en un gabinete metálico, en este se encuentran los disyuntores para los circuitos de la sede (aulas y salas de informática). Adyacente al TGBT N°1 se halla la celda de medida y los medidores de energía activa marca Rymel, propiedad del operador de la red ESSA.

En la Tabla 30, se relaciona el inventario general de los equipos existentes en el cuarto técnico eléctrico N°1, este se resume Anexo Digital 4. Socorro/Registro Fotográfico/Edificio Aulas-Administración/ Cuarto Técnico Eléctrico N°1.

| CUARTO TÉCNICO ELÉCTRICO N°1 | |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| CELDA DE MEDIDA (MEDIDORES DE ENERGÍA, ACTIVA Y REACTIVA) | 1 |
| TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION | 1 |

Tabla 30. Cuarto Técnico Eléctrico N° 1. Administración/Aulas

Parte del alcance del proyecto es verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el reglamento técnico vigente (RETIE). Por tanto se da resultado al diagnóstico efectuado con las siguientes observaciones:

- El tablero general de baja tensión tiene demarcadas las fases del barraje con los colores exigidos por el RETIE artículo 6. Numeral 6.3. Además está construido en lámina de acero, permitiendo que las partes energizadas no sean accesibles, numeral 20.23.1.1 RETIE.
- El recinto no posee la simbología y señalización según el RETIE artículo 6. Igualmente el símbolo de riesgo eléctrico no cumple con lo establecido en el RETIE numeral 6.1.1. Algunos disyuntores se encuentran numerados, estableciendo su circuito pero no en su totalidad.
- La puerta de acceso al cuarto técnico eléctrico es de rejas metálicas con una cerrojo asegurado con candado, esto permite ventilación a los equipos, además la puerta no cuenta con la señalización de riesgo eléctrico, según RETIE artículo 6 numeral 6.1.
- Esta subestación no cumple con todas las distancias mínimas de seguridad exigidas por el RETIE, su ubicación dificulta al personal de mantenimiento realizar las labores de inspección, revisión y movilización de equipos. Por otra parte en el cuarto eléctrico se guardan objetos obsoletos al cuarto, como escaleras de construcción. Anexo Digital 4. Socorro/Registro Fotográfico/Edificio Aulas-Administración/ Cuarto Técnico Eléctrico N°1.
- El cuarto técnico eléctrico cuenta con una salida de iluminación doble fluorescente SYLVANIA tubular no hermética y no especular de 39 W.
- Según RETIE numeral 20.23.1.4 el cuarto técnico eléctrico debe contar con un diagrama unifilar de la instalación eléctrica del recinto, esto no se cumple para el cuarto técnico eléctrico, ya que no se evidencio la existencia del diagrama unifilar.

- A la fecha de la visita no se encontraron equipos monitorizados.

7.3.1.2 Cuarto Técnico Eléctrico N°2

El segundo cuarto técnico eléctrico se ubica en la zona exterior del campus, costado oriental del edificio, por detrás del teatro al aire libre de la sede. Ver Figura 76.

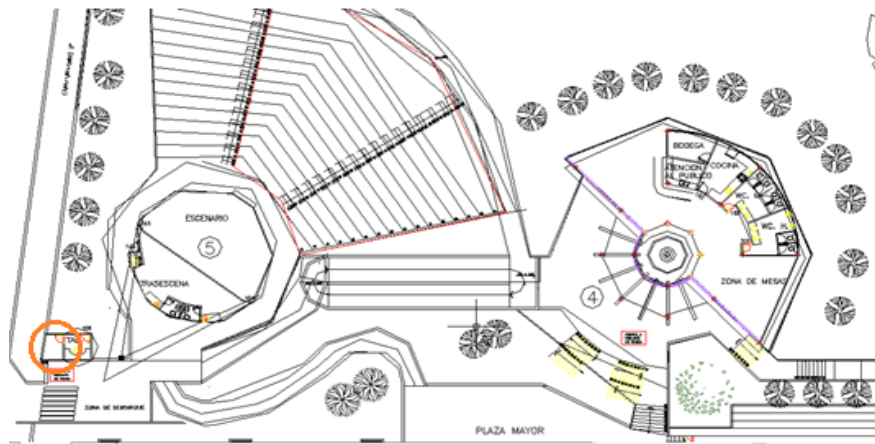


Figura 76. Ubicación Cuarto Técnico Eléctrico N°2

Fuente Autor

En el recinto se halla un tablero general de baja tensión (TGBT) N°2 y medidores de energía activa. La acometida llega al TGBT N°2 proveniente de un transformador público N° 2 de 75 [kVA], propiedad del operador de red y prestador del servicio de energía eléctrica ESSA. La ubicación del transformador es diagonal a la entrada principal hacia el oriente, en una estructura tipo poste con código 59434. Las características del transformador se muestran en la Tabla 31, el transformador N°2 alimenta las canchas, cafetería, teatro al aire libre, ornamentales (viveros), monumento al tiple y alumbrado exterior de la sede.

Cabe aclarar que los dos cuartos técnicos son alimentados por transformadores diferentes.

| TRANSFORMADOR Cuarto N°2 | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|----------------------|
| Nivel de Tensión [V] | Potencia [kVA] | Conexión | Marca | Tipo | N° Fases | Refrigeración |
| 13200/226-130 | 75 | Dyn5 | ABB | Convencional | 3 | ONAN |

Tabla 31. Características. Ed. Administración/Aulas

El TGBT N° 2 se ubica encima de una estructura de concreto de aprox. 1,5 [m] de altura, cuenta con un totalizador marca SACE, los disyuntores para los circuitos que distribuyen la energía eléctrica por los espacios anteriormente mencionados. Adyacente al TGBT se encuentra el medidor de energía eléctrica, marca ISKRA contador trifásico 4 filar tipo: E82C2-02, propiedad de la ESSA.

En la Tabla 32, se relaciona el inventario general de los equipos existentes en el cuarto técnico eléctrico N°2, este se resume en el Anexo Digital 4, Socorro/ Registro Fotográfico/Edificio Aulas-Administración/Cuarto Técnico Eléctrico N° 2.

| CUARTO TÉCNICO ELÉCTRICO N°2 | |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| CELDA DE MEDIDA (MEDIDORES DE ENERGÍA, ACTIVA Y REACTIVA) | 1 |
| TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION | 1 |

Tabla 32. Cuarto Técnico Eléctrico N° 2 Administración/Aulas

Observaciones del cuarto técnico eléctrico:

- El día de la visita el cuarto no contaba con iluminación, debido a que ESSA se encontraba realizando el cambio del transformador por uno de mayor potencia, por el aumento de carga en el sector (construcción de un nuevo edificio).
- El barraje del TGBT se distinguen las fases con los colores (amarillo, azul y rojo) el neutro de color blanco, cumple con lo establecido por el RETIE artículo 6. Numeral 6.3, además cuenta con la señalización de riesgo eléctrico numeral 6.1.1.
- No presenta ventilación alguna, los equipos instalados pueden presentar fallas por falta de aire hasta el punto de sobrecalentarse cuando se esté operando.

7.3.1.3 Cuarto de Comunicaciones N°1

El cuarto de comunicaciones se ubica en el primer piso del edificio, adyacente al cuarto eléctrico N°1 (ver Figura 77). A continuación se muestra la distribución (sin escala) de los equipos en el cuarto.

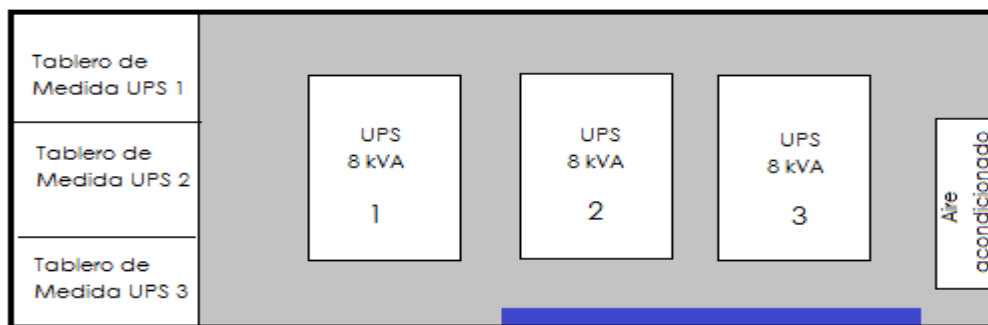


Figura 77. Distribución del cuarto de comunicaciones N°1

Fuente Autor

En caso de ausencia de energía eléctrica la UPS 1 alimenta el aula de computo CENTIC, la UPS 2 la sala 6 y la UPS 3 la sala 5, las salas 5 y 6 son laboratorios de informática.

Como resultado del diagnóstico efectuado se pueden realizar las siguientes observaciones:

- El cuarto de comunicaciones N°1 posee tres (3) UPS de 8kVA cada una, marca POWERCOM. En la tabla 33, se encuentran las características de las UPS.
-

| UPS | | | | |
|----------------------|---------------------------|--------------|----------------|--------------|
| EDIFICIO | POTENCIA [kVA] | MARCA | MODELO | SERIE |
| Administración/Aulas | 8 | POWERCOM | ULT-8K- LCD | II |
| Administración/Aulas | 8 | POWERCOM | ULT-8K- LCD | II |
| Administración/Aulas | 8 | POWERCOM | ULT-8K- LCD | II |

Tabla 33. Cuarto comunicaciones N°1 - Ed. Administración/Aulas

- El día de la visita, el aire acondicionado tipo ventana marca SAMSUNG del cuarto no se encontraba funcionando adecuadamente, ya que la temperatura que se percibía en el recinto era alta. Esto puede ocasionar daños en los equipos.

- En el recinto existen tres tableros cada uno de estos corresponde a una UPS (ver Figura 65), los tableros cuentan con medidores análogos para la medición de parámetros de tensión y corriente.
- El cuarto de comunicaciones cuenta con una salida de iluminación doble fluorescente SYLVANIA tubular no hermética y no especular de 39 W.
- La puerta de acceso es metálica, en ella no se visualiza ninguna señalización de la función del cuarto.

A continuación en la Tabla 34 se resumen los equipos presentes en el cuarto de comunicaciones N°1. Anexo 4. Socorro/ Registro Fotográfico/Edificio Administración- Aulas/Cuarto de Comunicaciones N° 1.

| CUARTO DE COMUNICACIONES | |
|----------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| UPS | 3 |
| Medidores de Tensión y Corriente | 3 |

Tabla 34. Cuarto de comunicaciones N° 1- Ed. Administración/Aulas

7.3.1.4 Cuarto de Comunicaciones N°2

En el primer nivel del edificio Aulas/Administración se encuentra el segundo cuarto de comunicaciones, en frente de las oficinas de administración (ver Figura 78).

A continuación se muestra la distribución de los equipos (sin escala) del cuarto de comunicaciones N°2.

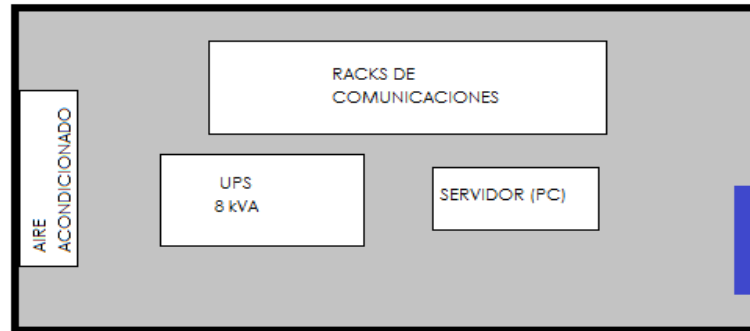


Figura 78. Distribución Cuarto de comunicaciones N°2.

Fuente Autor

En el recinto se encuentran un rack donde está la red de comunicaciones, un servidor (computador), aire acondicionado mini Split y una UPS de 8 kVA.

Como resultado del diagnóstico efectuado se pueden realizar las siguientes observaciones:

- La UPS de 8 kVA es marca POWERCOM, ver Tabla 35.

| UPS | | | | |
|-----------------|---------------------------|--------------|---------------|--------------|
| EDIFICIO | POTENCIA [kVA] | MARCA | MODELO | SERIE |
| Biblioteca | 8 | POWERCOM | ULT-8K-LCD | II |

Tabla 35. Cuarto de Comunicaciones N°2 -Ed. Biblioteca.

- El cuarto de comunicaciones N°2, tiene ambiente climatizado por medio de un aire acondicionado mini Split TEMPSTAR.
- El cuarto de comunicaciones cuenta con una salida de iluminación doble fluorescente SYLVANIA tubular no hermética y no especular de 39 W.

A continuación en la Tabla 36 se resumen los equipos presentes en el cuarto de comunicaciones N°2.

| CUARTO DE COMUNICACIONES | |
|---------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| UPS | 1 |
| Racks | 1 |
| Servidor | 3 |

Tabla 36. Cuarto de comunicaciones N° 2- Ed. Administración/Aulas

7.3.2 Edificio Biblioteca

La Biblioteca Antonia Santos no se ubica en el campus principal de la sede, esta se encuentra retirada de la sede Socorro en un terreno donado por la Alcaldía de Socorro.

La biblioteca cuenta con sala de lectura infantil, sala de consulta general, sala de exposiciones, oficinas administrativas, 20 computadores portátiles y más de 5.000 libros, en un espacio total de 3.873 m². Esta es un centro de información y documentación de gran importancia para el desarrollo de actividades de formación, investigación y extensión, beneficiando a la comunidad en general y en especial a un gran número de estudiantes de instituciones educativas de la región, quienes pueden acceder a los servicios y programas ofrecidos de manera libre y gratuita, para solucionar inquietudes, aprender, informarse, estudiar o investigar.

Entre los servicios y programas dirigidos a diferentes tipos de público, al interior y exterior de la Biblioteca, se pueden enunciar: los de referencia, consulta y préstamo de material bibliográfico, catálogo en línea, formación de usuarios, hemeroteca, videoteca, Internet y consulta de bases de datos.

En el edificio no existe cuarto de comunicaciones, solo un cuarto técnico eléctrico. Adicionalmente existe un cuarto donde se ubica una planta contraincendios con un su respectivo tablero de maniobra en el cual se encuentran contactores, pero esta

planta contraincendios no está conectada al sistema, por tanto a la fecha de la visita no estaba en funcionamiento.

La edificación cuenta con una planta DIESEL como emergencia en ausencia de la energía eléctrica, pero debido a que la construcción del cuarto no tenía los requerimientos necesarios para la contención de la planta, se filtró agua por el terreno que estaba adyacente al cuarto ocasionado una inundación y posterior deterioro y daño de la planta eléctrica. No se obtuvo evidencia fotográfica de la planta DIESEL ya que debido a la inundación no se pudo ingresar al recinto.

7.3.2.1 Cuarto Técnico Eléctrico

El cuarto se ubica en el costado norte de la Biblioteca, con acceso exterior. En el cuarto se encuentra un tablero general de baja tensión (TGBT), la acometida que llega al TGBT es proveniente de un transformador de 75 kVA ubicado en un estructura tipo poste a las afueras del edificio sentido occidente. Este transformador alimenta las cargas de todo el edificio (salas de lectura, salas de informática, etc.), es propiedad de la institución, las características del equipo se evidencian en la siguiente Tabla 37.

| TRANSFORMADOR | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|----------------------|
| Nivel de Tensión [V] | Potencia [kVA] | Conexión | Marca | Tipo | N° Fases | Refrigeración |
| 13200/214-124 | 75 | Dyn5 | ABB | Convencional | 3 | ONAN |

Tabla 37. Características. Ed. Biblioteca

En el recinto también se encontraron tres (3) reguladores automáticos de tensión (RAT), utilizados para mantener la tensión siempre en el mismo valor. Estos son marca ENERGEX, modelo PR-5000N y potencia 5kVA.

Las señales de tensión y corriente llegan a un medidor de energía activa y reactiva que se ubica por fuera del cuarto técnico eléctrico en la misma estructura del transformador, características a continuación:

| |
|----------------------------------------------|
| <i>Medidor de potencia activa y reactiva</i> |
| <i>Marca: Itron</i> |
| <i>3 FASES 4 Hilos</i> |
| <i>3x57,7 V (100V)</i> |
| <i>3x227V (480V)</i> |
| <i>5 (10) A, 60Hz</i> |

Tabla 38. Características Medidores Sede Socorro

A continuación se presenta la distribución de los equipos (sin escala) existentes en el cuarto técnico eléctrico.

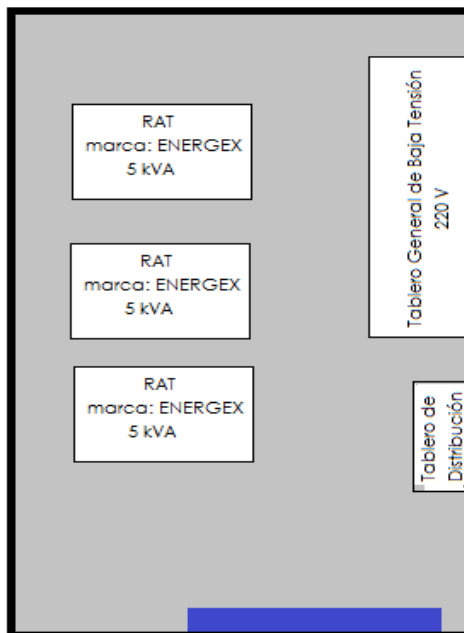


Figura 79. Distribución de equipos/ Biblioteca

Fuente Autor

Observaciones obtenidas de la visita de la sede y el análisis de la información obtenida:

- La puerta de acceso es metálica, no es corta fuego ni cuenta con cerradura antipático, el cuarto técnico eléctrico posee la señalización según el numeral 6.2 del RETIE, el símbolo de riesgo eléctrico cumple con el RETIE.
- En el recinto se encontraron cajas de inspección vacías.
- Las características de los equipos (TGBT) no son establecidas en placas visibles, además los breakers no están debidamente marcados por tanto no se identifican los circuitos de cada uno de ellos.
- No existe unidades ininterrumpidas de potencia (UPS).
- A la fecha de la visita no se hallaron dispositivos monitorizados.

En la Tabla 39 se relaciona el inventario general de los equipos existentes en el cuarto técnico eléctrico este se resume del Anexo 4. Socorro/Registro Fotográfico, Edificio Biblioteca/Cuarto Técnico Eléctrico.

| CUARTO TÉCNICO ELÉCTRICO | |
|------------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| REGULADORES AUTOMATICOS DE TENSION | 3 |
| TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION | 1 |

Tabla 39. Cuarto Técnico Eléctrico N° 2 Administración/Aulas

7.4 SEDE MÁLAGA

La Universidad Industrial de Santander (UIS) en su proyecto se extender la educación superior a las regiones de Santander creó esta sede en Málaga al sur oriente del departamento de Santander y perteneciente a la provincia de García Rovira.

El 18 de marzo de 1996 con 208 estudiantes matriculados la sede inicia labores con programas de Ingeniería Forestal, Tecnología Forestal, Zootecnia, Tecnología en Zootecnia, Administración de Empresas Agropecuarias y Tecnología en Administración de Empresas Agropecuarias

En 1999, la UIS con el objetivo de ampliar su cobertura de educación superior a la comunidad estudiantil de la provincia, implementó en las sede el nivel introductorio como sistema de admisión a las ingenierías Civil, Eléctrica, Electrónica, Industrial, Mecánica, Metalúrgica, Química, de Sistema y de Petróleos.

La sede de Málaga cuenta actualmente con tres (3) edificios, zona de parqueaderos, cancha de futbol, además se proyecta la construcción de un edificio en el terreno colindante.

7.4.1 Edificios

- Edificio 1: Se encuentra un taller de maderas, laboratorio de silvicultura, salón de dibujo y la cuarto técnico eléctrico.
- Edificio 2: Se ubica un laboratorio de fotointerpretación y el auditorio.
- Edificio 3: Constituido por tres pisos de aulas de clase, Laboratorios, Bienestar Universitario, oficinas administrativas, sala de profesores, salas de cómputo CENTIC, cafetería, cuarto del tablero general de baja tensión y cuarto de comunicaciones.

7.4.1.1 Cuarto Técnico Eléctrico

El cuarto técnico eléctrico del Edificio N°1 cuenta con una subestación tipo interior de 75 [kVA], el transformador esta encapsulado en gabinete metálico y posee

rejillas de ventilación en la parte inferior del gabinete de 1.35x0.97 [m] y es de tipo convencional en aceite (ver Tabla 41). Las dimensiones del cuarto son 3.0 x 4.8 [m] y está ubicado en el exterior del edificio, la distribución de equipos (sin escala) se indica en la Figura 80.

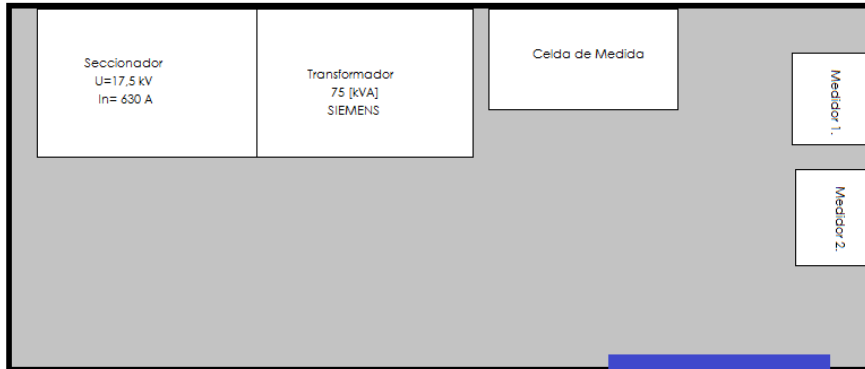


Figura 80. Distribución de los equipos- Cuarto Técnico Eléctrico
Fuente Autor

En la Tabla 40 se relaciona el inventario general de los equipos existentes en el cuarto técnico eléctrico, este se resume del Anexo 8 Málaga/Registro Fotográfico/, Edificio N° 1.

| CUARTO TÉCNICO ELÉCTRICO | |
|------------------------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| SECCIONADOR | 1 |
| TRANSFORMADOR | 1 |
| CELDA DE MEDIDA (MEDIDORES DE ENERGÍA, ACTIVA) | 1 |

Tabla 40. Cuarto Técnico Eléctrico Edificio 1.

| TRANSFORMADORES | | | | | | |
|----------------------|----------------|----------|---------|--------------|----------|---------------|
| Nivel de Tensión [V] | Potencia [kVA] | Conexión | Marca | Tipo | N° Fases | Refrigeración |
| 13200/225-130 | 75 | Dyn5 | SIEMENS | Convencional | 3 | ONAN |

Tabla 41. Características transformador Edificio N°1.

En el cuarto existen dos medidores como se evidencia en la Figura 80. Distribución de los equipos, los medidores son propiedad de la electrificadora de Santander ESSA, el medidor 1 registra energía consumida por la sede excepto la cafetería, el medidor 2 registra del consumo solamente de la cafetería de la sede. El tablero general de baja tensión (TGBT) se ubica en otro cuarto N° 2 al norte del edificio 3. El TGBT Se encuentra en un gabinete metálico de 1,46 m de alto por 0,86 m y 0,5 m de profundidad (ver Figura 81 Distribución del cuarto del TGBT (sin escala)).

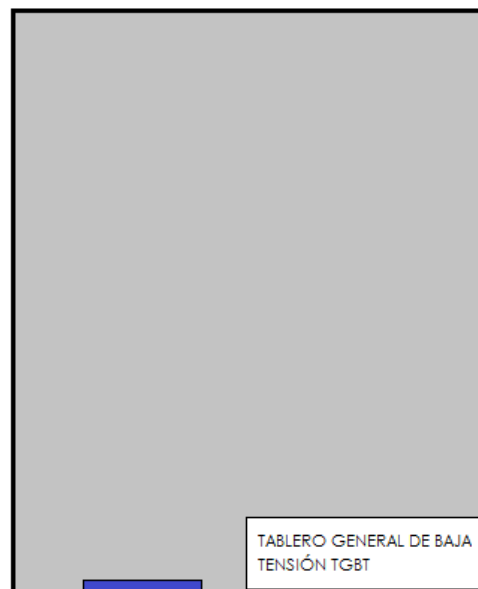


Figura 81. Distribución del cuarto del TGBT

Fuente Autor

Como parte adicional del alcance del proyecto se verificó el cumplimiento de los requisitos establecidos en el reglamento técnico vigente (RETIE) para el presente descripción se verificó el cumplimiento de iluminación, distancias de seguridad, señalización. Como resultado del diagnóstico efectuado se pueden realizar las siguientes observaciones:

- La puerta de acceso al cuarto técnico eléctrico es metálica en celosía de una hoja que abre hacia adentro de 1.12×1.97 [m²], según RETIE 20.4.1 “Todo cuarto eléctrico donde puedan quedar personas atrapadas, deben contar con puertas que abran hacia afuera y estén dotadas de cerradura antipático”, adicionalmente no cuenta con el símbolo de riesgo eléctrico acorde con lo establecido en el artículo 6.1.1 del RETIE, la ventilación es por medio de ocho rejillas de 10×16.5 [m²] ubicadas en la parte superior de la puerta.
- El transformador de 75 [kVA] es propiedad de la ESSA se encuentra en bóveda y es tipo convencional en aceite, a la fecha de la visita el personal que ingresara al cuarto tenía contacto directo con las partes energizadas del transformador, ya que la rejilla metálica de 1.35×0.97 [m²] se había retirado y no la ajustaron nuevamente al gabinete (ver anexo 8 Málaga/Registro Fotográfico/Edificio N°1), además no presenta señales de riesgo eléctrico.
- En el cuarto técnico eléctrico se encuentra una salida para iluminación con dos lámparas fluorescentes tubulares SYLVANIA de 75 W, no hermética y no especular, adicionalmente cuenta con iluminación natural por medio de dos ventanales de 0.9×1.60 [m²] y 1.7×1.6 [m²] cada uno, estas ventanas están cerradas con vidrio y protegidas con rejas metálicas.
- El Tablero General de Baja Tensión (TGBT) es metálico y está fabricado en lámina de acero “cold rolled” calibre 16 BWG. El tablero no presenta una

placa en donde indica el nivel de tensión por tanto no cumple con los rótulos o instructivos mínimos exigidos por el RETIE numeral 20.23.1.4. La iluminación del cuarto N° 2 es por medio de una salida con dos lámparas fluorescentes tubular SYLVANIA de 39 W, no hermética y no especular, las dimensiones del cuarto son de 2.66 x 4.44 [m²], adicionalmente su puerta de acceso es metálica de una hoja que abre hacia afuera y la ventilación es por medio de catorce de rejillas de 0.21 x 0.4 [m²] cada una. A la fecha de la visita el TGBT no presenta cerradura de seguridad y se encuentra abierto con acceso al barraje proveniente de baja tensión del transformador de 75 W, no se evidencia la apertura ni el cierre para la toma del registro fotográfico.

- Según RETIE numeral 20.23.1.4, el cuarto técnico eléctrico debe contar con un diagrama unifilar de la instalación eléctrica del recinto, esto no se cumple para el cuarto técnico eléctrico de Biblioteca, ya que no se evidencio la existencia del diagrama unifilar.
- A la fecha de la visita no se encontraron equipos monitorizados. En la celda de medida se hallaron instrumentos análogos de medición de parámetros de corriente y tensión.

7.4.1.2 Cuarto de Comunicaciones

Los dos racks se encuentra en el interior de la sala de informática CENTIC (cuarto N° 1) y las UPS en un cuarto N° 2 adyacente a las escaleras, tanto el rack como las UPS se ubican en el segundo piso del edificio 3. En la Figura 82 se evidencia la distribución de los equipos (sin escala) pertenecientes al cuarto de comunicaciones específicamente UPS y en la Figura 82 la distribución de los racks en el otro cuarto.

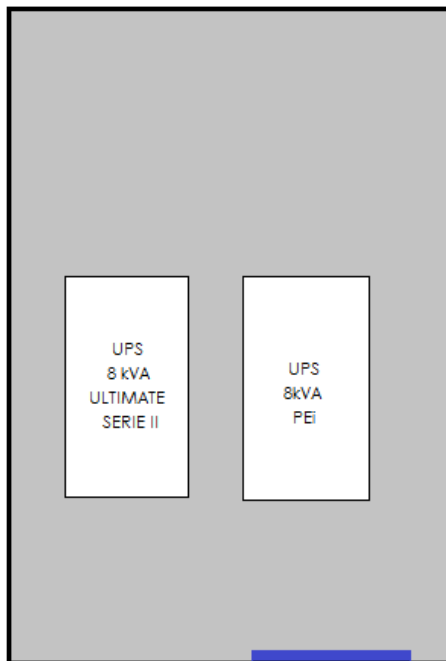


Figura 82. Distribución del cuarto UPS

Fuente Autor

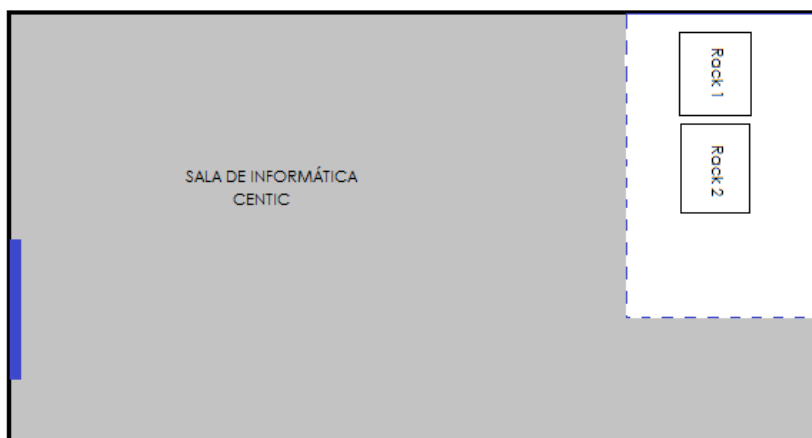


Figura 83. Distribución del cuarto racks

Fuente Autor

A continuación en la Tabla 42 se resumen los equipos presentes en los dos cuartos.

| CUARTO DE COMUNICACIONES | |
|---------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| UPS | 2 |
| RACKS | 2 |
| SERVIDOR | 1 |
| CONVERTIDOR FIBRA ÓPTICA | 1 |

Tabla 42. Cuarto de comunicaciones- Edificio 3.

Como resultado del diagnóstico efectuado se pueden realizar las siguientes observaciones:

- En el cuarto N° 2 se ubican dos unidades ininterrumpidas de potencia (UPS), marca PCM, con potencia de 8 [kVA] cada una (ver Tabla 43).

Las características de la unidad ininterrumpida de potencia (UPS) se evidencian en la siguiente tabla.

| UPS | | | | |
|-----------------|---------------------------|--------------|----------------|--------------|
| EDIFICIO | POTENCIA [kVA] | MARCA | MODELO | SERIE |
| Edificio 3. | 8 | POWERCOM | ULT-8K- LCD | II |
| Edificio 3. | 8 | PEI | U208 | --- |

Tabla 43. UPS Cuarto N° 2- Edificio 3.

- En el cuarto de comunicaciones N° 2 existe una (1) salida de iluminación en el recinto la cual es incandescente (ver anexo 8. Málaga/Registro Fotográfico/Edificio 3/ Cuarto de Comunicaciones), no se cumple con el

decreto 2331 de 2077 el cual establece que “sustitución en los edificios cuyos usuarios sean entidades oficiales de cualquier orden, de todas las bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras específicamente Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) de alta eficiencia”.

- Las instalaciones del cuarto de comunicaciones N°2 cuenta con ventilación natural por medio de un ventanal de 1.06 x 0.92 [m²] con rejillas metálicas y sin vidrio.
- Adicionalmente se encuentra dos (2) racks de comunicaciones en el cuarto N° 1 marca AMP NETCONNECT, un (1) servidor, cinco (5) concentradores o “Hubs” en cada rack y el cableado del sistema de comunicaciones.
- En el cuarto N° 2 existen tableros de medida, cada uno de estos corresponde a una UPS, los tableros cuentan con medidores análogos para la medición de parámetros de tensión, corriente y carga de cada.
- La iluminación del cuarto N° 2 se realiza por medio de cinco salidas de iluminación con dos lámparas fluorescentes SYLVANIA tubulares no hermética y no especular, una de estas lámparas tiene potencia de 75 W y las demás de 39 W.

7.5 SEDE BUCARICA

“El edificio de la Sede Bucarica, fue diseñado por el arquitecto español Germán Tejeiro de la Torre, y el 10 de diciembre de 1945 se inaugura como Hotel Bucarica. El Consejo de Monumentos Nacionales del Ministerio de Cultura lo declaró Monumento Nacional mediante la resolución No. 002 del 12 de marzo de 1982, por su antigüedad, autenticidad, singularidad, representatividad, valor estético, arquitectónico, histórico y documental; Caracterizándolo como bien inmueble en la región Santander. Su utilización como hotel terminó a finales de

1999, fecha a partir de la cual se convierte en sede empresarial y cultural de la Universidad Industrial de Santander, albergando en su interior a algunas dependencias universitarias, como es el caso de: la Dirección de Extensión; las emisoras universitarias UIS Estéreo y UIS A.M, el Centro de Estudios Regionales, la Oficina de Control Interno Disciplinario, el Consultorio Jurídico de la Escuela de Derecho, los salones Santander, Hormiga y Río de Oro; la sala de exposiciones Macaregua, así como también algunas corporaciones en convenio con el sector productivo.”²³



Figura 84. Sede Bucarica

Fuente Autor

7.5.1 Cuarto técnico eléctrico

- Esta sede cuenta con un único recinto destinado para mantener equipos eléctricos, su configuración la cataloga como subestación interna, dado que está ubicada en el sótano de las instalaciones de la sede.
- Cuenta con un transformador de potencia trifásico con frente muerto, adyacente a este se encuentra el seccionador, los cuales en conjunto

²³ <http://www.uis.edu.co>

están ubicados tras una rejilla que impide contacto con partes energizadas cuyas dimensiones son 3.35 x 1.6 [m²] las características del transformador se muestran en la tabla 44.

| TRANSFORMADOR | | | | | | |
|-------------------------|----------|----------|-----------|------|----------|---------------|
| Nivel de transformación | Potencia | Conexión | Marca | TIPO | N° FASES | Refrigeración |
| 13.2 kV/200 - 127 v | 300 kVA | ----- | --- -- | | ---- | ----- |

Tabla 44. Transformador sede Bucarica

- Cuenta con un tablero general de baja tensión, este contiene 19 breakers de diferentes proveedores como LEGRAND, Schneider Electric, Luminex entre otros, está ubicado aguas abajo de 4 totalizadores, los cuales a su vez cuentan con el respaldo de un totalizador general de 3x630- 800A; todo esto en conjunto contenido por un encerramiento metálico (figura 85) con dimensiones de 1.8 m de frente por 0.8 m de fondo.



Figura 85. Equipos de protección Eléctrica (Breakers) , subestación Bucarica

Fuente Autor

- En el momento de realizar la visita, en las instalaciones se realizaban actividades de mantenimiento como la repotenciación del tablero y el cambio de toda la acometida de media Tensión del Transformador de 300 kVA, la reparación y adecuación de la infraestructura del área de la piscina en la cual se encontraban realizando obras civiles, por tal motivo las condiciones de limpieza y organización no eran las más adecuadas, sin embargo la subestación debido a su antigua construcción, no presenta adecuadas condiciones de seguridad, dado que no se restringe de alguna manera el acceso a personal no autorizado a las áreas energizadas presentando así gran riesgo.
- El cuarto eléctrico cuenta con dos salidas de iluminación fluorescentes no herméticas, no especular.
- Cuenta con un switch eléctrico ubicado cerca a la rejilla del transformador, no se ubica cerca al ingreso del cuarto.
- La ubicación de la subestación dentro de las instalaciones, se evidencia en la figura 86, de igual manera en la figura 87 se muestra la distribución de los espacio en el sótano, al igual que en la figura 88 se evidencia la distribución de los equipos (sin escala) dentro de la misma.
- La ventilación de este recinto se da a través de las escaleras que tiene un ancho de 1.04 m y una ventanilla de 3X1.3 m de ancho por alto respectivamente, ubicadas de manera opuesta, de tal manera que permita el flujo de aire por el recinto.

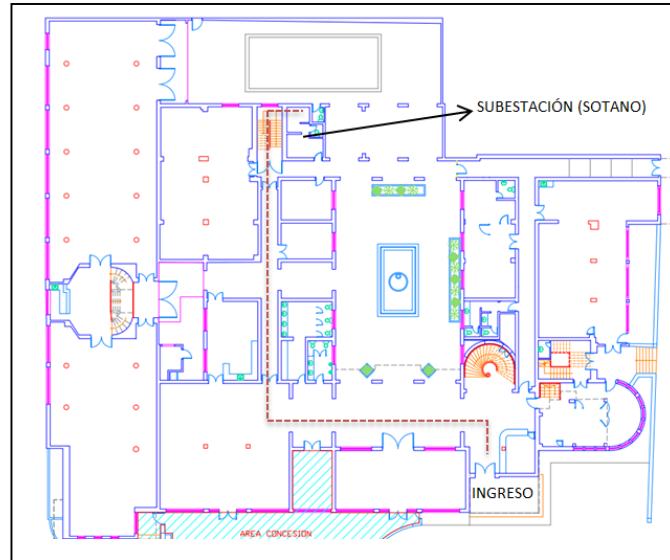


Figura 86. Ubicación de la subestación, sede Bucarica
Fuente Autor

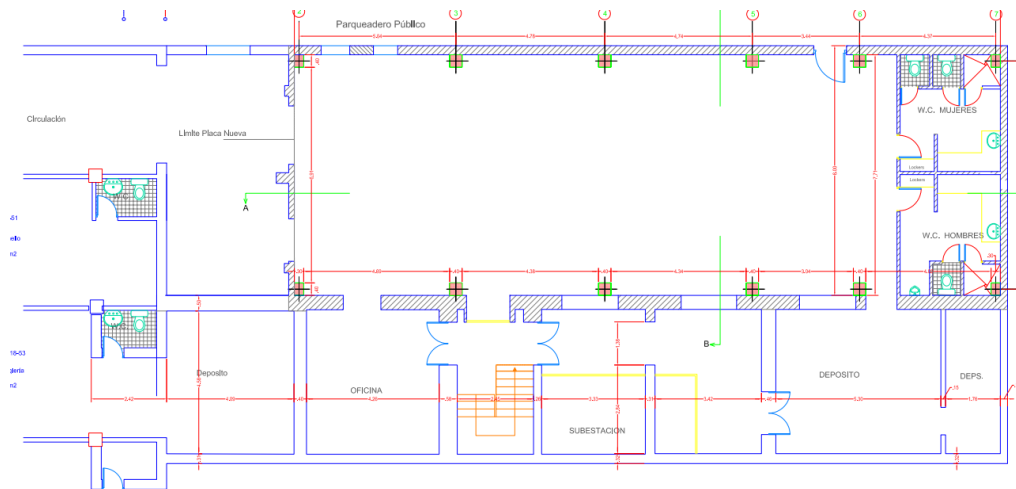


Figura 87. Planta sótano, distribución de espacios
Fuente Autor

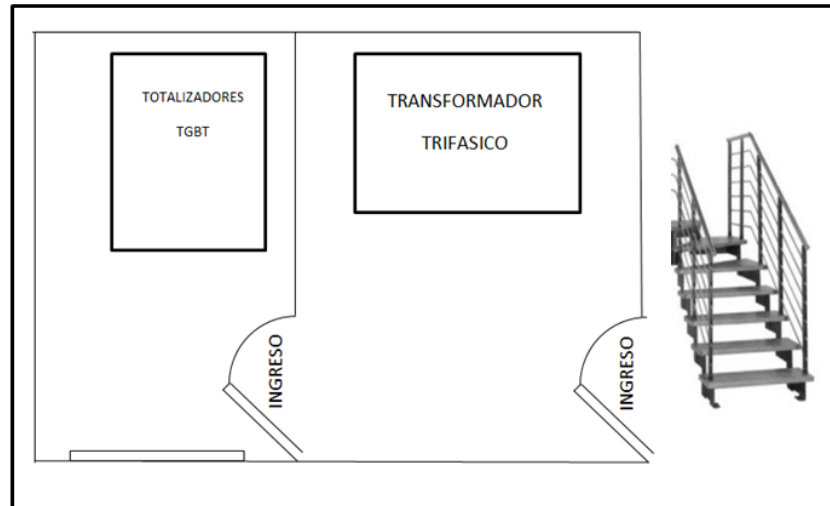


Figura 88. Distribución de equipos dentro de la subestación
Fuente Autor

En la siguiente tabla 45 se muestra de manera resumida la cantidad de equipos existentes en el cuarto.

| CUARTO TÉCNICO ELÉCTRICO | |
|---------------------------------|-----------------|
| EQUIPO | CANTIDAD |
| Transformador Trifásico | 1 |
| Totalizadores | 5 |
| TGBT | 1 |
| Seccionador | 1 |

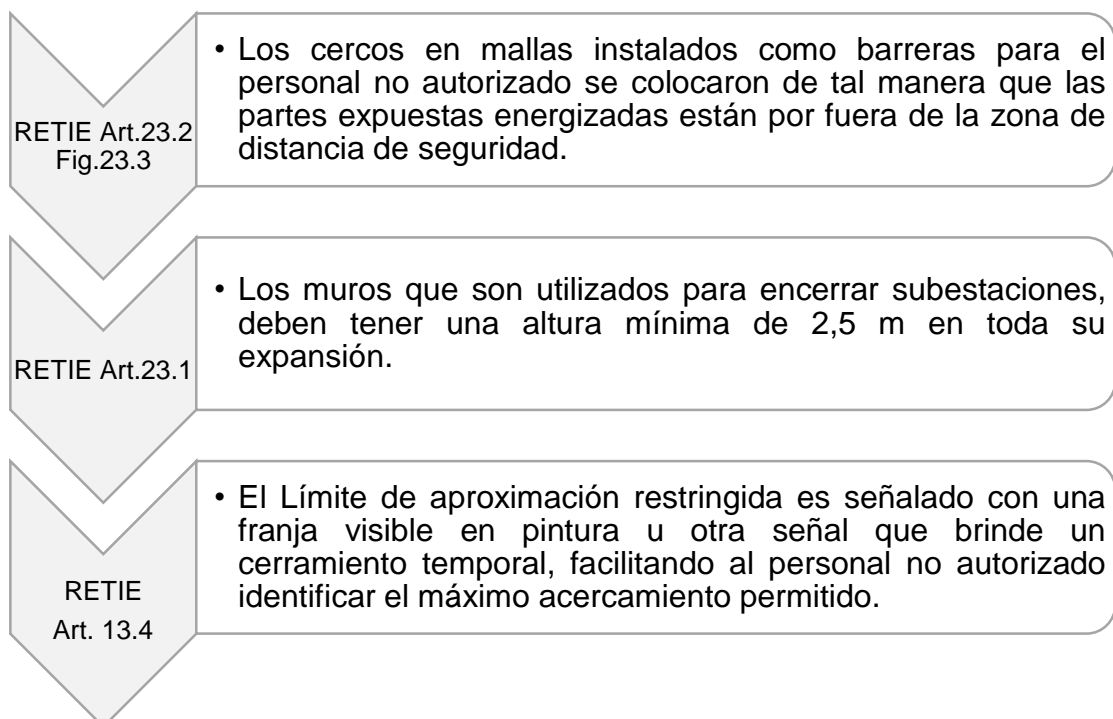
Tabla 45. Equipos de sistema de potencia Edif. Sede Bucarica

8. EVALUACIÓN TÉCNICA PARA LOS CUARTOS TÉCNICOS ELÉCTRICOS DE LAS SEDES

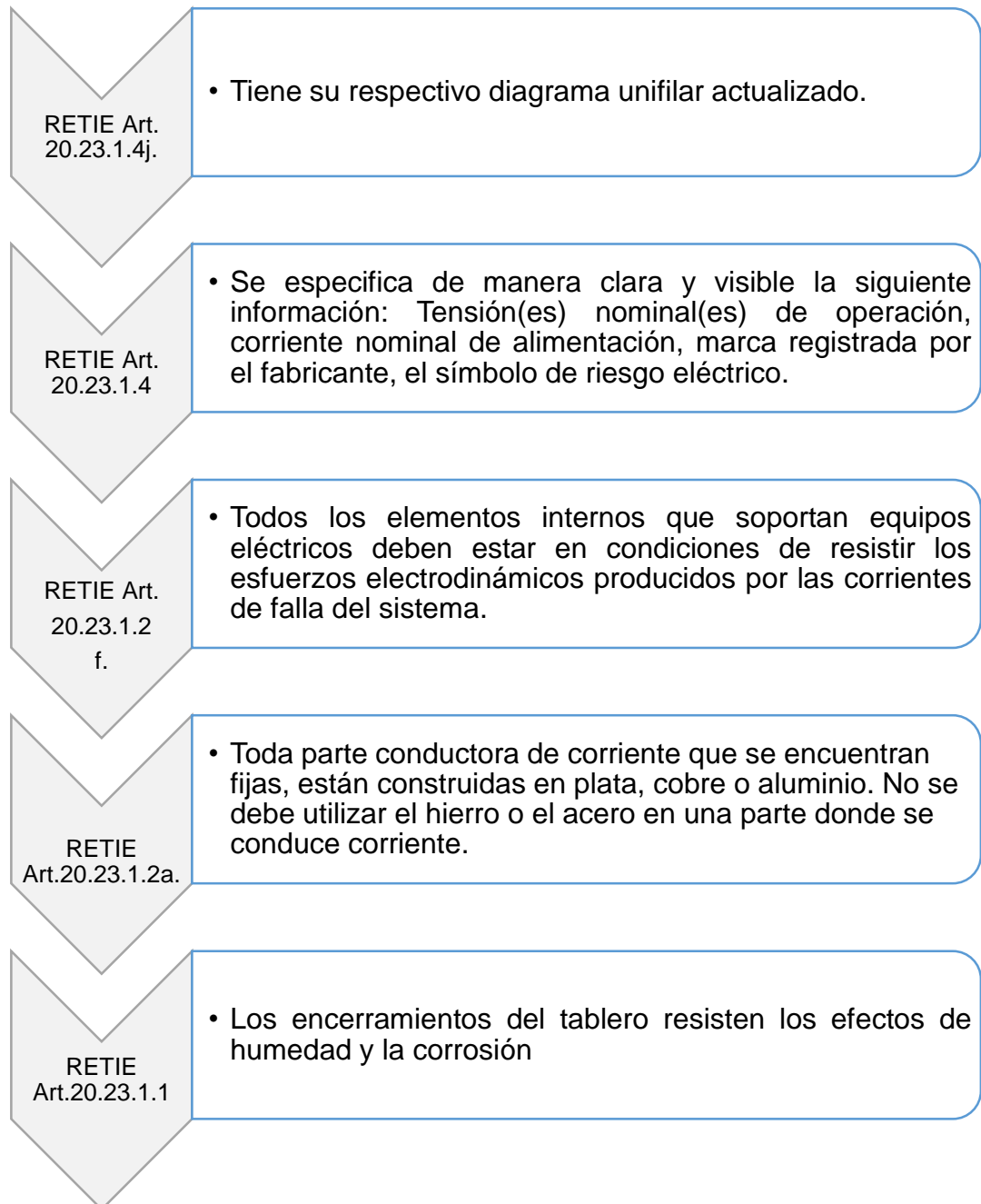
En la presente evaluación se referencio el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE versión actualizada 2013, el cual permite garantizar las condiciones estándar de seguridad a las instalaciones eléctricas. Se procede a establecer los principales artículos y numerales del RETIE con los que deben cumplir en los cuartos técnicos eléctricos de las sedes de la UIS.

A continuación se muestra en diagramas los principales requisitos del RETIE que debe cumplir cada cuarto técnico eléctrico de las sedes, se enuncia el requisito según la norma vigente y la explicación de cada uno de los ítems seleccionados.

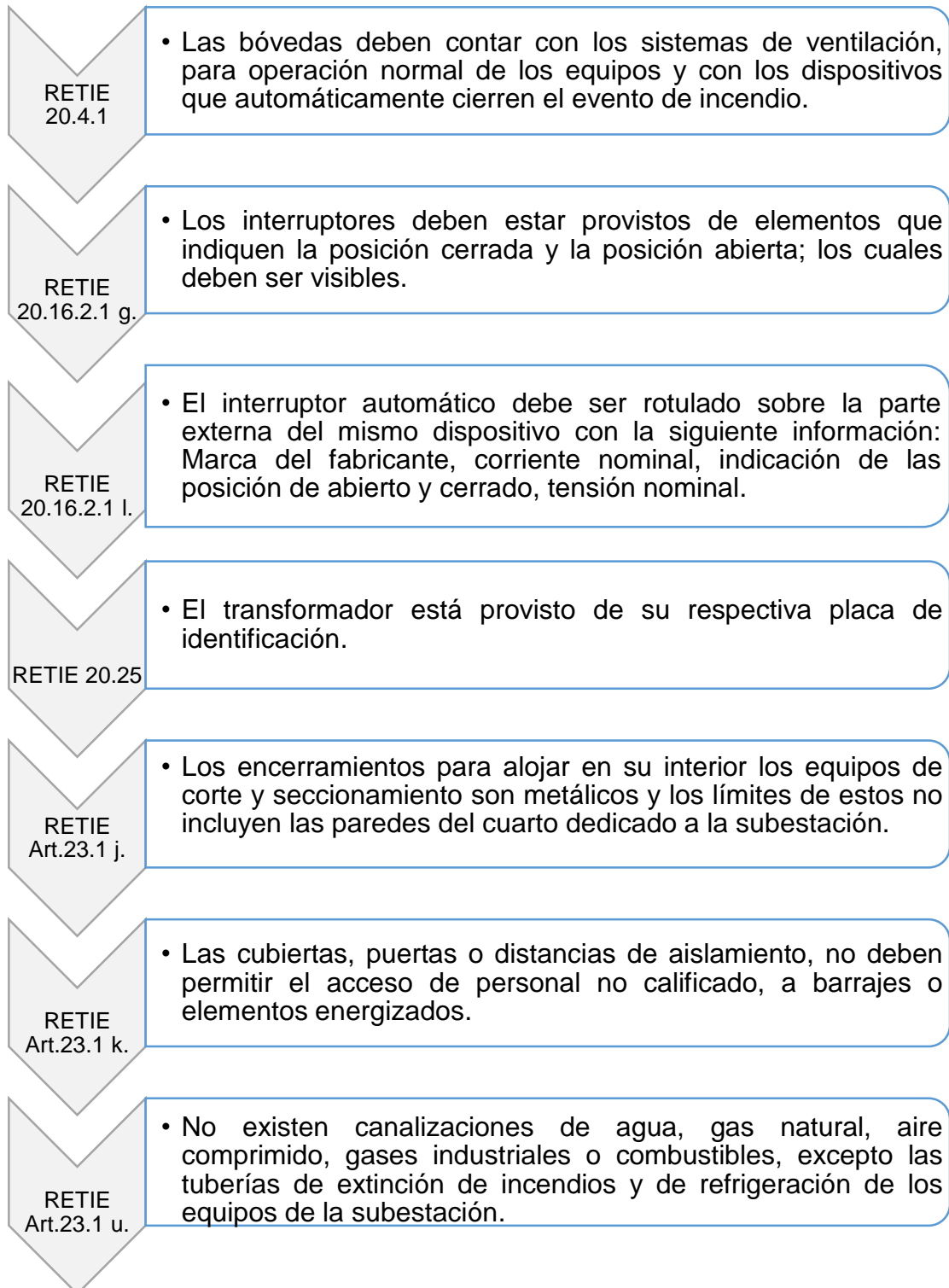
- Distancias de seguridad



- Tablero de Baja Tensión



- Subestaciones de Media Tensión Tipo Interior



RETIE Art. 24.2 a.

- Posee un espacio con las dimensiones apropiadas de acuerdo con el tipo de uso destinado.

RETIE Art24.2 c

- Se asegura que una persona no autorizada no puede acceder a las parte energizadas del sistema, ni tocar de manera directa, ni introducir objetos que puedan poner en contacto con un elementos energizado.

RETIE Art24.2 e.

- Dispone de un número de salidas de emergencia, para evitar que un operador quede atrapado en caso de accidente.

RETIE Art24.2 f.

- Cuenta con los elementos de drenaje o bombeo para impedir la inundación.

RETIE Art24.2 g.

- Los equipos eléctricos de la subestación se encuentran separados de la planta de emergencia por un muro o barrera que impida el acercamiento de ersonas no calificadas a elementos energizados.

- Celdas de Media Tensión

RETIE Art.20.23.2

- La celda de media tensión tiene especificado de manera clara y visible, la siguiente información:tensión(es) nominal(es) de operación, Corriente nominal de operación, Número de fases, Marca registrada del fabricante, El símbolo de riesgo eléctrico.

En la siguiente tabla, se especifica el cumplimiento de los anteriores requisitos para cada criterio, ya sea medidas de seguridad, subestaciones, tablero general de baja tensión y celdas de medida de las subestaciones y cuartos de cada una de las sedes. Teniendo en cuenta que las casillas de color azul representan el cumplimiento, y las restantes el no cumplimiento (casillas blancas).

| | RETIE | SEDES | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------|----------|---|---------|---|---------|---------|---|--------|----------|
| | | B/BERMEA | | BARBOSA | | | SOCORRO | | MÁLAGA | BUCARICA |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | SUBEST. | 1 | 2 | 1 | ADM. |
| Distancias de Seguridad | Art.23.2 Fig.23.3 | | | | | | | | | |
| | Art.23.1 | | | | | | | | | |
| | Art.13.4 | | | | | | | | | |
| TGBT | Art.20.23.14 j | | | | | | | | | |
| | Art.20.23.14 | | | | | | | | | |
| | Art.20.23.12.f | | | | | | | | | |
| | Art.20.23.1.1 | | | | | | | | | |
| Sub. MT | Art.20.4.1 | | | | | | | | | |
| | Art. 20.16.2.1g | | | | | | | | | |
| | Art. 20.16.2.1.l | | | | | | | | | |
| | Art. 20.25 | | | | | | | | | |
| | Art.23.1 J | | | | | | | | | |
| | Art. 23.1 K | | | | | | | | | |
| | Art. 23.1 u | | | | | | | | | |
| | Art. 24.2 a | | | | | | | | | |
| | Art. 24.2 c | | | | | | | | | |
| | Art.24.2 e | | | | | | | | | |
| | Art.24.2 f | | | | | | | | | |
| Art.24.2 g | | | | | | | | | | |
| Celdas | Art.20.23.2 | | | | | | | | | |

Tabla 46. Evaluación Técnica de los Cuartos de las Sedes. (1- Aulas, 2- Biblioteca)

Partiendo del análisis de los resultados obtenidos con la Tabla 46, se realizó el numeral 8.1 Recomendaciones generales para las sedes ubicadas en Barrancabermeja, Barbosa, Socorro, Málaga y Bucarica de la UIS, de los cuales se realiza unas recomendaciones a los estados de los cuartos técnicos eléctricos encontrados en las visitas.

8.1 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LAS SEDES UBICADAS EN BARRANCABERMEJA, BARBOSA, SOCORRO, MÁLAGA Y BUCARICA DE LA UIS.

Como actividad complementaria a los objetivos planteados en este proyecto se realizó un análisis de las condiciones de los cuartos técnicos eléctricos de las sedes, considerando requisitos contemplados en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), de lo cual se logran destacar los aplicables a estas instalaciones y se dan algunas recomendaciones.

8.1.1 Iluminación

Se recomienda realizar un estudio y rediseño de la iluminación de todos los cuartos técnicos eléctricos de las sedes, ya que ninguno de estos ofrece lo requerido según el RETIE artículo 17 ILUMINACIÓN “Una buena iluminación, además de ser un factor de seguridad, productividad y de rendimiento en el trabajo, mejora el confort visual”²⁴, existen cuartos en las sedes como Socorro en donde los cuartos 1 y 2 del edificio Aulas/Administración se encontraban a oscuras por falta de iluminación de seguridad según RETIE Art 17.1 ILUMINACIÓN DE SEGURIDAD numeral a) “La instalación eléctrica y los equipos asociados deben garantizar el suministro ininterrumpido para iluminación en sitios donde la falta de ésta pueda originar riesgos para la vida de las personas, tal como en áreas críticas, salidas de emergencia o rutas de evacuación”²⁵.

Adicionalmente todos los cuartos no cuentan con iluminación hermética no considerando el RETIE Art 17.1 numeral b) “La hermeticidad de las luminarias, no debe ser menor a IP20 para interiores e IP65 para exteriores. Deben ser capaces de resistir la combustión a 70 °C de temperatura ambiente, al menos en la mitad de su autonomía declarada”

²⁴ Tomado del RETIE 25 de Octubre

²⁵ Tomado del RETIE 25 de Octubre

El estudio sugerido requiere la utilización de un luxómetro (Instrumento que realiza la medición de en luxes en un ambiente) dado que se requiere un nivel mínimo de 100 lx medio de 150 lx y máximo de 200 lx, según el RETILAP

(Reglamento Técnico de Iluminación y alumbrado público) así mismo verificar que la iluminación sea uniforme en cada uno de los espacios del cuarto técnico, cumpliendo con el siguiente apartado del RETIE:

Artículo 21.1 Edificaciones. Ítem r. “La iluminación en la central y en las subestaciones debe ser uniforme, evitando en especial el deslumbramiento en las zonas de lectura de tableros, los valores de iluminancia deben cumplir los requisitos establecidos en el reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP”²⁶.

Además el rediseño de incluir iluminación de emergencia según lo sugerido en el RETILAP: 470.2 INSTALACIONES QUE REQUIEREN DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA. Ítem f. Lugares en los que se ubican tableros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado”²⁷.

Incluida la iluminación de emergencia es necesario tener en cuenta lo establecido en RETILAP sección 470, la cual plantea las características, ubicación y señalización del sistema de iluminación de emergencia, así como generar pruebas periódicas al sistema de iluminación garantizando su funcionalidad en caso de una emergencia, para la realización de las pruebas es necesario llevar un formato de registro con cual se pueda contar con un histórico de las pruebas hechas a la iluminación de emergencia, el formato debe disponer de las siguientes especificaciones:

- ✓ Fechas de cada una de las inspecciones periódicas y ensayos
- ✓ Breve descripción de las mismas

²⁶ Tomado del RETIE 25 de Octubre

²⁷ Tomado RETILAP

- ✓ Identificación de los defectos encontrados
- ✓ Acciones correctoras realizadas

8.1.2 Puerta Antipánico

Se necesita realizar un cambio en todas las puertas de acceso a los cuartos técnicos de las sedes de la UIS de acuerdo con lo establecido en el RETIE Art. 20.4.2 y como mínimo lo expuesto en su párrafo “Se podrán aceptar puertas cortafuego para resistir incendio hasta de una hora a temperaturas de 700°C, siempre que se garantice la hermeticidad de la bóveda, que impida la entrada de aire, apagando el conato de incendio en un tiempo no mayor a cinco minutos. Para esto se debe verificar que las compuertas, empaques intumescentes de la puerta, sellos de ductos o cárcamos de entrada o salidas de cables, hagan de la bóveda un encerramiento plenamente hermético a la entrada del aire en un tiempo no mayor al necesario para impedir mantener la conflagración”²⁸.

8.1.3 Distancias de Seguridad

Cuando se realizaron las visitas de inspección a los cuarto técnicos eléctricos se encontró con varios inconvenientes en el establecimiento de las distancias de seguridad, ya que en las sedes de Barrancabermeja y Málaga se podía tener acceso directo a la partes energizadas de los equipos, igualmente se presenta inconvenientes en la sede de Socorro en donde no se pueden establecer distancias de seguridad debido a que el área del cuarto es muy pequeña, así mismo ninguno de los cuartos visitados contempla la demarcación como límite de proximidad hacia sitios energizados, no implementar este demarcación de distancias mínimas puede ocasionar accidentes de riesgo eléctrico en el personal debido a la proximidad con lugares energizados.

²⁸ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013

8.1.4 Señalización y símbolo de Riesgo Eléctrico

Se sugiere reforzar la señalización en las sedes de Socorro, Bucarica, Barrancabermeja y Málaga, y el uso del símbolo de riesgo eléctrico establecido en el RETIE Art. 6.1.1.

La señalización sirve como mecanismo de prevención de accidentes en la comunidad estudiantil, docentes y personal administrativo, ya que su principal objetivo es transmitir mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, por esto es necesario la implementación de la señalización establecida por el RETIE Art 6.2 como modelo estándar de seguridad para los cuartos de las sedes.

8.1.5 Ventilación y/o Climatización

Los cuartos técnicos de las sedes Barrancabermeja, Málaga, Socorro y Barbosa cuentan con ventilación por medio de rejillas, la sede de Bucarica es deficiente en la ventilación para sus equipos. Se recomienda implementar compuertas de ventilación tipo dámper en todas las sedes de la UIS, esta ventilación debe cumplir con la NTC según lo establecido en el RETIE Art. 20.4.3.

8.1.6 Limpieza

Se recomienda la limpieza de todos los cuarto técnicos, en especial al ubicado en la sede de Bucarica; la presencia de escombros puede acarrear la aparición de plagas, que puedan afectar el normal funcionamiento al poner en peligro las subestaciones, de igual manera la presencia de escombros puede ocasionar un accidente en el ingreso a los cuartos.

8.1.7 Espacio Requerido y Exclusivo

Según RETIE Art 10.4 Espacios para el Montaje, Operación y Mantenimiento de Equipos “En subestaciones y cuartos eléctricos de media y baja tensión se debe contar con puertas o espacios adecuados para la entrada o salida de los equipos, para efectos de su montaje inicial o posterior reposición. El ancho del ala de las

puertas de acceso al espacio de trabajo no debe ser menor a 90 cm y en los cuartos donde se alojan transformadores de MT, las alas de las puertas deben abrir hacia fuera y disponer de cerradura anti pánico, independiente de la potencia y de los equipos que albergan”²⁹, por tanto se recomienda replantear el espacio adecuado para los cuartos especialmente en los cuartos de las sedes Socorro y Bucarica.

Con respecto a la exclusividad de espacios las sedes como Socorro, Málaga y Bucarica albergan objetos ajenos a la función establecida para el cuarto como herramientas de construcción, vidrios, escombros e implementos de aseo, por tanto igualmente se recomienda una evaluación de uso adecuado del espacio y una reubicación de los objetos ajenos, ya que estos pueden ocasionar accidentes al personal.

- Debido a que en algunas de las sedes, los cuartos técnicos contenían tanto equipos de comunicaciones como equipos eléctricos, especialmente en la sede Barbosa en el edificio de Biblioteca donde el mismo cuarto técnico es el cuarto de comunicaciones y de acuerdo a lo establecido por el RETIE, se debe tener en cuenta que “en las estructuras o cuartos eléctricos compartidos con otros servicios, tales como televisión y telecomunicaciones, donde a criterio del operador de la red eléctrica se determine que los elementos de mayor riesgo para la seguridad de las personas son los componentes eléctricos, este operador debe establecer en su normatividad técnica las distancias y condiciones mínimas para la instalación de los demás elementos”³⁰, por tal motivo se recomienda revisar distancias mínimas entre dichos equipos, con el fin de obtener un sitio de trabajo seguro.
- También es de vital importancia revisar las dimensiones de las puertas de acceso a los cuartos, dado que según este reglamento se establece que “en un cuarto técnico, el ancho del ala de las puertas de acceso al espacio de trabajo

²⁹ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013

³⁰ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 10 Sección 10.4

no debe ser menos a 90 cm”³¹, y en el caso de la sede Barbosa en el edificio Biblioteca, la puerta del cuarto técnico, tiene un ala de 81 cm.

- “En los cuartos donde se alojan transformadores de media tensión, las alas de las puertas deben abrir hacia afuera y disponer de cerradura anti pánico, independiente de la potencia y de los equipos que albergan”³², esta es una de las medidas más importantes para ofrecer protección y seguridad al personal relacionado con estas instalaciones, y se encontró que en ninguna de las sedes se cuenta con este tipo de puertas.
- “En los espacios en los cuales se encuentran instaladas las subestaciones con partes energizadas expuestas, deben colocarse y asegurarse la permanencia de cercas, pantallas, tabique o paredes, de tal modo que limite la posibilidad de acceso a personal no autorizado” ³³; además “Las puertas deben contar con elementos de seguridad que limite la entrada de personal no autorizado”³⁴, estas son otras medidas que según el RETIE se deben implementar en instalaciones, en las cuales hay flujo constante de personal, y de acuerdo a las condiciones de seguridad presentes en la sede Bucarica se sugiere, optar con puertas que ofrezcan seguridad total al ingreso de personas no autorizadas, aun cuando los equipos energizados si se encuentran enmallados.
- Para actividades como operación y mantenimiento en lugares donde se “tengan partes expuestas energizadas a menos de 150 V de un lado y conectados a tierra en el otro, el espacio de trabajo mínimo no debe ser inferior a 1.9 m de altura (medidos verticalmente desde el piso o plataforma) o la altura del equipo cuando este sea más alto y 0.75 m de ancho o el ancho del equipo si este es mayor. En todo casos, la profundidad del espacio de trabajo frente al equipo no debe ser inferior a 0.9 m” ³⁵, y “cuando el equipo tiene un ancho

³¹ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 10 Sección 10.4

³² Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 10 Sección 10.4

³³ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 23 Sección 23.14

³⁴ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 23 Sección 23.14

³⁵ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 10 Sección 10.4

superior a 1.8 m se debe tener doble acceso al espacio de trabajo en lados opuestos o duplicar las dimensiones anteriores de espacio de trabajo” 36, se recomienda revisar lo expuesto anteriormente con la intención de evitar accidentes para el personal de operación y mantenimiento en las sedes de Málaga cuarto N° 2 en donde se ubica el TGBT, el espacio es muy limitado y adicionalmente ocupado por elementos no aptos para el uso del recinto como el almacenamiento de productos de aseo, y Bucarica dado que los equipos poseen dimensiones mayores a 1.8m y no se cumple con que este cuarto tenga 2 ingresos por lados opuestos.

- Conocidas las dimensiones nombradas anteriormente es importante tener en cuenta la recomendación dada por este mismo reglamento, “El límite de aproximación restringida debe ser señalado, ya sea con un franja visible hecha con pintura reflectiva u otra señal que brinde un cerramiento temporal y facilite al personal no autorizado identificar el máximo acercamiento permitido” 37, este tipo de señalización, no se presenta en ninguna de las sedes visitadas, es decir el operario o quien este habilitado para ingresar no puede identificar el punto máximo de aproximación.
- Dado que en la desarrollo de esta práctica, no fue posible determinar el nivel de luminosidad, se propone llevar a cabo estas mediciones, en todas los cuartos de las subestaciones e implementar lo recomendado por el RETIE, “las rutas de evacuación deben estar claramente visibles, señalizadas e iluminadas con un sistema autónomo con batería, con un mínimo de 5 lux y 40 % de uniformidad y un máximo del 20% de deslumbramiento, aun en condiciones de humo o plena oscuridad” 38, con el fin de ofrecer plena seguridad al personal de estas instalaciones, ya sean estudiantes, profesores, operarios y demás; pues en caso de emergencia y en ausencia de la energía

³⁶ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 10 Sección 10.4

³⁷ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 13 Sección 13.41

³⁸ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 17 Sección 17.1e

eléctrica ofrecida por la red, en ninguna de las sedes se cuenta con esta medida de protección.

- Otra recomendación importante, dada por el RETIE es que “en las subestaciones dentro de los edificios, el local debe estar ubicado en un sitio de fácil acceso desde el exterior, localizado en áreas comunes, con medios apropiados que faciliten la entrada y salida de los equipos, para permitir a los profesionales competentes las labores de mantenimiento, revisión e inspección”³⁹, además de evitar que cualquier persona en caso de emergencia no quede atrapada, de acuerdo a esto, se recomienda realizar ampliaciones o adecuaciones para el ingreso de la subestación de Bucarica, pues dado que este cuarto se encuentra ubicado en el sótano de las instalaciones, el ingreso a este se hace a través de unas escaleras un poco estrechas además esta misma subestación, debido a la ubicación en el sótano se propone instalar elementos de drenaje o bombeo que impidan la inundación; o como alternativa de seguridad, sería cambiar el equipo de transformación por uno que ofrezca la posibilidad de sumergirse.
- Debido a que las instalaciones de todas las sedes poseen alta concentración de personas, según el Art 28, sección 28.3.3a del RETIE “las instalaciones deben proveerse con un sistema de potencia de emergencia, destinado a suministrar automáticamente energía eléctrica dentro de los 10 segundos siguientes al corte, a los sistemas de alumbrado y fuerza para áreas y equipos previamente definidos”⁴⁰, además, “Los sistemas de emergencias deben suministrar energía a las señales de salida, la ventilación, alarma contra incendio, bombas contra incendio, ascensores, sistemas de comunicación, procesos industriales y demás sistemas en los que la disminución del suministro eléctrico puede producir serios peligros para la seguridad de la vida humana”⁴¹, por tal motivo en todas las sedes visitadas Socorro, Barbosa,

³⁹ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 24 Sección 24.2

⁴⁰ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 28 Sección 28.3.3a

⁴¹ Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 28 Sección 28.3.3b

Barrancabermeja, Málaga y Bucarica requieren que se implemente un sistema de emergencia, con las condiciones nombradas.

8.2 PLANTA ELÉCTRICA

Se recomienda que en cada sede se instale una planta eléctrica, ya que en las visitas realizadas no se evidencio la existencia de ningún sistema de contingencia adicional a las unidades ininterrumpidas de potencia (UPS), es decir no existe un respaldo general ante la ausencia de energía eléctrica por largos lapsos de tiempo. Las UPS solo suplen la carga necesaria para mantener funcionando los equipos ofimático y de comunicaciones por cierto tiempo (dependiendo de la potencia de las UPS), considerando lo estipulado por el RETIE en cual enuncia lo siguiente:

“El sistema debe proveer autonomía por lo menos 60 minutos a plena carga, sin que la tensión baje del 87,5% de su valor nominal. Cuando el sistema de emergencia utilice grupos de baterías de acumuladores, estos deben proveerse con cargador automático. Cuando se use grupo electrógeno, en el cuarto debe disponerse de toma corrientes para el precalentado, el cargador de baterías y para cualquier otro uso necesario”⁴².

Atendiendo la recomendación dada, estas plantas eléctricas podrán ser incluidas en el sistema monitorización implementado para todas las sedes a través de la plataforma de Andover Continuum.

Como primera medida se debe establecer la carga consumida por cada sede, para realizar el dimensionamiento de la planta eléctrica se toma la carga del transformador y conocer el espacio necesario para su instalación, en la siguiente tabla 47, se relacionan la potencia [kW] para el diseño y la adquisición de cada planta eléctrica, potencias de plantas eléctricas comerciales. Es importante aclarar que la planta eléctrica se diseñó con carga total de los edificios de las sedes.

⁴² Tomado del RETIE 25 de Octubre 2013 Art. 28 Sección 28.3.3

| Potencia Instalada por Sede | | |
|------------------------------------|----------------------|-------------------|
| Sede | Edificio | Carga [kW] |
| Barrancabermeja | Biblioteca | 225 |
| | Aulas/Administración | 400 |
| Socorro | Aulas/Administración | 75 |
| | Exteriores | 75 |
| Barbosa | Aulas/Administración | 313 |
| Málaga | Aulas/Administración | 75 |
| Bucarica | Oficinas | 313 |

Tabla 47. Potencia por Sede

Al adicionar la planta eléctrica hay que garantizar las condiciones necesarias y mínimas para instalar el equipo, se debe considerar espacio, estructura, medidas de seguridad, ventilación etc.

- ✓ En todas las sedes se debe construir un cuarto adicional para la instalación de la planta eléctrica, este recinto debe tener acceso en el exterior del edificio, facilitando las labores de operación y mantenimiento y evitando accidentes en caso de explosión, adicionalmente debe cumplir lo establecido en el RETIE para iluminación:

“La instalación de portalámparas debe atender requerimientos mecánicos de la fuente y los requisitos de aislamiento eléctrico y polaridad para evitar contactos directos o indirectos con partes energizadas. Igualmente, debe atender los requisitos térmicos del entorno, tomando las medidas necesarias para la evacuación del calor producido por las fuentes, con el fin de evitar cualquier conflagración y la conformidad debe verificarse bajo RETIE”

Adicionalmente de debe garantizar las siguientes condiciones mínimas, según RETIE:

Art 20.4.1 Bóvedas “Todo cuarto eléctrico donde puedan quedar personas atrapadas, deben contar con puertas que abran hacia afuera y estén dotadas de cerradura anti pánico”.

Art 20.4.2 Puertas Cortafuego “Estar dotadas de una cerradura anti pánico que permita abrir la puerta desde adentro de forma manual con una simple presión aunque externamente esté asegurada con llave y que garantice que en caso de incendio, la chapa de la puerta no afecte sus características y buen funcionamiento. El mecanismo anti pánico debe tener unas dimensiones que cubra mínimo un 80% del ancho de la hoja móvil. La operación de la cerradura desde adentro debe garantizarse por un tiempo mínimo de 30 minutos después de iniciado el fuego”

En la Tabla 48 se sugieren el área necesaria para la instalación de las plantas eléctricas de acuerdo al valor de su potencia.

| Potencia [kW] | Área [m ²] |
|---------------|------------------------|
| 10 – 30 | 9 |
| 30 – 60 | 12 |
| 75 – 125 | 15 |
| 150 – 300 | 18 |
| 350 – 450 | 22 |
| 500 – 600 | 27 |
| 750 – 900 | 34 |
| 1000 – 1200 | 40 |

Tabla 48. Dimensiones Planta Eléctrica, según la Potencia

| Área aproximada para cada Sede | | |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Sede | Edificio | Área [m²] |
| Barrancabermeja | Biblioteca | 18 |
| | Aulas/Administración | 22 |
| Socorro | Aulas/Administración | 15 |
| | Exteriores | 15 |
| Barbosa | Aulas/Administración | 18 |
| Málaga | Aulas/Administración | 15 |
| Bucarica | Oficinas | 18 |

Tabla 49. Dimensiones para cada Sede.

En la tabla anterior se relaciona el área de cada planta eléctrica necesaria para ser instalada en cada una de las sedes de la UIS, se tomó como la carga total del edificio.

- ✓ El Montaje de las plantas eléctricas se debe realizar sobre superficies niveladas utilizando soportes anti vibratorios, de no ser así puede ocasionar daños en el motor del equipo.
- ✓ La ventilación y refrigeración debe garantizarse para el correcto funcionamiento de la planta eléctrica se pueden usar rejillas en el cuarto, esto elimina el exceso de emanaciones gaseosas y de calor producidas por la combustión del motor.
- ✓ Combustible, se puede realizar el llenado del tanque de la planta eléctrica de forma manual con una cisterna de combustible o automatizado del sistema.

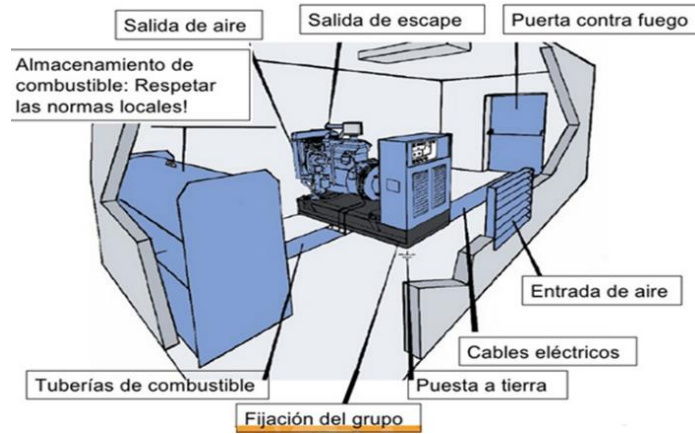


Figura 89. Características para la Planta Eléctrica

Fuente Autor

Después del análisis mínimo locativo para la instalación de una planta eléctrica se retoma lo expuesto anteriormente con respecto a la monitorización de estos equipos, el Software Andover Continuum dispone del sistema adecuado para la incorporación a la red de comunicaciones planteada para cada sede en el numeral 3.5, cabe aclarar que cada planta eléctrica a adquirir debe contar con panel de control que además de brindar una interfaz gráfica debe garantizar el contenido de una tarjeta unida a este panel de control que se encargara de brindar el puerto de comunicaciones RS-485 con protocolo Modbus RTU, esto con el fin de integrar la planta eléctrica de cada sede sin la nueva compra o adquisición de equipos necesarios para enlazar la comunicación, con las dos clases de comunicación Modbus RTU o Modbus TCP/IP existe espacio para integrar un equipo por cada sede.

9. PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE COMUNICACIONES

Partiendo de que ninguno de los edificios existentes en las sedes de la UIS presentaban equipos de monitorización, se realizó el presupuesto integrando todas las sedes. Por tanto, en el presente capítulo se expone el presupuesto para la incorporación de los equipos de cada sede al Sistema de Automatización adoptado por la Institución, es entonces que, para la realización de este presupuesto se haya partido de la idea de que todos los edificios de las sedes cuenten con por lo menos un equipo apto para la monitorización.

Por otro lado, la razón por la cual se toman todas las sedes es porque es necesario conocer el costo global de inversión para la integración de todas éstas, el cual es uno de los propósitos de este proyecto de grado (integración de las sede de Barrancabermeja, Socorro, Barbosa, Málaga y Bucarica). También, se contempló el supuesto de que en cada edificio de las sedes existe un equipo con disponibilidad para Protocolo Modbus, ya que para una posible conexión se necesita suponer un protocolo en cada equipo; además de esto, se resalta que el protocolo más usado en el mercado a nivel industrial es éste, lo que hace que sea una idea bastante viable y posible.

Considerando que todos los cuartos técnicos cuentan con un equipo de monitorización disponible para integrar en el sistema, se tienen en cuenta unos costos para la conexión con protocolo Modbus RTU que aparte de contener una ruta que pasa por todos los cuarto técnicos, también se presupuestó las netcontrollers II y Xdrivers para una integración de todos los equipos.

Las aproximaciones de las longitudes en el tendido del cableado eléctrico se basaron en visitas de campo a cada una de las sedes, en estas visitas se identificó la ruta para el tendido de cable, para las sedes de Málaga, Socorro, Barrancabermeja y Bucarica las medidas se obtuvieron trazando la ruta al

momento de la visita y midiendo en campo, para la sede de Barbosa se contó con el plano escalado suministrado por el profesional encargado de planta física con el cual se obtuvo una aproximación cercana de las dimensiones necesarias para llevar a cabo el diseño.

Para la obtención de los precios del mercado de los equipos electrónicos contemplados para la realización de la red de comunicaciones se hicieron las cotizaciones en las empresas EME Ingeniería S.A y EDECS S.A.S. Para el presupuesto se utilizó la cotización de la empresa EDECS S.A.S por ser la que contenía la información necesaria y completa para conocer los costos de la implementación.

9.1 PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE COMUNICACIONES EMPLEANDO PROTOCOLO MODBUS-RTU

El diseño de este modelo de comunicación se presenta a continuación en la figura 88. En este modelo cada equipo va a ser instalado hacia un puerto diferente que debe poseer una controladora; cabe recordar que el presupuesto del sistema de comunicación se diseñó contemplando la compra de una controladora en cada sede y un XDriver por cada UPS existente en la sedes. En la tabla 52 se presenta el costo para la de la red de comunicaciones con protocolo Modbus RTU.

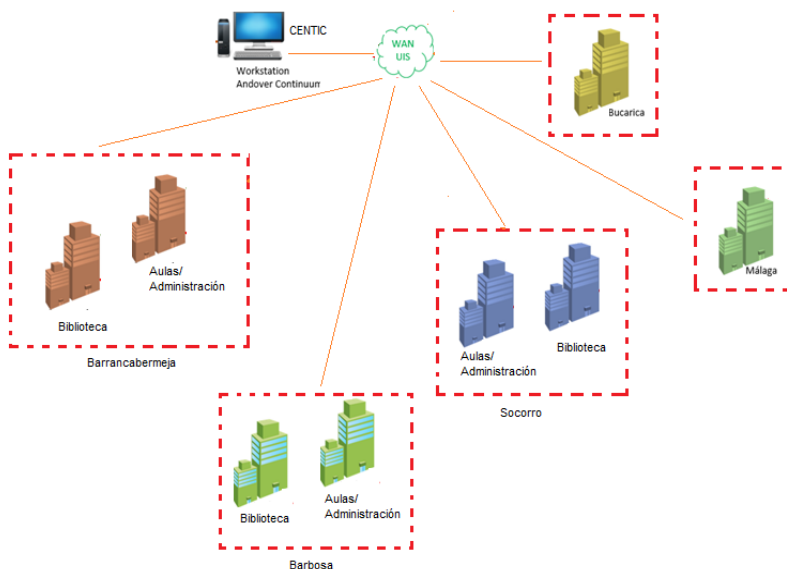


Figura 88. Conexión Modbus RTU

Fuente Autor

| PRESUPUESTO MODBUS RTU | |
|----------------------------|-------------------------|
| SEDE | TOTAL |
| BARBOSA | \$111,821,569.00 |
| BARRANCABERMEA | \$88,758,706.00 |
| SOCORRO | \$119,365,450.00 |
| MALAGA | \$75,097,900.00 |
| BUCARICA | \$68,309,830.00 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | \$463,353,455.00 |
| A.I.U (30%) | \$139,006,036.50 |
| VALOR TOTAL | \$602,359,491.50 |
| IVA (16% SOBRE UTILIDAD) | \$3,706,827.64 |
| SUBTOTAL | \$606,066,319.14 |

Tabla 52. Presupuesto ModBus RTU

Se anexa documento de extensión EXCEL en el cual se presenta los cálculos unitarios para cada ítem de cada sede. Anexo Digital 11.

9.2 PRESUPUESTO PARA DISEÑO DE COMUNICACIÓN CON MODBUS TCP/IP

Para la comunicación Modbus TCP/IP se deben ubicar en serie los dispositivos que conformarán la red de comunicación, para tal efecto éstos deben estar interconectados como se indica en la figura 89.

En las sedes que poseen dos edificios se debe realizar una interconexión tipo serie, puesto que los dispositivos que se encuentran en edificios con diferentes ubicaciones (biblioteca y aulas/administración). Para este fin, fue necesario tomar como referencia un edificio “principal” del cual se transmitirá la información a la sede principal, definiendo en todas las sedes como referencia el edificio aulas/administración el cual estará en serie con biblioteca.

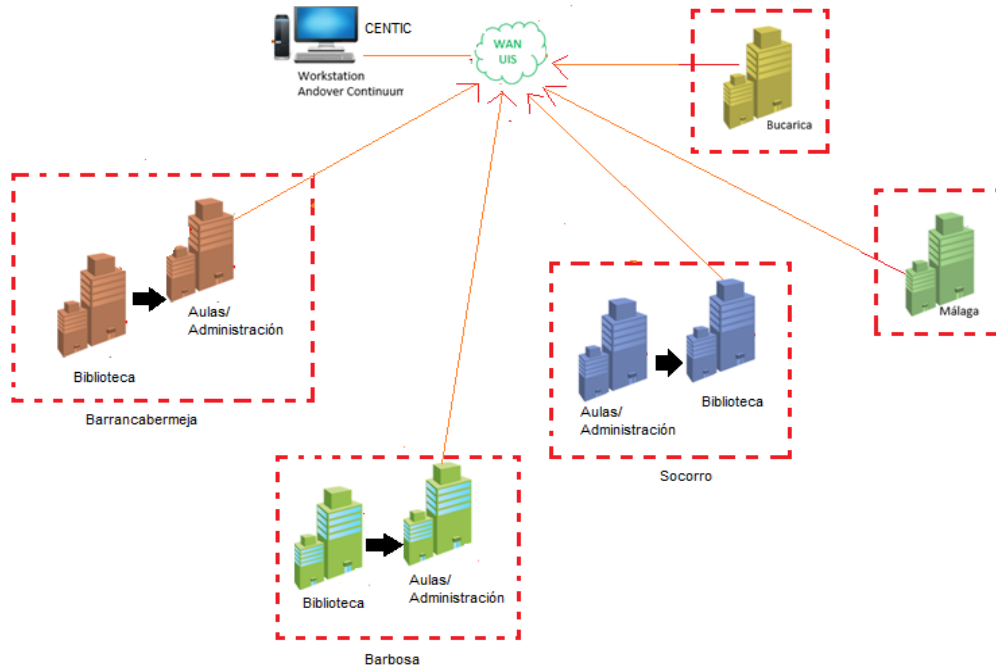


Figura 89. Conexión Modbus TCP/IP

Fuente Autor

Los dispositivos disponibles para monitoreo que se encuentren ubicados dentro de los cuartos técnicos de los edificios de cada sede regional, serán cableados en forma serial para luego conectarse a la puerta de enlace (Gateway), que estará ubicada en el edificio de aulas/administración; a continuación, se hace el respectivo enlace con la controladora, para finalmente llegar a la ubicación del switch de la red de seguridad. En la tabla 53 se evidencia el costo de la implementación de la red de comunicaciones con Modbus TCP/IP.

| PRESUPUESTO MODBUS SERIE | |
|---------------------------------|------------------|
| SEDE | TOTAL |
| BARBOSA | \$62,917,774.00 |
| BARRANCABERMEA | \$71,984,704.00 |
| SOCORRO | \$47,870,602.00 |
| MALAGA | \$58,287,873.00 |
| BUCARICA | \$51,535,828.00 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | \$292,596,781.00 |
| A.I.U (30%) | \$87,779,034.30 |
| VALOR TOTAL | \$380,375,815.30 |
| IVA (16% SOBRE UTILIDAD) | \$2,340,774.25 |
| SUBTOTAL | \$382,716,589.55 |

Tabla 53. Presupuesto ModBus TCP/IP

Se anexa documento de extensión EXCEL en el cual se presenta los cálculos unitarios para cada ítem de cada sede. Anexo Digital 12.

9.3 OBSERVACIONES DEL DISEÑO

- Si se desea incluir equipos monitorizables en el edificio de Biblioteca sede Socorro (a la fecha de la visita no existía ningún equipo susceptible de monitorización) y por tanto añadirlos a la red de comunicaciones diseñada utilizando el protocolo Modbus RTU, es necesario adquirir XDrivers y establecer los puertos disponibles en la controladora, para la inclusión de estos dispositivos. Con respecto a la comunicación Modbus TCP/IP no es necesario adquirir nuevos equipos con el Gateway ya presupuestado para la sede, solo sería necesario contemplar los puertos disponibles en este

equipo, para añadir más dispositivos. Adicionalmente del presupuesto de los nuevos equipos es importante considerar los costos de tendido de cableado.

- La ruta escogida para la red de comunicaciones o el orden establecido, no afecta la funcionalidad del diseño.
- Es importante tener en cuenta que las medidas realizadas fueron hechas en campo durante las visitas a las sedes de la UIS, rutas establecidas por los autores del proyecto de grado, estas rutas pueden variar dependiendo del ingeniero ejecutor de la obra civil del proyecto, por esto en los costos se contempló el pago a un ingeniero civil y topógrafo los cuales serán los encargados de escoger la ruta más viable para llevar el tendido del cable; es también importante evaluar si en los edificios de las sedes existen canalizaciones disponibles para llevar el cableado de la red.

RECOMENDACIONES

- Se propone, que en el momento de la implementación de la red, se realice un análisis y verificación de la ruta para el tendido del cable, dado que es posible que en dicho momento, los ductos elegidos para la canalización, se encuentren saturados e impidan adicionar más cableado.
- Para llevar a cabo el desarrollo práctico de este proyecto, se recomienda que sea personal capacitado y certificado quien realice todas las actividades relacionadas con la instalación de equipos, y configuración dentro de la plataforma Andover Continuum, dado que la empresa proveedora de este equipamiento lógico, no ofrece garantía si no se cumple con esta condición.
- Teniendo en cuenta las dos sugerencias del diseño de esta red de comunicaciones, se sugiere llevar a cabo la ejecución de este proyecto, implementando el protocolo TCP/IP dado que ofrece una gran ventaja frente al Modbus RTU, dado que permite la inserción de equipos sin afectar si estos cuentan con un protocolo Modbus RTU, además no se generan gastos adicionales en equipos como XDrivers, entre otros.
- Para la inclusión de nuevos equipos a la red de comunicaciones es necesario evaluar la compatibilidad con los protocolos con Andover Continuum, preferiblemente optar por equipos con puerto de comunicaciones Modbus, ya que este protocolo es compatible con varios equipos como UPS y plantas eléctricas presentes en el mercado, adicionalmente se deja la posibilidad de instalar plantas eléctricas en cada una de las sedes, se sugiere que estos nuevos equipos cuenten con un

puerto de comunicaciones RS485, el cual a su vez sea compatibles con el protocolo Modbus.

- Es pertinente realizar una actualización a la evaluación de los cuartos Técnicos Eléctricos de las sedes UIS al momento de la instalación de los dispositivos para el desarrollo del diseño de la red de comunicaciones.
- En cuanto a la relación interpersonal con todos aquellos implicados en el desarrollo de este proyecto, se lograron excelentes resultados, se destaca gran interés, disposición y colaboración, por directivos y demás para culminar satisfactoriamente las visitas a las cinco sedes.
 - Con respecto a la sugerencia de la instalación de plantas eléctricas DIESEL, es necesario considerar que al momento de realizar su instalación se debe constatar la disponibilidad comercial de la planta eléctrica en la potencia requerida para el sistema. Adicionalmente la potencia sugerida en la tabla 47 puede variar dependiendo de los criterios del ingeniero ejecutor del proyecto, al igual que la obra civil en la adecuación del cuarto puede variar.

CONCLUSIONES

- La implementación de un Sistema de Automatización de Edificios (BAS) permite controlar y monitorear de manera eficiente distintos lugares y componentes de una edificación. Mediante este sistema de control y supervisión se busca cada día acercarse más al concepto de “edificio inteligente”, utilizando distintas arquitecturas y protocolos de comunicación que se ven involucrados en toda la red.
- A la fecha de las visitas realizadas en las sedes de la UIS no se encontró equipos monitorizados, pero se identificaron trece (13) unidades ininterrumpidas de tensión (UPS) equipos susceptibles de monitorización e integración a la red de comunicaciones institucional Andover Continuum.
- En el desarrollo de este proyecto, se evidencio que en ninguna de las sedes de la Universidad Industrial de Santander se cuenta con plantas de emergencia, únicamente cuentan con UPS de baja potencia.
- Con base en la reglamentación establecida por el RETIE 2013, NTC 2050, y RITEL, se logró realizar una valoración en los cuartos técnicos y de comunicaciones de todas las sedes de la Universidad, determinando así, unos de los principales requisitos técnicos para el funcionamiento de equipo en las subestaciones.
- La inclusión de dispositivos analizadores de redes en los tableros generales de baja tensión además de su incorporación a la red de comunicaciones asociada a la plataforma Andover Continuum, permitirá gestionar eficientemente la calidad y la eficiencia del uso de la energía eléctrica: haciéndolo posible mediante la elección adecuada del protocolo de comunicación presente en los dispositivos y controladoras, de tal forma que

haya una vinculación correcta para que el proceso de integración a la red existente sea eficaz.

- Como alternativas de incorporación de los equipos dentro de la red, se realizaron dos diseños diferentes, uno con protocolo TCP/IP y otro con protocolo Modbus RTU, teniendo en cuenta que cualquiera de estos dos ofrecen características de funcionamiento optimas, se sugiere implementar el diseño que cuenta con el protocolo TCP/IP, dado que implica menos uso de equipos como controladores y XDrivers lo que se refleja en el costo de inversión del mismo, aun cuando en actividades de canalización de cableado se generen más gastos, su costo total se reduce de manera considerable, además del recurso económico, otra gran ventaja de este diseño es que permite la incorporación de equipos a futuro, sin gran cambio en el mismo.
- Si se contempla la incorporación de un dispositivo de monitorización como UPS, plantas de emergencia u otros, que posean otro protocolo distinto de Modbus, será necesario analizar si dicho protocolo se encuentra en el grupo con los que es compatible la plataforma de Andover Continuum; de ser así, se procede a realizar la conexión respectiva con la controladora que cumpla con los requerimientos y además que contenga el XDriver adecuado para el protocolo necesario.

BIBLIOGRAFÍA

ANDREULA, Luis. Red De Monitoreo Y Supervisión De Las Variables Eléctricas En Sub-Estaciones. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. (2012). 219 Pág.

AREVALO, Paula y Osorio, Katerin. Diseño De La Arquitectura De Comunicaciones Y De La Integración De Los Equipos Monitorizables Existentes En La Sede Principal De La UIS Al Sistema De Automatización BMS Adoptado Por La Institución. Trabajo de Investigación. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. 2014. 112 Pág.

CARDENAS, Nomar Alexis y Moreno, Elkin. Implementación De Un BAS (Building Automation System) Básico Para El Control Integrado De Un Sistema De Aire Acondicionado E Iluminación Mediante Dispositivos Con Comunicación Bacnet. Trabajo de Investigación. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. 2010. 257 Pág.

COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Resolución N° 90708 (30, Agosto de 2013). Por el cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. RETIE. Bogotá, D.C., 2013. 334 p.

COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Resolución N° 18054 (30, Marzo de 2010). Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. RETILAP. Bogotá, D.C., 2010. 227 p.

CUMMINS, “Seismic and wind requirements for generator sets and transfer switches” Internet:
(<http://www.cumminspower.com/www/literature/technicalpapers/PT-8002-IBCGensets-en.pdf>)

ENDESA, “Funcionamiento de los Transformadores”.
(http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/funcionamiento-de-los-transformadores#Tipos)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.
Código Eléctrico Colombiano. NTC 2050. Bogotá D.C.: El instituto, 1998. 847 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.
Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. ISO 50001. Bogotá D.C.: El instituto, 2001. 255 p

MAGNETRON, “Transformadores”. Internet:
(http://magnetron.com.co/magnetron/images/pdf/fichas/ficha_convencionales.pdf).

MEJÍA Y VILLEGAS. Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión. Segunda Edición. Medellín, 2003. p. 141-223.

PROLEC GE, “Tipos de Transformadores”. Internet:
(http://www.prolecge.com/internet/upload/pedestal_3pp.pdf)

SCHNEIDER ELECTRIC, “Análisis y Supervisión de Redes Eléctricas”.
Internet: (<http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/de/cap6.pdf>).

SCHNEIDER ELECTRIC, Andover Continuum™. “Third-Party Communication Interfaces and Protocols”. Internet: (<http://www.schneider-electric.com/download/hk/en/details/1999833-Third-Party-Communications-Interfaces-and-Protocols/?reference=SDS-C-DRIVERLIST>)

SCHNEIDER ELECTRIC, "User Guide PowerLogic™ Ethernet Gateway EGX100". Internet: (http://www.schneider-electric.co.kr/documents/Catalogue/EGX100_UserGuide.pdf).

SCHNEIDER ELECTRIC, "TAC Vista Product Catalog". Internet: (<http://www.schneider-electric.ca/documents/buildings/vista.pdf>).

SCHNEIDER ELECTRIC, "Sistema Power Logic, Catálogo 2014/Capítulo 06". Internet: (<http://www.schneider-electric.com/download/ES/ES/results/0/1555852-Catalogo/8335181-ION8800/0/?showAsIframe=true>).

SCHNEIDER ELECTRIC, "Guía de especificaciones para un BMS Andover Continuum [HVAC-BACnet]" Internet.