



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LAS ESTACIONES  
DE BOMBEO DE EMAPA-I Y PROPUESTA DE MIGRACIÓN DE  
TECNOLOGÍA DEL SISTEMA RADIANTE EMPLEANDO EL ESTÁNDAR  
IEEE 802.11ac”**

**AUTOR: DANNY FABRICIO MELO GUZMÁN**

**DIRECTOR: Mgs. Sandra Narváez**

**IBARRA - ECUADOR**

**2016**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100334247-2		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	MELO GUZMÁN DANNY FABRICIO		
<b>DIRECCIÓN:</b>	ABDON CALDERON 10-05 Y Av. GRAL. ALBERTO ENRIQUEZ (ANDRADE MARIN – ANTONIO ANTE)		
<b>E-MAIL:</b>	dfmelog@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062 530846	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0991682742
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE EMAPA- I Y PROPUESTA DE MIGRACIÓN DE		

	TECNOLOGÍA DEL SISTEMA RADIANTE EMPLEANDO EL ESTÁNDAR IEEE 802.11ac
<b>AUTOR (ES):</b>	MELO GUZMÁN DANNY FABRICIO
<b>FECHA:</b>	7 de Diciembre de 2016
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN
<b>ASESOR:</b>	Mgs. SANDRA NARVÁEZ

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Danny Fabricio Melo Guzmán, con cédula de identidad Nro.100334247-2, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra para trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

### 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.



Firma

Nombre: Danny Fabricio Melo Guzmán

Cédula: 100334247-2

Ibarra, 7 de Diciembre de 2016



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Danny Fabricio Melo Guzmán, con cédula de identidad Nro.100334247-2, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: “DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE EMAPA-I Y PROPUESTA DE MIGRACIÓN DE TECNOLOGÍA DEL SISTEMA RADIANTE EMPLEANDO EL ESTÁNDAR IEEE 802.11ac”, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería Electrónica y redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Nombre: Danny Fabricio Melo Guzmán

Cédula: 100334247-2

Ibarra,



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### DECLARACIÓN

Yo, Danny Fabricio Melo Guzmán con cédula de identidad nro. 100334247-2, estudiante de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, libre y voluntariamente declaro que el presente trabajo de investigación, es de mi autoría y no ha sido realizado, ni calificado por otro profesional, para efectos académicos y legales será de mi responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Danny Fabricio Melo Guzmán', is written over a horizontal dotted line.

Firma

Nombre: Danny Fabricio Melo Guzmán

Cédula: 100334247-2

Ibarra, 7 de Diciembre de 2016



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico, que el presente trabajo de titulación “DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE EMAPA-I Y PROPUESTA DE MIGRACIÓN DE TECNOLOGÍA DEL SISTEMA RADIANTE EMPLEANDO EL ESTÁNDAR IEEE 802.11ac” fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Danny Fabricio Melo Guzmán, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Sandra Narváez", is written over a faint circular stamp.

**MSc. Sandra Narváez**

**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

Dedico este Proyecto de Titulación a mi padre y a mi madre, Eduardo a la vez mi mejor amigo; quien con su apoyo y tenacidad incansable ha sabido trasmitirme ese espíritu de perseverancia, Silvia quien ha sabido inculcarme el valor de la responsabilidad siendo el más importante y base de los demás dones que pueden caracterizar a una persona; especialmente a ellos es a quienes tributo mi trabajo ya que han estado a mi lado en los momentos buenos y en los momentos malos, en los cuales he sentido aún más su apoyo.

A mis hermanas, mi abuelo y mi abuela, que son parte del mejor legado que Dios les puede conceder a las personas “La Familia”.

De manera diferenciada dedico mi labor a Andrea, porque me ha brindado su confianza manteniéndose a mi lado, haciendo alusión a la frase: “Detrás de todo buen hombre, hay una gran mujer” y a Josué quien es la luz que ilumina nuestras vidas con su alegría y ternura.

Atentamente,

Danny





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos a los docentes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas por saber transmitir su conocimiento incondicionalmente en los momentos que he solicitado su colaboración, en especial a la Mgs. Sandra Narváez, quien ha sabido guiarme en el desarrollo y culminación de la presente obra. Y hago una distinción especial para agradecer a nuestro señor Jehová y a aquella estrella llamada “Enma”, por darme la vida y por ser quienes me han dotado de fuerza y salud, para no desmayar en la consecución de mis objetivos, en este caso la culminación de mi carrera universitaria.

Al personal de la empresa EMAPA-I, de manera específica a los estimados ingenieros Danilo Maldonado y Darío Páez por su colaboración, quienes me han brindado su confianza convirtiéndose no solo en guías profesionales sino en amigos, dándome sus consejos los cuales tomo para aplicarlos en el ámbito más esencial para el hombre, La Vida.

Danny Fabricio Melo Guzmán

## INDICE DE CONTENIDO

<b>RESÚMEN</b> .....	<b>XIX</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XX</b>
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>XXI</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>I</b>
<b>1.1. Problema</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Objetivo</b> .....	<b>2</b>
1.2.1. General .....	2
1.2.2. Específicos .....	2
<b>1.3. Alcance</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4. Justificación</b> .....	<b>4</b>
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1. Infraestructura de comunicaciones</b> .....	<b>5</b>
2.1.1. Estándares y normas de infraestructura .....	5
2.1.1.1. Obra Civil .....	6
2.1.1.2. Sistema de comunicaciones .....	7
2.1.1.2.1. Categoría del cable .....	7
2.1.1.2.2. Elementos de SCE .....	7
2.1.1.2.3. Canalizaciones .....	9
2.1.1.3. Sistema de climatización .....	13
2.1.1.3.1. Equipo de aire acondicionado .....	13
2.1.1.3.2. CRACS .....	14
2.1.1.3.3. Gases refrigerantes .....	15
2.1.1.4. Instalaciones de seguridad .....	15
2.1.1.4.1. Sistemas de detección y extinción de incendios .....	15
2.1.1.4.2. Extintor de incendios .....	16
2.1.1.4.3. Sistema de control de acceso .....	17
2.1.1.5. Sistema eléctrico .....	18
2.1.1.5.1. Generalidades .....	18
2.1.1.5.2. Acometida eléctrica .....	19
2.1.1.5.3. UPS .....	19
2.1.1.5.4. Puesta a tierra .....	19
<b>2.2. Redes inalámbricas</b> .....	<b>21</b>
2.2.1. WLAN (Redes Locales Inalámbricas) .....	21
2.2.1.1. WiFi Alliance .....	23
2.2.2. Evolución .....	24
2.2.3. Comparación .....	24
2.2.4. Componentes .....	25
2.2.4.1. Antenas .....	25
2.2.4.1.1. Tipos de antenas .....	26
2.2.4.1.2. Diagrama de radiación de la antena .....	28
2.2.4.2. Access point .....	29
2.2.5. Tipos de redes WLAN .....	29
2.2.5.1. Redes de backhaul .....	31
2.2.6. Arquitectura .....	32
2.2.6.1. Servicios de la Arquitectura IEEE 802.11 .....	34
2.2.6.1.1. Servicios de estación .....	34
2.2.6.1.2. Servicios de distribución .....	35
2.2.7. Modelo de referencia .....	36
2.2.7.1. Subcapa MAC .....	36
2.2.7.1.1. Formato de trama MAC .....	37

2.2.7.1.2.	Descripción funcional de MAC .....	41
2.2.7.1.3.	DCF Función de coordinación distribuida.....	42
2.2.7.1.4.	Protocolo de Acceso al medio CSMA/CA y MACA.....	43
2.2.7.1.5.	Espaciado entre tramas IFS. ....	44
2.2.7.1.6.	PFC Función de Coordinación Puntual. ....	45
2.2.7.2.	Capa Física .....	46
2.2.7.2.1.	Subcapa PLCP y PMD.....	46
2.2.7.2.2.	Técnicas de transmisión en radio frecuencia .....	47
2.2.8.	Estándar IEEE 802.11ac .....	48
2.2.8.1.	Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) .....	48
2.2.8.2.	Incremento en los canales.....	49
2.2.8.3.	Modulación.....	50
2.2.8.4.	WI-FI largo alcance .....	50
2.2.8.5.	Funcionamiento capa física en largas distancias .....	50
2.2.9.	Presupuesto de Enlace .....	50
2.2.9.1.	PIRE.....	53
2.2.9.2.	Zona de Fresnel .....	54
2.2.9.3.	Distancia de despeje.....	55
2.2.9.4.	Cálculo de presupuesto del Enlace.....	56
<b>2.3.</b>	<b>SISTEMAS SCADA .....</b>	<b>57</b>
2.3.1.	Tipo de datos.....	58
2.3.2.	Características de un sistema SCADA.....	59
2.3.3.	Esquema del sistema SCADA .....	60
2.3.4.	Arquitectura de los sistemas SCADA .....	61
<b>2.4.</b>	<b>ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CUARTO DE EQUIPOS Y DEL SISTEMA RADIANTE .....</b>	<b>62</b>
2.4.1.	Antecedentes .....	62
2.4.2.	Inicio de actividades.....	62
2.4.2.1.	Ubicación .....	62
2.4.2.2.	Análisis de infraestructura física estaciones de bombeo .....	65
2.4.2.2.1.	ESTACIÓN DE BOMBEO #1 .....	65
2.4.2.2.2.	ESTACIÓN DE BOMBEO #2 .....	69
2.4.2.2.3.	ESTACIÓN DE BOMBEO #3 .....	74
2.4.2.3.	Resultados de análisis de infraestructura física a estaciones de bombeo .....	77
2.4.2.4.	Análisis y configuración actual de la red inalámbrica.....	80
2.4.2.4.1.	Topología.....	80
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>82</b>	
<b>3.1.</b>	<b>DISEÑO DEL CUARTO DE EQUIPOS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO .....</b>	<b>82</b>
3.1.1.	Obra civil.....	82
3.1.1.1.	Espacio físico .....	83
3.1.1.2.	Techo falso.....	85
3.1.1.3.	Acceso al cuarto de equipos .....	86
3.1.1.4.	Piso técnico.....	86
3.1.2.	Instalaciones de Seguridad.....	89
3.1.2.1.	Sistema de detección y extinción de incendios.....	89
3.1.2.2.	Sistema para extinción de incendios .....	90
3.1.2.3.	Sistema de control de acceso .....	91
3.1.3.	Cableado estructurado y comunicaciones .....	92
3.1.3.1.	Sala de telecomunicaciones .....	92
3.1.3.2.	Rutas de cableado estructurado.....	93
3.1.3.2.1.	Cableado backbone .....	94
3.1.3.2.2.	Cableado horizontal .....	95

3.1.3.3.	Instalaciones eléctricas y aterramiento.....	97
3.1.3.3.1.	Iluminación.....	99
3.1.3.3.2.	UPS.....	100
3.1.3.3.3.	Dimensionamiento de UPS.....	101
3.1.3.3.4.	Canalizaciones.....	102
3.1.3.3.5.	Puesta a tierra.....	103
3.1.3.3.6.	Puesta a tierra atmosférica.....	104
3.1.3.3.7.	Puesta a tierra de protección.....	105
3.1.3.3.8.	Preparación del suelo.....	106
3.1.3.3.9.	Pararrayos.....	109
3.1.3.4.	Climatización.....	109
3.1.3.4.1.	Capacidad del sistema de aire acondicionado.....	109
3.1.3.4.2.	Estructura adicional para climatización.....	111
<b>3.2.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA INALÁMBRICO.....</b>	<b>113</b>
3.2.1.	Ventajas modelo propuesto frente a modelo implementado.....	113
3.2.1.1.	Dimensionamiento del sistema.....	114
3.2.2.	Reingeniería del sistema inalámbrico.....	116
3.2.2.1.	Arquitectura propuesta de la red inalámbrica.....	117
3.2.2.2.	Planificación sistema radiante.....	119
3.2.2.2.1.	Estación de bombeo 1 a estación repetidora – tramo 1.....	120
3.2.2.2.2.	Estación de bombeo 2 a estación repetidora – tramo 2.....	123
3.2.2.2.3.	Estación de bombeo 3 a estación repetidora – tramo 3.....	125
3.2.2.2.4.	Estación repetidora a la oficina Matriz – tramo 4.....	127
3.2.2.3.	Equipos e insumos empleados en el sistema radiante.....	127
3.2.2.3.1.	Equipo para configurarse como sectorial.....	128
3.2.2.3.2.	Equipo para configurarse como estación.....	128
3.2.2.3.3.	Cable y conectores.....	130
3.2.2.4.	Cálculo matemático del presupuesto del enlace.....	132
3.2.2.4.1.	Pérdida en el espacio libre.....	132
3.2.2.4.2.	Margen de potencia de recepción.....	133
3.2.2.5.	Simulación del sistema radiante.....	137
3.2.2.5.1.	Definición de estaciones.....	137
3.2.2.5.2.	Configurar el enlace.....	140
3.2.2.5.3.	Resultados.....	145
3.2.3.	Ejecución de cambios.....	149
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>151</b>	
<b>4.1. COSTO – BENEFICIO.....</b>	<b>151</b>	
4.1.1.	Planificación de recurso humano y tiempo.....	152
4.1.2.	Análisis de costos – áreas del cuarto de equipos de telecomunicaciones.....	153
4.1.2.1.	Obra civil.....	153
4.1.2.2.	Sistema eléctrico y puesta a tierra.....	154
4.1.2.3.	Instalaciones de seguridad.....	154
4.1.2.4.	Aire acondicionado.....	155
4.1.2.5.	Sistema de cableado estructurado y comunicaciones.....	155
4.1.2.6.	Sistema inalámbrico.....	156
4.1.2.7.	Presupuesto total de los cuartos de telecomunicaciones.....	157
4.1.3.	Análisis costo-beneficio del proyecto.....	158
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>160</b>	
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>162</b>	
<b>INDICE DE ACRÓNIMOS.....</b>	<b>167</b>	
<b>ANEXOS.....</b>	<b>168</b>	

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de un cuarto de telecomunicaciones.....	8
Figura 2. Ductos bajo piso .....	10
<i>Figura 3. Canalizaciones bajo piso elevado.....</i>	<i>11</i>
Figura 4. Bandeja portacables de telecomunicaciones.....	12
Figura 5. Medios de contención para cables .....	12
Figura 6. Ubicación técnica de gabinetes en pasillos fríos y calientes .....	15
Figura 7. Dispositivo extintor de fuego de tipo manual.....	17
Figura 8. Control de acceso biométrico .....	18
Figura 9. El espectro electromagnético .....	22
Figura 10. Evolución del estándar IEEE 802.11 .....	24
<i>Figura 11. Antenas WLAN .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 12. Patrón omnidireccional de radiación de una antena .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 13. Patrón de radiación antena direccional .....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 14. Patrón de radiación de la antena sectorial .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 15. Operación de Access Point .....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 16. Red Ad-Hoc .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 17. Enlaces punto - multipunto .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 18. Tipo de red modo Repetidor.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 19. Enlaces tipo malla.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 20. Red de backhaul .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 21. Estructura BSS .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 22. Estructura de un sistema de distribución (DS) .....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 23. Arquitectura 802.11 .....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 24. Formato general de trama MAC 802.11.....</i>	<i>37</i>

<i>Figura 25. Formato del campo Frame Control</i> .....	37
<i>Figura 26. Campo Sequence Control</i> .....	40
<i>Figura 27. Fragmentación de una trama</i> .....	41
<i>Figura 28. Funcionalidades de subcapa MAC</i> .....	42
<i>Figura 29. Ejemplo de funcionamiento de acceso CSMA / CA.</i> .....	44
<i>Figura 30. Espaciado entre tramas IFS</i> .....	44
<i>Figura 31. Función de coordinación puntual</i> .....	46
<i>Figura 32. Subdivisión de capa física (PHY)</i> .....	47
<i>Figura 33. Representación de tecnología MIMO</i> .....	49
<i>Figura 34. Representación de un sistema inalámbrico básico</i> .....	51
<i>Figura 35. Consideraciones en el establecimiento de un enlace inalámbrico</i> .....	51
<i>Figura 36. Cálculo de pérdidas en el espacio libre</i> .....	53
<i>Figura 37. Representación gráfica de la primera zona de Fresnel</i> .....	54
<i>Figura 38. Distancia de despeje en relación línea de vista-obstáculo</i> .....	55
<i>Figura 39. Diagrama de factores para cálculo de presupuesto de un enlace</i> .....	56
<i>Figura 40. Esquema básico de un sistema SCADA</i> .....	60
<i>Figura 41. Topología clásica de un sistema SCADA</i> .....	61
<i>Figura 42. Ubicación de estaciones de bombeo, EMAPA-I</i> .....	63
<i>Figura 43. Ubicación de estación regeneradora de señal</i> .....	64
<i>Figura 44. Ubicación de oficina matriz EMAPA-I</i> .....	64
<i>Figura 45. Formato general SITE SURVEY - estación de bombeo 1</i> .....	65
<i>Figura 46. Descripción de infraestructura SITE SURVEY - estación de bombeo 1</i> .....	66
<i>Figura 47. Equipamiento eléctrico SITE SURVEY - estación de bombeo 1</i> .....	66
<i>Figura 48. Sistema de comunicaciones SITE SURVEY - estación de bombeo 1</i> .....	68
<i>Figura 49. Formato general SITE SURVEY - estación de bombeo 2</i> .....	70

<i>Figura 50. Descripción de infraestructura SITE SURVEY - estación de bombeo 2.....</i>	70
<i>Figura 51. Equipamiento eléctrico SITE SURVEY - estación de bombeo 2.....</i>	71
<i>Figura 52. Sistema de comunicaciones SITE SURVEY - estación de bombeo 2 .....</i>	72
<i>Figura 53. Formato general SITE SURVEY - estación de bombeo 3 .....</i>	74
<i>Figura 54. Descripción de infraestructura SITE SURVEY - estación de bombeo 3.....</i>	74
<i>Figura 55. Equipamiento eléctrico SITE SURVEY - estación de bombeo 3.....</i>	75
<i>Figura 56. Sistema eléctrico SITE SURVEY - estación de bombeo 3.....</i>	76
<i>Figura 57. Topología inalámbrica implementada, Cdla. Municipal – Est. Arcángel – Oficina Central .....</i>	81
<i>Figura 58. Espacio destinado para cuarto de equipos, estación de bombeo # 1 .....</i>	83
<i>Figura 59. Espacio destinado para cuarto de equipos, estación de bombeo # 2 .....</i>	84
<i>Figura 60. Espacio destinado para cuarto de equipos, estación de bombeo # 3 .....</i>	85
<i>Figura 61. Colocación de láminas a lo largo del cuarto de equipos .....</i>	85
<i>Figura 62. Vista frontal de la estación - ubicación de rampa y puerta de acceso .....</i>	86
<i>Figura 63. Estructura base para colocación de paneles de piso técnico .....</i>	87
<i>Figura 64. Ubicación de bandejas para cables bajo el piso técnico.....</i>	88
<i>Figura 65. Distribución de espacio en el cuarto de equipos .....</i>	88
<i>Figura 66. Sistema de detección y extinción de incendios.....</i>	89
<i>Figura 67. Vista interior del cuarto de equipos - ubicación de extintor de incendios ..</i>	90
<i>Figura 68. Sistema de control de Ingreso al cuarto .....</i>	91
<i>Figura 69. Diagrama de conexiones - Sistema de comunicaciones .....</i>	92
<i>Figura 70. Componentes del sistema de comunicaciones en el gabinete .....</i>	93
<i>Figura 71. Vista trasera del cuarto de equipos – ductería para S.C.E. ....</i>	94
<i>Figura 72. Vista frontal del cuarto de equipos – bandeja subterránea del S.C.E.....</i>	95
<i>Figura 73. Vista frontal del cuarto de equipos - ductería para cableado horizontal....</i>	96

<i>Figura 74. Ubicación de elementos eléctricos.....</i>	97
<i>Figura 75. Diagrama de conexiones - Sistema eléctrico .....</i>	98
<i>Figura 76. Distribución del tablero eléctrico .....</i>	99
<i>Figura 77. Distribución de luminarias a la interna del cuarto de equipos .....</i>	100
<i>Figura 78. Funcionamiento UPS .....</i>	100
<i>Figura 79. Vista superior del cuarto de equipos – ubicación de elementos eléctricos</i>	102
<i>Figura 80. Vista frontal del cuarto de equipos - ductería para cableado eléctrico ....</i>	103
<i>Figura 81. Puesta a tierra atmosférica .....</i>	104
<i>Figura 82. Puesta a tierra de seguridad .....</i>	105
<i>Figura 83. Electrodo TotalGround-2500 para puesta a tierra.....</i>	107
<i>Figura 84. Posición del electrodo de puesta a tierra .....</i>	108
<i>Figura 85. Punto de registro - borne del electrodo .....</i>	108
<i>Figura 86. Punta pararrayos .....</i>	109
<i>Figura 87. Vista lateral izq. cuarto de equipos - ubicación de aire acondicionado ...</i>	111
<i>Figura 88. Vista lateral izquierda - Ubicación de pasillos fríos .....</i>	112
<i>Figura 89. Topología del sistema inalámbrico.....</i>	118
<i>Figura 90. Tipología de red – propuesta del modelo de migración .....</i>	119
<i>Figura 91. Zona boscosa frente a las estaciones de bombeo .....</i>	120
<i>Figura 92. Esquema previo al diseño de despeje de la zona de Fresnel .....</i>	121
<i>Figura 93. Representación de valores para cálculos .....</i>	121
<i>Figura 94. Esquema previo al diseño de despeje de la zona de Fresnel .....</i>	123
<i>Figura 95. Representación de valores para cálculos .....</i>	124
<i>Figura 96. Esquema previo al diseño de despeje de la zona de Fresnel .....</i>	125
<i>Figura 97. Representación de valores para cálculos .....</i>	126



<i>Figura 98. Dispositivos para el enlaces punto-multipunto con la sectorial SXT SA ac</i>	129
<i>Figura 99. Fijación de la estación de bombeo # 1</i>	137
<i>Figura 100. Fijación de la estación de bombeo # 2</i>	138
<i>Figura 101. Fijación de la estación de bombeo # 3</i>	138
<i>Figura 102. Fijación de la estación repetidora</i>	139
<i>Figura 103. Fijación de la estación en Oficina Matriz, EMAPA</i>	139
<i>Figura 104. Ubicación cartográfica de los emplazamientos</i>	140
<i>Figura 105. Definición de características del enlace</i>	140
<i>Figura 106. Tipo de red</i>	141
<i>Figura 107. Los integrantes del enlace pmp</i>	141
<i>Figura 108. Características de sistema receptor</i>	142
<i>Figura 109. Características del sistema radiante estación de bombeo 1</i>	142
<i>Figura 110. Características del sistema radiante estación de bombeo 2</i>	143
<i>Figura 111. Características del sistema radiante estación de bombeo 3</i>	143
<i>Figura 112. Características del sistema radiante estación repetidora</i>	144
<i>Figura 113. Características del sistema radiante estación matriz</i>	144
<i>Figura 114. Resultado radio enlace, Estación de bombeo 1 - Repetidor</i>	145
<i>Figura 115. Línea de vista, Estación de bombeo 1 – Repetidor</i>	145
<i>Figura 116. Resultado radio enlace, Estación de bombeo 2 - Repetidor</i>	146
<i>Figura 117. Línea de vista, Estación de bombeo 2 – Repetidor</i>	146
<i>Figura 118. Resultado radio enlace, Estación de bombeo 3 - Repetidor</i>	147
<i>Figura 119. Línea de vista, Estación de bombeo 3 – Repetidor</i>	147
<i>Figura 120. Resultado radio enlace, Repetidor - EMAPA</i>	148
<i>Figura 121. Configuración antena sectorial de 90°</i>	148

<i>Figura 122. Área cubierta por la antena sectorial 90°</i> .....	149
--	-----

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Tolerancia de temperatura y humedad</i> .....	13
<i>Tabla 2. Comparación de entre diferentes versiones del estándar 802.11</i> .....	25
<i>Tabla 3. Interpretaciones de los campos Address1, 2, 3 y 4 en función de To DS y From DS</i> .....	39
<i>Tabla 4. Cumplimiento de obra civil de las estaciones</i> .....	78
<i>Tabla 5. Cumplimiento del sistema de comunicaciones de las estaciones</i> .....	78
<i>Tabla 6. Cumplimiento del sistema de climatización de las estaciones</i> .....	79
<i>Tabla 7. Cumplimiento del sistema de seguridad de las estaciones</i> .....	79
<i>Tabla 8. Cumplimiento del sistema eléctrico de las estaciones</i> .....	80
<i>Tabla 9. Consumo de potencia de las cargas a conectar en el UPS</i> .....	101
<i>Tabla 10. Equipos que producen calor en el cuarto de equipos</i> .....	110
<i>Tabla 11. Proceso de migración de tecnología</i> .....	113
<i>Tabla 12. Ventajas estándar a emplear en el modelo de migración</i> .....	114
<i>Tabla 13. Consumo de ancho de banda por cada aplicación</i> .....	115
<i>Tabla 14. Ancho de banda total del sistema inalámbrico</i> .....	115
<i>Tabla 15. Proceso de migración de tecnología</i> .....	116
<i>Tabla 16. Coordenadas geográficas de las estaciones de EMAPA</i> .....	117
<i>Tabla 17. Antenas con características acorde al presente proyecto</i> .....	128
<i>Tabla 18. Características de Antena SXT</i> .....	129
<i>Tabla 19. Características del Cable Cat. 6a F/UTP</i> .....	131
<i>Tabla 20. Características del Jack, Cat 6 RJ-45 FTP</i> .....	131
<i>Tabla 21. Cálculo de pérdidas en cable y conectores – Estación de bombeo # 1</i> .....	133
<i>Tabla 22. Cálculo de pérdidas en cable y conectores – Estación repetidora</i> .....	134

<i>Tabla 23. Cálculo de pérdidas en cable y conectores – Estación de bombeo # 2 .....</i>	134
<i>Tabla 24. Cálculo de pérdidas en cable y conectores – Estación de bombeo # 3 .....</i>	135
<i>Tabla 25. Cálculo de pérdidas en cable y conectores – Oficina MATRÍZ .....</i>	136
<i>Tabla 26. Proceso de migración de tecnología .....</i>	149
<i>Tabla 27. Itinerario de trabajos a realizarse en las estaciones.....</i>	150
<i>Tabla 28. Estimación de tiempo y responsables - cuarto de equipos de telecomunicaciones .....</i>	152
<i>Tabla 29. Salarios de responsables del proyecto - cuarto de equipos de telecomunicaciones .....</i>	152
<i>Tabla 30. Costos de trabajos para estructura física.....</i>	153
<i>Tabla 31. Costos del sistema eléctrico y puesta a tierra .....</i>	154
<i>Tabla 32. Costos de insumos para seguridad de acceso y extinción de incendios. ....</i>	155
<i>Tabla 33. Costos del sistema de ambientación y contrafuego .....</i>	155
<i>Tabla 34. Costos del S.C.E.....</i>	156
<i>Tabla 35. Costos del equipamiento para sistema radiante.....</i>	157
<i>Tabla 36. Inversión total de EMAPA-I para implementar el proyecto.....</i>	157

#### INDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Fórmula para calcular capacidad del sistema de aire acondicionado .....</i>	13
<i>Ecuación 2. Cálculo de pérdidas en el espacio libre.....</i>	53
<i>Ecuación 3. Calculo del PIRE.....</i>	53
<i>Ecuación 4. Ecuación de cálculo, radio de la primera Zona de Fresnel.....</i>	54
<i>Ecuación 5. Cálculo de distancia de despeje desde el obstáculo hasta la línea de vista .....</i>	55
<i>Ecuación 6. Fórmula de cálculo, potencias en el presupuesto de enlace inalámbrico ...</i>	57

## RESÚMEN

EMAPA – I es una empresa pública de la ciudad de Ibarra, que tiene como finalidad la captación, procesamiento, distribución, venta de agua potable y de manera paralela la prestación de servicios de alcantarillado e infraestructura sanitaria a la comunidad Ibarreña y sus parroquias rurales. El flujo constante de agua potable limpia y directamente consumible hasta cada hogar representa un compromiso social para EMAPA-I, para ello se han instalado estaciones a lo largo de la urbe que le permiten almacenar, tratar y bombear el líquido vital; las estaciones deben contar con infraestructura para cumplir con los requerimientos de procesamiento y envío de información, lo cual no ocurre en éste caso.

El presente proyecto de titulación consiste en el diseño del sistema de comunicaciones de las estaciones de bombeo de EMAPA (Ibarra), obedeciendo a las recomendaciones emitidas por el ANSI y otras organizaciones encargadas de estandarizar y regular el sector de telecomunicaciones; de manera adicional la reingeniería y migración de tecnología del sistema inalámbrico conforme a los lineamientos establecidos en el estándar IEEE 802.11 ac. El trabajo comprende cuatro capítulos en donde se plantean los requerimientos de seguridad y disponibilidad requeridos en la transmisión y procesamiento de datos, funciones que llevan a cabo el sistema radiante y el sistema de comunicaciones respectivamente.

## ABSTRACT

EMAPA - I is a public company in Ibarra, which aims to capture, processing, distribution, sale of potable water and the provision of sewerage and sanitation infrastructure to the community and its rural parishes. The constant flow of clean drinking water and consumable directly to each household represents a social commitment to EMAPA-I, for that stations have been installed throughout the city that allow you to store, treat and pump the vital liquid; stations must have infrastructure to meet the requirements of processing and delivery of information, which does not occur in this case.

This project consists of the design certification of the communications system of pumping stations EMAPA (Ibarra), complying with the recommendations issued by the ANSI and other organizations responsible for standardizing and regulating the telecommunications sector; additionally reengineering and migration of wireless system technology in accordance with the guidelines established by the IEEE 802.11ac. The work comprises four chapters where safety requirements and availability required in transmission and data processing functions that perform the heating system and the communication system respectively arise

## PRESENTACIÓN

La importancia que representa una información íntegra y veraz, sienta como precedente que la estructura que soporte ese flujo de información debe contar con una planificación adecuada, plasmándola en un área física diseñada específicamente para este fin, donde se garantice la protección efectiva de los activos informáticos es decir datos y hardware, obedeciendo a normas locales, regionales e internacionales.

Un cuarto de telecomunicaciones no solamente está enfocado a proteger el equipo de cómputo y la información, sino también la vida del personal que lo opera, destacando criterios como: preparación, normas de seguridad, procedimientos de recuperación en caso de falla de la infraestructura.

El primer capítulo consiste en la explicación detallada de las razones por las cuales realizar el proyecto, identificando claramente los problemas y sus soluciones, los objetivos que se plantearon y la forma en que se irán cumpliendo.

El segundo capítulo es la documentación de la base teórica necesaria para llevar a cabo el proyecto, donde se detallará las recomendaciones emitidas por las diferentes organizaciones encargadas de la regulación del sector de las telecomunicaciones y se revisa las especificaciones contenidas en el estándar IEEE 802.11ac y se da lugar al estudio de los sistemas SCADA de manera rápida. En la última parte del capítulo se efectúa el levantamiento de información de forma que permita identificar el estado actual tanto del sistema inalámbrico como del lugar donde se procesan los datos en las diferentes estaciones de EMAPA-I.

En el tercer capítulo se procede a realizar el diseño del cuarto de equipos tomando en cuenta las recomendaciones de las organizaciones de telecomunicaciones, seguidamente se

continuará con la propuesta de migración de tecnología empleando el estándar IEEE 802.11ac, mediante la reingeniería de los enlaces inalámbricos.

Una vez finalizado el tercer capítulo se presenta un análisis financiero de lo que implicaría la implementación de las modificaciones planteadas y para finalizar se emite una serie de conclusiones y recomendaciones a tomar en cuenta por parte de las personas encargadas de la administración y monitoreo de esta red de datos dentro de la empresa.

## CAPITULO I

### 1.1. Problema

EMAPA-I es una empresa pública de la ciudad Ibarra, que tiene como finalidad la captación, procesamiento, distribución, venta de agua potable y de manera paralela la prestación de servicios de alcantarillado e infraestructura sanitaria a la comunidad Ibarreña y sus parroquias rurales; el flujo constante de agua potable limpia y consumible hasta cada hogar representa un compromiso social para EMAPA-I, con la población de los distintos sectores de la ciudad de Ibarra; para ello se ha ubicado diferentes estaciones a lo largo de la urbe que le permiten almacenar, tratar y bombear el líquido vital.

Dentro de las estaciones de bombeo del líquido vital, se monitorea los niveles de presión en las válvulas mediante un sistema SCADA, este sistema extrae información mediante sensores que informan el estado de las llaves, concentrando estos datos en un servidor ubicado en un cuarto de equipos el mismo que tiene poca iluminación, no posee sistema de ventilación ni redundancia eléctrica, la seguridad física es mínima, bajo nivel de canalización y ductería, mal dimensionamiento eléctrico; factores que impiden a los equipos alcanzar su máximo rendimiento en el procesamiento de los datos.

La información procesada por el sistema SCADA tiene como destino la estación repetidora ubicada en el sector de San Miguel Arcángel, para posteriormente enviarla hasta la oficina matriz localizada en la Plazoleta “Francisco Calderón”, mediante comunicación inalámbrica es aquí donde se presenta inconvenientes ya que el diseño de un sistema radiante debe contar con una planificación respecto a cálculo de pérdidas en los enlaces, cálculos de zonas Fresnel, línea de vista y direccionamiento, entre otros parámetros; con el objetivo de determinar la factibilidad del enlace, lo cual no se ha efectuado en el sistema radiante que EMAPA-I posee en los puntos antes citados.



Debido a estos inconvenientes es necesario realizar el diseño del sistema de comunicaciones considerando las recomendaciones expedidas por diferentes organizaciones de regulación y normalización, adicionalmente proponer la migración de tecnología inalámbrica empleando el estándar para comunicación Wireless emitido por la IEEE que ya se mencionó, dotando de integridad y seguridad a los datos en la transmisión.

## **1.2. Objetivo**

### **1.2.1. General**

Diseñar el sistema de comunicaciones y migración de la red inalámbrica de las estaciones de bombeo de EMAPA-I, bajo normas expedidas por el ANSI y el estándar IEEE 802.11 ac, de manera que la información sea transmitida de forma íntegra a la oficina matriz.

### **1.2.2. Específicos**

- Desarrollar una base teórica que fundamente la propuesta del presente proyecto.
- Realizar el levantamiento de información y situación actual, tanto en la red lógica y física identificando el equipamiento en las estaciones.
- Diseñar el cuarto de equipos, empleando las recomendaciones emitidas por el ANSI en sus diferentes publicaciones, para lograr un buen rendimiento del sistema.
- Establecer un nuevo modelo de migración del sistema radiante, mediante una reingeniería de la red inalámbrica para mejorar los radioenlaces en las estaciones de bombeo.
- Elaborar un análisis de la inversión que involucraría la implementación de este proyecto para EMAPA-I.

### **1.3. Alcance**

El presente proyecto consiste en el diseño del cuarto de equipos y proponer la migración de tecnología en el sistema de comunicación inalámbrica de EMAPA-I, supliendo los requerimientos de monitoreo de las 3 estaciones de bombeo de agua potable ubicadas en la Ciudadela Municipal calle Daniel Reyes, entre Hernán Gonzáles de Saá y Armando Hidrovo.

El punto de partida del proyecto es la revisión de los fundamentos teóricos en el que se hará una investigación de las fases y recomendaciones establecidas en normas emitidas por el ANSI para el diseño de cuartos de equipos y espacios de telecomunicaciones, del estándar IEEE 802.11ac las medidas a considerar dentro de un sistema radiante, tales como direccionamiento de los transductores, niveles de potencia, cálculos de las zonas de FRESNEL, altura de antenas y presupuesto de potencia de los enlaces.

Se realizará posteriormente el levantamiento de información para determinar la situación actual de estructura en las estaciones, cuantificando los cambios a realizarse tanto en la red física y lógica, enlistando el equipamiento que se tiene en las estaciones y el sistema que extrae la información mediante los sensores, el procesamiento que dan los equipos a los datos e identificando el tipo que se maneja para enviarlos por el sistema de comunicación inalámbrica.

Se efectuará el diseño del cuarto de equipos basado en las normas ya mencionadas, para impedir que los equipos sufran daños por diferentes afecciones como polvo o temperatura muy alta. Posteriormente se establecerá el nuevo modelo del sistema radiante, mediante la reingeniería de los enlaces inalámbricos, de manera que se mejore la comunicación entre transmisores y receptores involucrados en el proceso de intercambio de información hacia su destino. Finalmente se procederá con la realización de un análisis financiero, de la

inversión que involucraría la implementación de este sistema para la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra.

#### **1.4. Justificación**

En la actualidad dentro de la transmisión de información sobre medios no guiados existe una constante evolución, por lo que se hace necesario el uso de un nuevo estándar para comunicación inalámbrica IEEE 802.11ac y que entre sus características más sobresalientes están el alcanzar tasas de transmisión de hasta 1Gb/s con múltiples interfaces de red, que pueden ser implementadas en estos dispositivos para reducir interferencias e incrementar así la capacidad de la red. (RAMOS RAMOS, 2014)

EMAPA-I tiene diferentes puntos de tratamiento y bombeo de agua los cuales necesitan ser monitoreados, para llevar a cabo este proceso de gestión se necesita una buena estructura lógica y física. La estructura física abarca el cuarto de equipos y los enlaces inalámbricos, la primera parte debe estar diseñada bajo recomendaciones; en este caso se plantea utilizar lineamientos contenidos en Normas ANSI/EIA/TIA 568-569-607-942 donde se abarcan aspectos generales de instalaciones eléctricas, aire acondicionado, comunicación ambiente, etc.

Con respecto al sistema inalámbrico para la transmisión de información debe contar con un diseño planificado, permitiendo que haya integridad y disponibilidad en la transferencia de datos, correspondientes al estado de las válvulas de presión y toma de decisiones sobre éstas, desde la oficina principal. Con la consigna de proteger y garantizar la entrega oportuna de uno de los bienes más valiosos para las empresas es decir la información, se plantea los cambios previamente detallados, entregando conjuntamente un costo tentativo para una futura implementación.

## CAPITULO II

El segundo capítulo consiste en sentar una base teórica que permita desarrollar el presente proyecto, iniciando por considerar diferentes recomendaciones emitidas por el ANSI, posteriormente hacer una revisión del estándar IEEE 802.11ac y finalmente explicar de manera rápida a los sistemas SCADA.

### **2.1. Infraestructura de comunicaciones**

Consiste en el equipamiento físico a través del cual se transporta la información desde la fuente al destino, donde para un adecuado rendimiento de cada equipo se debe tomar en cuenta varias consideraciones.

#### **2.1.1. Estándares y normas de infraestructura**

El estamento encargado de emitir las recomendaciones y normas que son consideradas en proyectos de redes de comunicación es el ANSI con sus diferentes estándares que son: ANSI/EIA/TIA-568, ANSI/EIA/TIA-569, ANSI/EIA/TIA-607 y ANSI/EIA/TIA-942. En ellos se menciona que un cuarto de equipos es un espacio destinado para uso específico de equipos de telecomunicaciones y varias o todas las funciones de un cuarto de telecomunicaciones pueden ser proporcionadas por un cuarto de equipos, con la diferencia que un cuarto de equipos incluye también espacio de trabajo para personal de telecomunicaciones, en el proceso de estructuración de un cuarto de equipos se consideran aspectos claves como: planificación del área física, estudio de la capacidad energética, verificación de la capacidad computacional, temperatura y humedad adecuada entre otros detalles de ingeniería. (Joskowicz J. , 2013)

A continuación, se trata de sintetizar la información de los estándares en 4 áreas fundamentales:

### 2.1.1.1. Obra Civil

El cuarto de equipos requiere espacios dedicados a soportar únicamente la infraestructura de telecomunicaciones es decir para soportar el cableado y equipamiento de telecomunicaciones propiamente. (TIA-942, 2005)

En el diseño y ubicación del cuarto de equipos, se debe considerar los siguientes aspectos:

- Es recomendable hacer una evaluación para futuro crecimiento en el número de equipos que irán ubicados en la sala de equipos y prever la posibilidad de expansión en la sala.
- Prescindir de ubicar el cuarto de equipos en lugares donde haya filtraciones de agua, ya sea por el techo o paredes. Facilidades de acceso para equipos de gran tamaño, es decir evitar la ubicación del cuarto en lugares donde se vea complicado el acceso de dicho equipamiento.
- La estimación del tamaño mínimo recomendado es de 13.5 m<sup>2</sup>, es decir una sala de 3.7 m x 3.7 m. Desde el punto de vista de seguridad el espacio de telecomunicaciones debe poseer alimentación eléctrica, considerar problemas estructurales, vibraciones e inundaciones, prevención de incendios, aterramientos, etc.
- El área de equipos de telecomunicaciones debe poseer una iluminación adecuada, se recomienda que el piso, el techo y las paredes sean de colores claros para colaborar con la iluminación del centro.
- El cuarto de equipos de telecomunicaciones deberá ser un lugar cerrado es decir sin ventanas para evitar el polvo y se propone la instalación de sobre piso o piso técnico, al igual que falso plafón o techo falso (TIA-942, 2005)

### **2.1.1.2. Sistema de comunicaciones**

En este punto se realizarán algunas estimaciones con respecto a los soportes sobre los cuales viajan los medios de transmisión en una sala de equipos de telecomunicaciones.

#### **2.1.1.2.1. Categoría del cable**

El cable UTP es el recomendado a emplear para sistemas de comunicaciones pudiendo optar por cable FTP dependiendo de la necesidad de cada proyecto, en cuanto a la categoría del cable se toman en cuenta características de transmisión, mecánicas, eléctricas y por supuesto su disponibilidad en el mercado. Lo que se recomienda es usar cable CAT 6 – 4 pares o como alternativa CAT 6a - FTP. (TIA-568, 2005)

El cable CAT-6 tiene una velocidad de transferencia de 1000Mbps y opera a frecuencias de hasta 250 MHz en cada par. Un proyecto puede demandar el uso de otro tipo de cable con su debida justificación.

#### **2.1.1.2.2. Elementos de SCE**

La figura 1, ilustra un modelo de varios elementos básicos y funcionales que comprenden un sistema de cableado para el cuarto de telecomunicaciones.

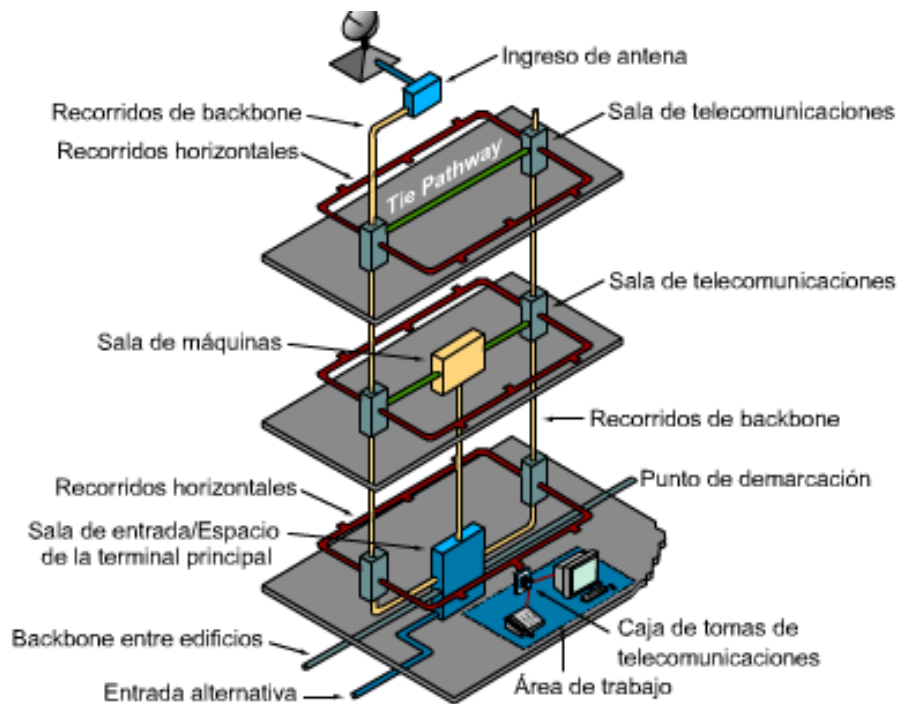


Figura 1. Partes de un cuarto de telecomunicaciones

Referencia: TIA-942. 2005. Estándar para Infraestructura de Telecomunicaciones. (p. 24)

El sistema de cableado estructurado consta de algunos subsistemas y su función se detallará en la parte posterior. (TIA-942, 2005)

#### ▪ **Entrada del servicio**

También conocido como “DEMARC”, es el punto donde el cableado pasa a ser parte del propietario del edificio y la responsabilidad del proveedor pasa a ser nula.

#### ▪ **Sala de telecomunicaciones**

Este espacio contiene todo equipo de interconexión de red y puede ser representado por un gabinete, además es donde se recibe el cableado vertical y cuenta con las siguientes características importantes:

- a) Es el sitio donde se ubican los equipos de telecomunicaciones y de red.
- b) Esta área debe tener un circuito eléctrico dedicado a todo lo que respecta a equipos de redes y telecomunicaciones.

- c) Lugar donde se realiza la conexión del cableado vertical y horizontal.
- d) En caso de fallas en el suministro de energía eléctrica, debemos tener un equipo de respaldo que provea de este servicio a los equipos y otro que evite los cambios bruscos de voltaje, es decir un UPS y regulador respectivamente.

- **Cableado backbone**

El cableado backbone o vertical representa la conexión principal del sistema, es la conexión desde la entrada del servicio hasta el gabinete o cuarto de telecomunicaciones.

- **Cableado de distribución**

Este cableado se conoce también como horizontal, es el que entrega el servicio a las áreas de trabajo del cuarto de equipos, a continuación, se presenta una serie de patrones a tomar en cuenta:

- a) Colocar los cables de forma paralela a las paredes.
- b) Evitar las curvas en lo posible y extender rutas directas.

- **Área de trabajo**

Es el destino del sistema de cableado horizontal, en esta zona se colocan mobiliario de oficina, computadores, teléfonos, impresoras o cualquier otro equipo, el área de trabajo debe estar debidamente aislada del lugar donde se encuentran los equipos de telecomunicaciones, por lo que se recomienda el empleo de estructura transparente como el cristal que a su vez permita visualizar cualquier anomalía. (Castro, 2014)

### **2.1.1.2.3. Canalizaciones**

Una parte esencial en el SCE son las canalizaciones internas de “backbone”, éstas comunican la “entrada de servicio” con el “cuarto de equipos” y al “cuarto de equipos” con

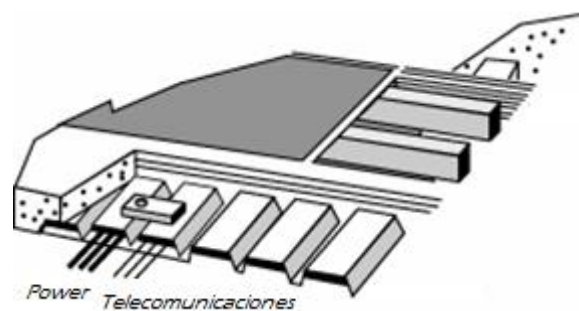


el “cuarto de telecomunicaciones”; estas canalizaciones incluyen escalerillas portacables, bandejas, etc.; otro elemento importante dentro de esta estructura son las canalizaciones horizontales, son aquellas que vinculan el cuarto de telecomunicaciones con los espacios de trabajo destinado al personal de telecomunicaciones, las rutas de cableado horizontal incluyen de igual forma ductos bajo el piso, tubo conduit, charolas o bandejas para cable, rutas de techo falso, entre otros. (TIA-569, 2004)

Entre las canalizaciones que se hace referencia en el estándar TIA-569, se admiten los siguientes tipos:

- **Ductos metálicos de pared**

Consiste en la distribución de ductos empotrados en el concreto es decir que son parte de la obra civil en ellas se puede hacer distinciones para líneas determinadas para telecomunicaciones y energía por separado tal como se muestra en la figura 2. Se recomienda que al menos sea 10 cm el ancho útil de los ductos y la altura nominal mínima de 5 cm. (TIA-942, 2005)



*Figura 2. Ductos bajo piso*

*Referencia: Alvarado. 2007. Proyecto de cableado estructurado y diseño de red BANKCOLOMBIE.*

*(p. 21)*

- **Escalerillas metálicas bajo piso elevado**

Conformado por bandejas ubicadas bajo los modulares de piso y apoyadas sobre pedestales en la figura 3 se puede apreciar un modelo típico, se recomienda medidas

de al menos 10 cm para el ancho útil y la altura nominal mínima de 5 cm. (TIA-942, 2005)



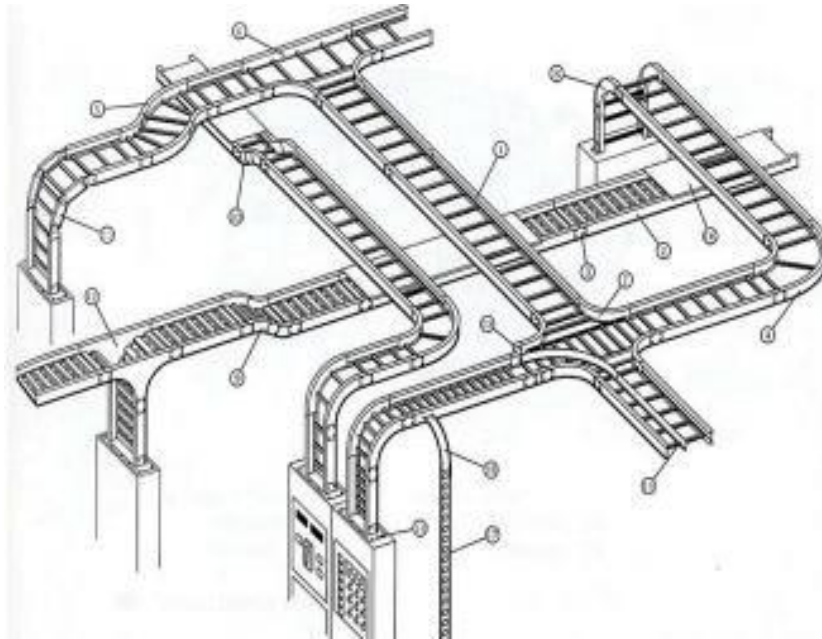
*Figura 3. Canalizaciones bajo piso elevado*

*Referencia: Alvarado. 2007. Proyecto de cableado estructurado y diseño de red BANKCOLOMBIE.*

No es recomendable dejar cables sueltos bajo el piso elevado, por lo que se permite la ubicación de bandejas para cables de telecomunicaciones y eléctricos, pero en su respectivo contenedor.

#### ▪ **Bandejas metálicas**

Un modelo de bandejas metálicas se muestra en la figura 4, son estructuras rígidas metálicas en forma de U que sirven para alojar los cables; generalmente las bandejas van sobre el techo falso y empotradas al techo o losa y se recomienda que la medida desde la superficie de la bandeja hasta el techo sea 30 cm. Y sus medidas de al menos 10 cm en su ancho útil y su altura nominal mínima de 5 cm. (TIA-942, 2005)



*Figura 4. Bandeja portables de telecomunicaciones*

*Referencia: NTE INEN 2 486. 2009. Sistema de bandejas metálicas portables (p. 6)*

#### ▪ **Tubería conduit**

Los medios aptos para contener cables de energía eléctrica son EMT y tubos conduit para cableado de telecomunicaciones y puede usarse alternativamente tubos PVC flexibles, algunas de las alternativas se presentan en la figura 5.



*Figura 5. Medios de contención para cables*

*Referencia: Electro Persa. 2016. Tubería para conducir cableado. <http://goo.gl/3Jmt0J>*

Se toma en cuenta este tipo de materiales para un cuarto de telecomunicaciones ya que presenta características como rigidez y poco peso. (TIA-942, 2005)

### 2.1.1.3. Sistema de climatización

El aspecto de la temperatura y humedad al interior de un cuarto de equipos influye en el desempeño de los artefactos que este contiene, precisamente este punto se centra en dar continuidad al proceso informático, definiendo rangos de los factores de climatización como los mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Tolerancia de temperatura y humedad

	Temperatura en °C	Humedad relativa en %
<b>Rango</b>	18 – 27	40 - 60
<b>Ideal</b>	23	50

Referencia: *International Computer Room Experts Association, 2013, pág. 90*

Una vez definidos los valores a considerar al interior de la sala, se expondrán los equipos y sistemas que ayuden a cumplir este objetivo.

#### 2.1.1.3.1. Equipo de aire acondicionado

Para elegir equipos de climatización previamente hay que hacer una consideración de las distancias, es decir si se tiene una distancia menor a 30 metros entre unidades, se recomienda utilizar sistemas de expansión directa enfriados por aire o llamados también condensadores termodinámicos (aire acondicionado). (HVACR, 2010)

- **Capacidad de sistema**

Es necesario identificar cuál es el equipo adecuado para el actual proyecto, para ello es necesario conocer la capacidad que debe tener este sistema de climatización, para ello se puede determinar empleando la ecuación a continuación:

$$C = 230 * V + (\#P/E * 476) \quad (1)$$

*Ecuación 1. Fórmula para calcular capacidad del sistema de aire acondicionado*

Referencia: *TIA-942. 2005. Estándar para Infraestructura de Telecomunicaciones. (p. 46)*

Donde cada valor representa:

- **230** = Factor Latinoamericano estándar a una temperatura máxima de 40°C con unidades de BTU/hm<sup>3</sup>
- **V** = Volumen del cuarto donde irá instalado el aire acondicionado
- **#P/E** = Representa el número de personas que se encontrarán en el lugar más el número de equipos que emitan calor y estén instalados en este sitio
- **476** = Factor estándar que representa las ganancias y las pérdidas que aportan las personas y los equipos eléctricos, unidad de medida BTU/h.

#### **2.1.1.3.2. CRACS**

Unidad manejadora de aire que puede utilizar refrigerante o agua helada para atenuar el calor, es necesaria la instalación de este equipo ya que la tendencia actual es emplear mayor número de equipos en espacios más pequeños, debido a que los dispositivos de red de comunicaciones y telecomunicaciones vienen cada vez más pequeños y potentes, esta concentración de equipos provoca una gran cantidad de calor, para atenuarlo existe un nuevo planteamiento en el área de equipos, que es que a parte de los equipos de refrigeración se dé un tratamiento especial a la circulación de aire, por lo que se ha adoptado un procedimiento conocido como “pasillo caliente/pasillo frío”.

En la configuración “pasillo caliente/pasillo frío” los gabinetes y racks de los equipos se disponen en filas alternas de pasillos calientes y fríos; como se puede apreciar en la figura 6, en el pasillo frío existen placas perforadas; entonces los gabinetes de los equipos se los colocan frente con frente para que el aire frío llegue al frente de los equipos, en cambio que en los pasillos calientes los armarios se colocan parte trasera con parte trasera, permitiendo que el aire caliente sea expulsado al pasillo caliente, obviamente en el pasillo caliente no existen placas perforadas. (San Miguel, 2005)

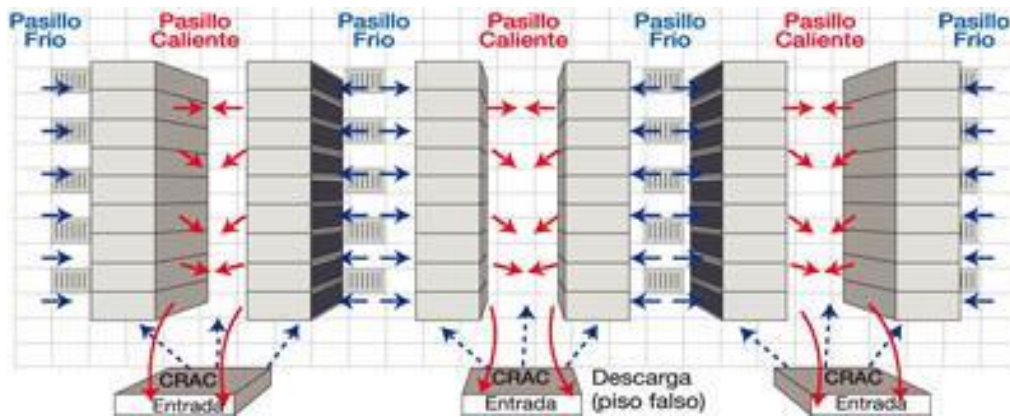


Figura 6. Ubicación técnica de gabinetes en pasillos fríos y calientes

Referencia: TIA-942. 2005. Estándar para Infraestructura de Telecomunicaciones. (p. 38)

### 2.1.1.3.3. Gases refrigerantes

El gas refrigerante que se empleará será ecológico R407c, según los tratados de Montreal y de Kioto a los que está suscrito el Ecuador; donde se determina que todos los equipos que se instalen a partir del 2010, deberán cumplir estrictamente con este requerimiento y no serán aceptados aquellos que utilicen sustancias prohibidas o restringidas. (San Miguel, 2005)

### 2.1.1.4. Instalaciones de seguridad

Esta fase del diseño contempla especificaciones técnicas de aquellos sistemas que mantendrán la integridad física de las personas, información y los equipos que se encuentran dentro del cuarto de equipos de telecomunicaciones.

#### 2.1.1.4.1. Sistemas de detección y extinción de incendios

Al tratar este aspecto es importante que se tome en cuenta que los sistemas de supresión de incendios básicos de agua (rociadores), pueden causar incluso más daños que el fuego propiamente dicho. Los sistemas de supresión de incendios con agente limpio han

vido, por mucho tiempo, la solución que protege equipos valiosos, aparatos electrónicos y artículos irremplazables contra incendios y los efectos perjudiciales del agua.

El agente limpio o agente extintor a utilizarse podrá ser el gas FM 20040 o el ECARO 2541 recomendados por la NFPA 7242 y abalizados por el Convenio de Montreal. Son elementos ecológicos que no afectan la capa de ozono ni a la salud de las personas por actuar mediante un proceso molecular de intercambio de calor sin absorber el oxígeno. (Onofre, 2015)

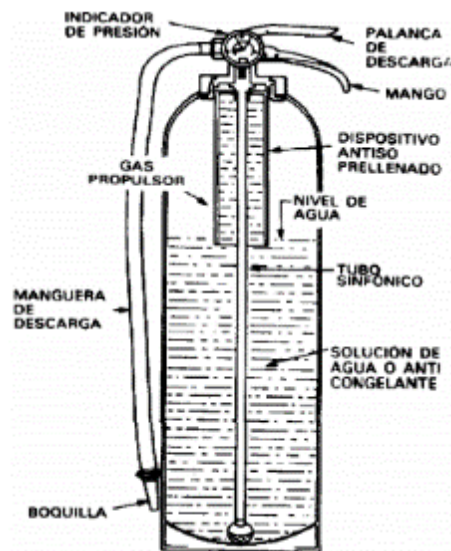
#### **2.1.1.4.2. Extintor de incendios**

En caso de que sucediere un evento de esta clase la extinción del fuego debe ser lo más temprana posible, por lo que se recomienda se instalen extintores portátiles para combatir el fuego, estos artefactos deben cumplir con las siguientes características:

- El extintor debe tener una buena ubicación y óptimas condiciones de funcionamiento.
- El artefacto debe contener el material adecuado para combatir el fuego desencadenado.
- Los operarios en el cuarto de equipos, deben tener conocimiento para emplear adecuadamente el extintor.

Los artefactos extintores de fuego constituyen el plan más ventajoso de defensa contra incendios, deben ser instalados separadamente de cualquier otra medida de intervención. Se dotarán de al menos 1 extintor a cada cuarto de equipos de telecomunicaciones en las estaciones de bombeo y el tipo de extintor que se debe emplear es conforme al fuego que se vaya a combatir, en este caso es un fuego solido proveniente de la quema de maderas, plasticos, tela, entre otros; una vez definido el tipo de fuego se elige el mejor y mas adecuado

método y material de extinción de fuego que es el de agua pulverizada porque en el lugar existe presencia de tensión eléctrica. (Escuder, 2014)



*Figura 7. Dispositivo extintor de fuego de tipo manual*

*Referencia: DEMSA. 2015, Manual de instalaciones contra incendio. (p. 11)*

El dispositivo extintor de fuego para este proyecto es de tipo manual y su capacidad 20 libras, como el que se aprecia en la figura 7.

#### **2.1.1.4.3. Sistema de control de acceso**

Un sistema de control de accesos es indispensable para mantener registrado el ingreso del personal técnico de EMAPA-I al cuarto de equipos de telecomunicaciones. Este sistema será de tipo biométrico y dispondrá de una base de datos autónoma para almacenar la información respectiva del personal autorizado al que se controlará su admisión a la sala de manera permanente, un ejemplo del sistema de control de acceso es el mostrado en la figura 8.





*Figura 8. Control de acceso biométrico*

*Referencia: DEMSA. 2015, Manual de instalaciones de aseguramiento. (p. 71)*

Este sistema contará además con una cerradura electromagnética que estará empotrada en la puerta principal de acceso a la sala, esta a su vez será controlada por el biométrico, permitiendo de esta manera abrir o cerrar la puerta respectivamente.

#### **2.1.1.5. Sistema eléctrico**

Este es el aspecto más importante a tomar en cuenta en el diseño actual de telecomunicaciones ya que de este depende el correcto funcionamiento de los equipos, apenas una fracción de segundo es tiempo suficiente para ocasionar una falla en servidores, comunicaciones, transacciones por eso es que se debe garantizar un suministro de energía confiable, en el presente caso al menos el administrador tendrá tiempo para respaldar la información.

##### **2.1.1.5.1. Generalidades**

El sistema eléctrico para el cuarto de equipos debe mantenerse independiente de cualquier otra carga que se encuentre en el edificio, partiendo esta desde la acometida principal, pero al haber un corte en el suministro eléctrico, el sistema de energía ininterrumpida (UPS) será quien asuma la carga momentáneamente.

#### **2.1.1.5.2. Acometida eléctrica**

Es la entrada del servicio eléctrico y el conjunto de materiales y accesorios empleados en la conexión eléctrica entre el transformador y el medidor, si la acometida es fijada en una pared debe ser de bloque, ladrillo o tener la consistencia suficiente, con un ancho mayor de 15 cm; el calibre del cable conductor empleado en esta fase debe ser no menor a 8 AWG de cobre y optar por calibres menores para el resto de conexiones. (TIA-942, 2005)

#### **2.1.1.5.3. UPS**

Las UPS se activan cuando se produce algún fallo en el sistema eléctrico manteniendo la operatividad de los equipos sin alteraciones, vienen conformadas por rectificador, inversor y baterías internas que proveen el respaldo mencionado a los equipos hasta que regrese el suministro eléctrico. (Murillo Tipán, 2014)

Una UPS debe contar con capacidad suficiente para brindar soporte a los equipos dentro del cuarto de equipos de telecomunicaciones, esta capacidad depende del número de dispositivos que haya en él.

#### **2.1.1.5.4. Puesta a tierra**

La instalación de electricidad del área de equipos debe contar con un sistema de puesta a tierra, conforme a las directrices de la norma EIA/TIA 607, de tal forma que si existen variaciones de voltaje que afectan al sistema eléctrico de la estación de bombeo, tengan una vía directa de descarga hacia tierra, evitando daños en los equipos y a su vez manteniendo la integridad de las personas. El sistema de puesta a tierra obedece a las siguientes recomendaciones:

- No se debe confundir entre el conductor neutro y el conductor de puesta a tierra, ya que el único punto de unión entre ambos será en la acometida de energía eléctrica del edificio, este punto se llama punto de referencia cero.
- La puesta a tierra debe presentar una resistencia mínima de 2 ohms, para determinar este valor se debe medir el valor de resistencia que presenta el suelo y adaptarlo físicamente hasta que se cumpla el valor antes mencionado.
- No emplear las estructuras de las construcciones que no hayan sido diseñadas para este tipo de funciones.
- A parte de la puesta a tierra de seguridad para los equipos debe existir una puesta a tierra atmosférica esta protege a la estructura metálica, en ésta se encuentran bandejas, escalerillas, ductos, etc.
- Considerar el dejar expuesto el punto de registro de forma que la resistencia que presente el sistema de puesta a tierra se mantenga en un valor constante y en buenas condiciones.

Como se mencionó la finalidad del sistema de puesta a tierra es proteger de variaciones al interior y exterior del cuarto. (Joskowicz J. , 2013)

Las consideraciones más necesarias e importantes de infraestructura se han citado anteriormente, a continuación, se realiza un preámbulo para el sistema inalámbrico que consiste la segunda parte del proyecto.

## 2.2. Redes inalámbricas

Una red inalámbrica es aquel sistema de comunicación de datos que proporciona conexión entre dispositivos dentro de la misma área de cobertura, mediante ondas electromagnéticas usando el espacio libre como medio de transmisión.

En la actualidad nos encontramos con tres tipos de redes inalámbricas:

- **WPAN:** redes pensadas para cubrir un área del tamaño de una habitación.
- **WLAN:** redes que cubren el tamaño de una casa, oficina o el espacio de una empresa.
- **WWAN:** redes que cubren el área de una ciudad aproximadamente, por su alcance su uso es providenciado por los ISPs. (Escudero Pascual, 2007)

### 2.2.1. WLAN (Redes Locales Inalámbricas)

En este tipo de redes podemos referirnos al estándar de la IEEE y que engloba todas las características de esta clase de tecnología que es el 802.11 y a su tecnología más reconocida en cuanto a redes inalámbricas locales que es el WiFi.

La actividad del IEEE se realiza a través de grupos de trabajo, quienes se reúnen varias veces al año para discutir y votar por la aprobación o no de las propuestas. En la actualidad varios son los estándares que han sido aprobados y que disfrutan de la aceptación internacional ya que están disponibles casi mundialmente y debido a sus bandas de operación comúnmente llamados enlaces de radio, que es el término utilizado para la porción del espectro electromagnético en la que las ondas pueden ser transmitidas aplicando corriente alterna a una antena; esto abarca el rango de 30 kHz a 300 GHz, pero en el sentido más restringido del término, el límite superior de la frecuencia sería de 1 GHz, por encima del cual hablamos de microondas y ondas milimétricas. (Butler, 2013)

Cuando hablamos de radio, la mayoría de la gente piensa en la radio FM, que usa una frecuencia de alrededor de 100 MHz. Entre la radio y el infrarrojo encontramos la región de las microondas con frecuencias de 1GHz a 300 GHz, y longitudes de onda de 30 cm a 1 mm, como se puede distinguir en la figura 9. El uso más popular de las microondas puede ser el horno de microondas que, de hecho, trabaja exactamente en la misma región que los estándares inalámbricos de los que estamos tratando. Estas regiones caen dentro de las bandas abiertas para el uso general, sin requerir licencia; ésta región es llamada banda ISM, por su sigla en inglés (ISM Band) y en español ICM que significa: Industrial, Científica y Médica.

La mayoría de las otras regiones del espectro electromagnético están estrictamente controladas mediante licencias, siendo los valores de las licencias un factor económico muy significativo. En muchos países, el derecho de uso de una porción del espectro se ha vendido a las compañías de telecomunicaciones en millones de dólares. En la mayoría de los países, las bandas ISM han sido reservadas para el uso sin licencia; por lo tanto, no se debe pagar para usarlas.

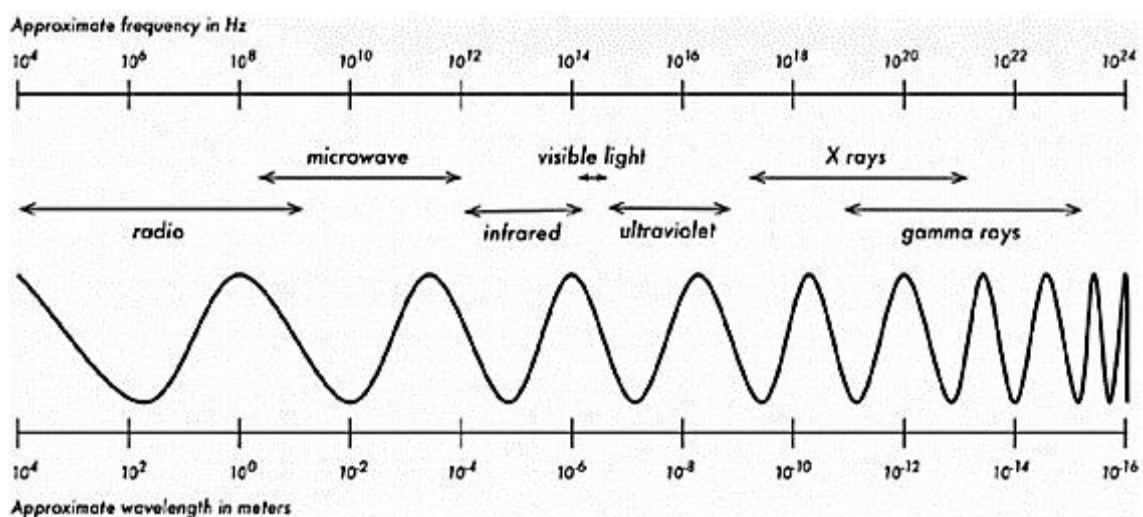


Figura 9. El espectro electromagnético

Referencia: Butler. 2013. *Redes Inalámbricas en los países en desarrollo*. (p. 34)

Las frecuencias más importantes para nosotros son las de 2 400 – 2 495 MHz, usadas por los estándares 802.11b y 802.11g (correspondientes a longitudes de onda de alrededor de 12.5 cm), y las de 5.150 – 5.850 GHz (correspondientes a longitudes de onda de alrededor de 5 a 6 cm), usadas por 802.11a.

#### **2.2.1.1. WiFi Alliance**

La especificación IEEE 802.11 es un estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica (WLAN). Wi-Fi (que significa "Fidelidad inalámbrica", a veces incorrectamente abreviado WiFi) es el nombre de la certificación otorgada por la Wi-Fi Alliance, anteriormente WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), grupo que garantiza la compatibilidad entre dispositivos que utilizan el estándar 802.11. Por el uso indebido de los términos (y por razones de marketing) el nombre del estándar se confunde con el nombre de la certificación. Una red Wi-Fi es en realidad una red que cumple con el estándar 802.11.

A continuación, se mencionan algunas de las ventajas que presenta el utilizar una WLAN inalámbrica (Wi-Fi):

Operación en bandas abiertas y empleo de un canal más ancho.

- Se puede cubrir grandes áreas.
- La velocidad de transmisión es alta, se encuentra en el orden de los Gbps.
- Expansión rápida y escalabilidad.
- Compatibilidad con tecnologías cableadas de gran aceptación como Ethernet.
- Soporta gran número de usuarios simultáneamente conectados.

### 2.2.2. Evolución

Los cambios han sido considerables en los últimos años, los más relevantes son mostrados en la Figura 10.

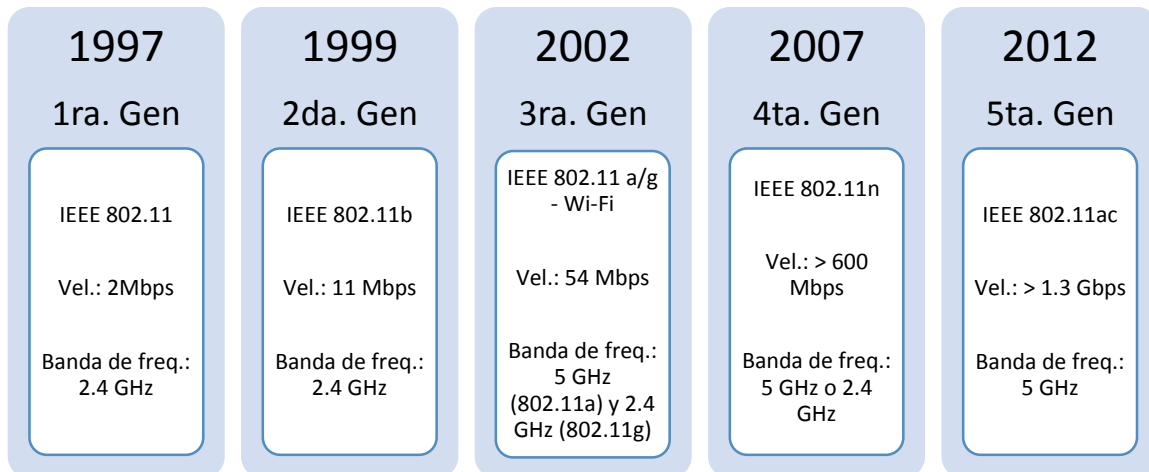


Figura 10. Evolución del estándar IEEE 802.11

Referencia: De Luz, Sergio. 2012. WIFI Alliance. <http://goo.gl/bFjW4D>

En diciembre del 2012, se realiza el lanzamiento oficial del estándar 802.11ac y entre sus principales características esta la mayor velocidad de transferencia 1.3 Gbps, debido al mecanismo que emplea en la transmisión, triple flujo de información de 433 cada uno, opera en la banda de frecuencia de 5 GHz que ofrece mayor número de canales sin interferencia. Otra ventaja incurre en la ampliación del ancho de banda del canal hasta 160 MHz con 8 antenas, implementando la tecnología de múltiples salidas y múltiples entradas (MIMO), lo que desemboca en una conexión mucho más rápida.

### 2.2.3. Comparación

A continuación, en la tabla 2 una presentación de características y prestaciones de cada estándar tomando como variables banda de frecuencia, tasa de transmisión, compatibilidad

entre estándares, ancho de banda, soporte a tecnología MIMO en caso de que si lo soporte el número de canales que maneja:

Tabla 2. Comparación de entre diferentes versiones del estándar 802.11

<b>Versión</b>	<b>Frec. (GHz)</b>	<b>Vel. de Tx (Mbps)</b>	<b>AB (MHz)</b>	<b>Flujos (MIMO)</b>	<b>Compatibilidad</b>
802.11a	5 GHz	54 Mbps	20 MHz	1	NO
802.11b	2.4 GHz	11 Mbps	20 MHz	1	SI (802.11 g)
802.11g	2.4 GHz	54 Mbps	20 MHz	1	SI (802.11 b)
802.11n	2.4 / 5 GHz	600 Mbps	40 MHz	4	SI (802.11 a, b, g)
802.11ac	5 GHz	1300 Mbps	160 MHz	8	SI (802.11 a, n)

Referencia: Muñoz Carlos. 2015. Estándar 802.11ac para redes WIFI. <http://unad80211ac.blogspot.com/>

#### **2.2.4. Componentes**

En la infraestructura de redes inalámbricas que son objeto del presente estudio, hay elementos que son básicos y necesarios y se los detalla a continuación:

##### **2.2.4.1. Antenas**

Una antena es un dispositivo pasivo que emite energía de radio frecuencia (RF), enfoca la energía en un área o en una dirección específica, dependiendo del tipo de antena empleado; para el funcionamiento del sistema inalámbrico trabajan junto con otros dispositivos tales como Access Point o tarjetas de red inalámbricas, el elemento transductor o antena se encarga del envío y recepción de la señal en las redes WLAN, en la figura 11 podemos apreciar los principales tipos de antenas.



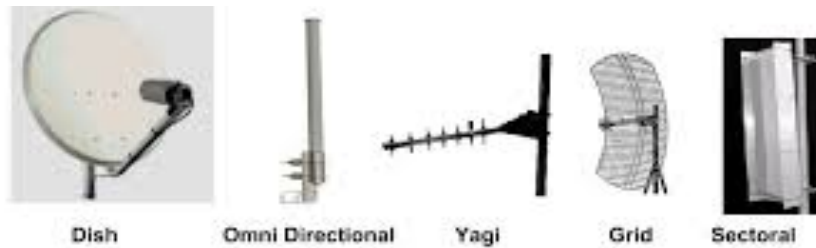


Figura 11. Antenas WLAN

Referencia: Valenzuela Carlos. 2015. Antenas. <http://goo.gl/EBv47P>

### 2.2.4.1.1. Tipos de antenas

Existen básicamente dos tipos de antenas:

- **Omnidireccionales**

Son antenas que proveen cobertura en toda dirección, estas antenas generalmente irradian su señal en forma de toroide, logrando mayor longitud de la señal en horizontal, aunque pierden potencia en vertical, un patrón de muestra de su señal es el de la figura 12.

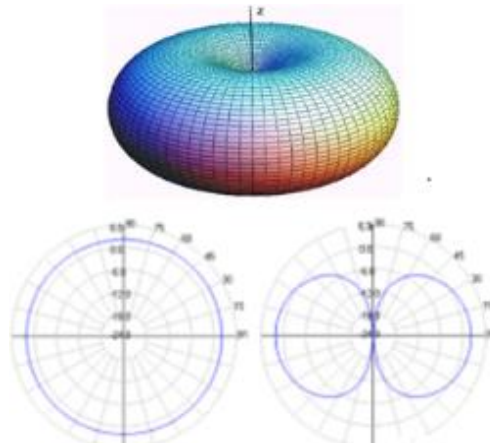
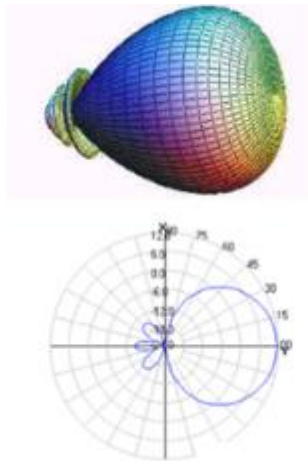


Figura 12. Patrón omnidireccional de radiación de una antena

Referencia: Bataller Miguel Fernando. 2002. Antenas. (p. 19)

- **Direccionales**

Emiten energía de manera que se provea la energía en una sola dirección, al igual que en las antenas omnidireccionales reciben la misma cantidad de potencia sin embargo esta energía es dirigida hacia un punto específico, este tipo de antenas se usan en enlaces punto a punto, un patrón similar a la forma de radiación se muestra en la figura 13.



*Figura 13. Patrón de radiación antena direccional*

*Referencia: Bataller Miguel Fernando. 2002. Antenas. (p. 17)*

#### ▪ Sectoriales

Tipo de antena que combina las mejores características de la antena omnidireccional y la antena direccional, en cuanto al alcance es mayor que la omnidireccional, pero menor que la direccional; en la figura 14 se presenta un patrón de radiación para este tipo de antenas.

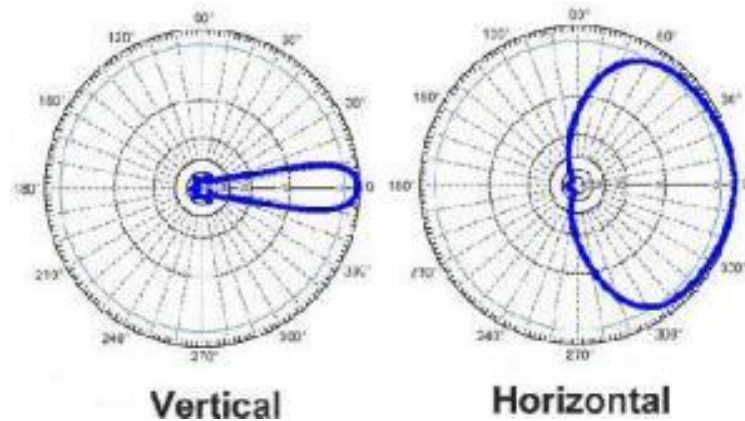


Figura 14. Patrón de radiación de la antena sectorial

Referencia: Bataller Miguel Fernando. 2002, Antenas. (p. 23)

#### 2.2.4.1.2. Diagrama de radiación de la antena

Los parámetros más importantes a considerar del diagrama de radiación en una antena son los siguientes. (Rosero, 2015)

- Dirección de apuntamiento: es la de máxima radiación, directividad y ganancia.
- Lóbulo principal: es el margen angular en torno a la dirección de máxima radiación.
- Lóbulos secundarios: el resto de máximos relativos, de valor inferior al principal.
- Ancho de haz: es el margen angular de direcciones en las que el diagrama de radiación de un haz toma el valor de la mitad del máximo, es decir la dirección en la que la potencia radiada es de 3 dB menos.
- Relación del lóbulo principal a secundario (SLL): es el cociente en dB entre el valor máximo del lóbulo principal y el valor máximo del lóbulo secundario.
- Relación delante-atrás: es el cociente en dB entre el valor de máxima radiación y el de la misma dirección y sentido opuesto.

### 2.2.4.2. Access point

Dispositivo que normalmente está ubicado en un punto central, el AP (access point) controla el tráfico en el medio inalámbrico, este equipo puede estar enlazado a una red cableada creando una extensión de la red, pero en este caso en un medio no guiado, un ejemplo de eso se muestra en la figura 15.



Figura 15. Operación de Access Point

Referencia: Gonzáles. 2014. Modos de funcionamiento de las redes Wi-Fi. <http://goo.gl/15ODma>

### 2.2.5. Tipos de redes WLAN

Una red inalámbrica puede ser de diferentes clases, dependiendo de cómo se ubican física o lógicamente sus componentes y de la función que cada uno de ellos cumple, estos se interconectan entre sí por un medio de comunicación. (Ramón, 2014)

Existen básicamente los siguientes tipos de redes:

- Ad-Hoc: Una red ad hoc es un tipo de red inalámbrica descentralizada que no depende de una infraestructura pre-existente, como routers (redes cableadas) o puntos de acceso (redes inalámbricas administradas); donde los nodos se pueden mover libremente y no bajo la orden de un control central establecido, conforme a lo mostrado en la figura 16.

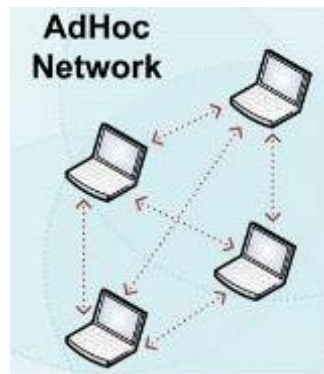


Figura 16. Red Ad-Hoc

Referencia: Fernández, 2015. Modos de funcionamiento de las redes Wi-Fi. <http://goo.gl/ltOKmI>

- **Red Inalámbrica con AP:** este tipo de redes es práctico cuando se tiene varios puntos que deben conectarse a la red de trabajo, la figura 17 muestra que la conexión se dirige desde un punto hacia varios puntos y viceversa. (Muñoz, 2014)

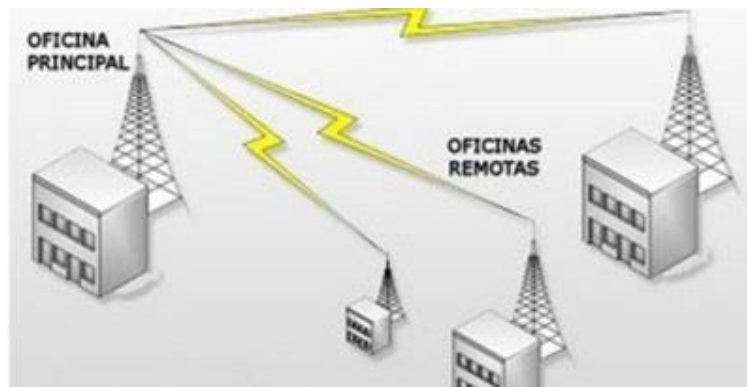


Figura 17. Enlaces punto - multipunto

Referencia: Fernández, 2015. Modos de funcionamiento de las redes Wi-Fi. <http://goo.gl/ltOKmI>

- **AP en modo Bridge:** este tipo de redes aumenta el rango de la red inalámbrica, ampliando la cobertura inalámbrica de otro AP o router inalámbrico, conforme a lo mostrado en la figura 18. Los AP y el router inalámbrico deben estar uno dentro del rango del otro. (Butler, 2013)

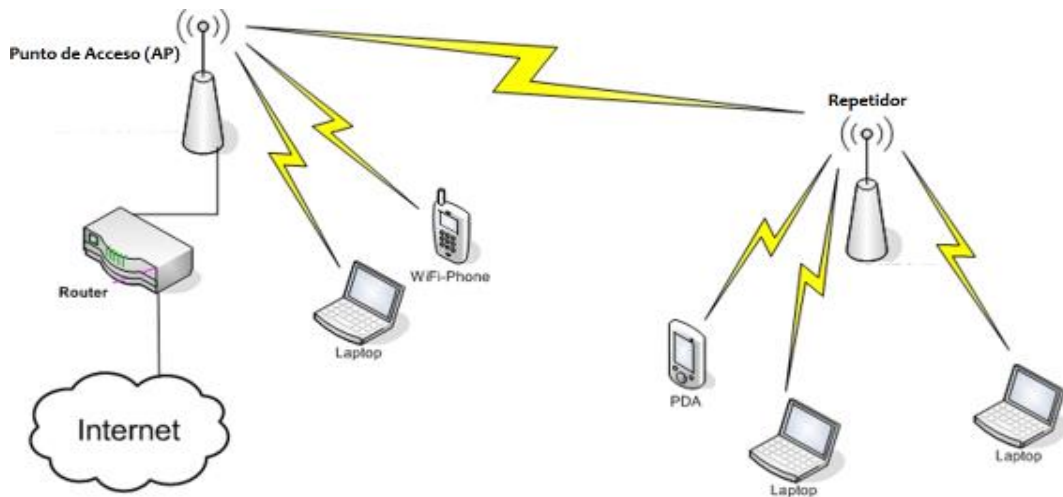


Figura 18. Tipo de red modo Repetidor

Referencia: Fernández. 2015. Modos de funcionamiento de las redes Wi-Fi. <http://goo.gl/ltOKmI>

- **Malla:** este tipo de redes manejan conexiones de tipo todos contra todos, capaces de actualizar y optimizar dinámicamente estas conexiones, tal como se muestra en la figura 19.

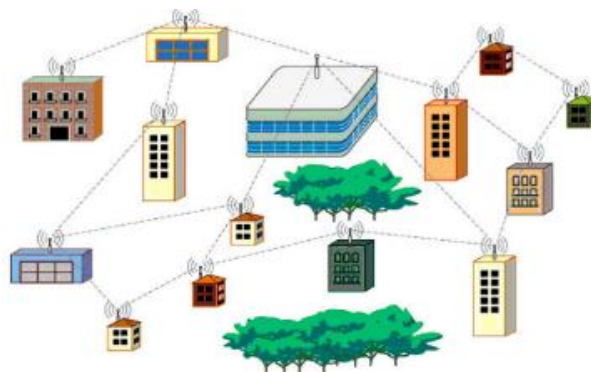
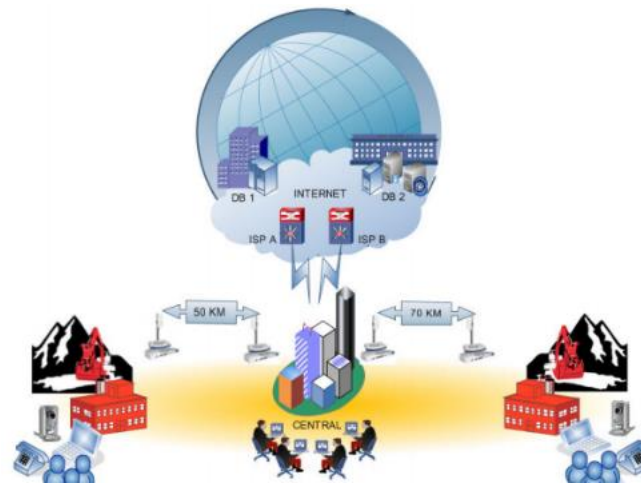


Figura 19. Enlaces tipo malla

Referencia: Fernández. 2015. Modos de funcionamiento de las redes Wi-Fi. <http://goo.gl/ltOKmI>

### 2.2.5.1. Redes de backhaul

Conexión de alta velocidad que conecta equipos de comunicaciones encargados de hacer circular información, los backhaul conectan redes de datos entre sí utilizando diferentes tipos de tecnologías alámbricas o inalámbricas, en la figura 20 se muestra un ejemplo típico de redes backhaul.



*Figura 20. Red de backhaul*

*Referencia: Fernández. 2015. Modos de funcionamiento de las redes Wi-Fi. <http://goo.gl/lfOKmI>*

Este tipo de redes ofrece una solución de transporte confiable, de alta capacidad a largo alcance.

### **2.2.6. Arquitectura**

Para que la tecnología inalámbrica tenga un adecuado desempeño necesita de un conjunto de servicios y dispositivos, que se los trata a continuación:

- **BSS:** El conjunto formado por el punto de acceso y las estaciones ubicadas dentro del área de cobertura se llama conjunto de servicio básico o BSS, se puede ver lo descrito en la figura 21; dichos elementos forman una célula, cada BSS se identifica a través de un BSSID (identificador de BSS) que es un identificador de 6 bytes (48 bits). En el modo infraestructura el BSSID corresponde al punto de acceso de la dirección MAC. (Cañas, 2003)

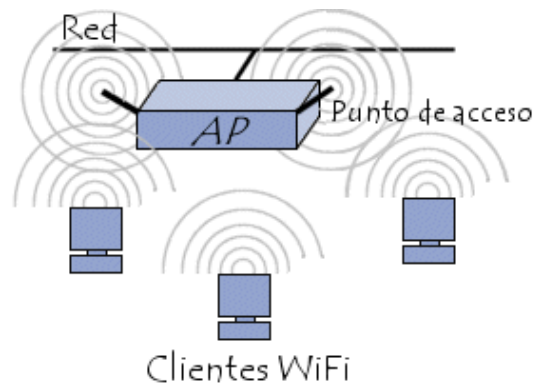


Figura 21. Estructura BSS

Referencia: Cañas. 2003. *Introducción a las redes inalámbricas*. (p. 3)

- **DS:** Es posible vincular varios puntos de acceso juntos (o con más exactitud, varios BSS) con una conexión llamada sistema de distribución (o DS), el sistema de distribución también puede ser una red conectada, un cable entre dos puntos de acceso o incluso una red inalámbrica, se puede consultar la figura 22.
- **ESS:** Es un conjunto de servicio extendido conformado por varios DS o sistemas de distribución, un ESS se identifica a través de un ESSID (identificador del conjunto de servicio extendido), que es un identificador de 32 caracteres en formato ASCII que actúa como su nombre en la red. El ESSID, a menudo abreviado SSID, muestra el nombre de la red y de alguna manera representa una medida de seguridad de primer nivel ya que una estación debe saber el SSID para conectarse a la red extendida.



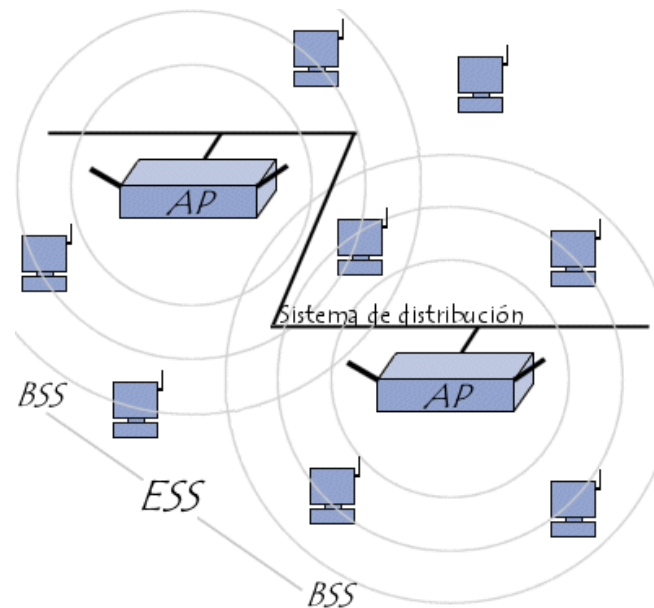


Figura 22. Estructura de un sistema de distribución (DS)

Referencia: Cañas. 2003. *Introducción a las redes inalámbricas*. (p. 3)

### 2.2.6.1. Servicios de la Arquitectura IEEE 802.11

Los servicios en el protocolo inalámbrico 802.11 son gestionados por el DS, éste es quien toma las decisiones de desvío de tráfico a otro AP o reasociarlo a otro BSS, existen básicamente 2 tipos de servicios:

#### 2.2.6.1.1. Servicios de estación

Este conjunto de servicios lo conforman los siguientes elementos:

- **Autenticación:** Define la identidad del dispositivo inalámbrico. Este distintivo permite acceder al dispositivo a la WLAN. La autenticación se realiza mediante una lista de direcciones físicas (MAC Address) definidas en un PA o en una base de datos.
- **Des-autenticación:** Servicio usado para eliminar la identidad, de un dispositivo inalámbrico, previamente conocida. Una vez llevada a cabo el dispositivo no cuenta con acceso a la WLAN.

- **Entrega de datos:** Asegura que los datos sean transmitidos de manera confiable de un dispositivo a otro.
- **Privacidad:** Usado para proteger los datos mientras viajan de un dispositivo a otro a través de la red.

#### 2.2.6.1.2. Servicios de distribución

Este conjunto de servicios se encarga de tomar las decisiones de como los marcos de datos deben ser enviados por la red. Existen diferentes tipos de servicios que conforman a este conjunto. A continuación, será descrito el papel que desempeña cada uno dentro del servicio de distribución:

- **Asociación:** Este servicio es iniciado en cuanto el dispositivo móvil se conecta a un AP. Estableciendo una conexión lógica entre dispositivos y determina la ruta que el sistema de distribución necesita para la entrega de datos.
- **Re-asociación:** Similar al servicio de asociación que incluye además la información actual del servicio. Así, en el caso de roaming, esta información le dice al AP actual cual fue el último AP. Con esto, el nuevo contacta con el anterior para recuperar cualquier dato que se encuentre en espera de ser enviado a su destino.
- **Disociación:** Este servicio es el encargado de deshacer la asociación hecha entre el AP y el dispositivo inalámbrico.

- **Distribución:** Usado por el AP actual para determinar si los datos se envían a otro AP, a un dispositivo inalámbrico o a la red alámbrica.
- **Integración:** Servicio encargado de traducir los datos del formato 802.11 al formato de la red alámbrica y viceversa. (Carlo, 2011)

### 2.2.7. Modelo de referencia

Este estándar cumple con las mismas especificaciones de IEEE 802, es decir que para las capas superiores una red 802.11, debe aparecer como una red LAN común. El estándar 802.11 se denomina originalmente como estándar IEEE para especificaciones MAC y PHY de WLAN, en la figura 23 se muestra los distintos componentes y su relación con el modelo OSI.

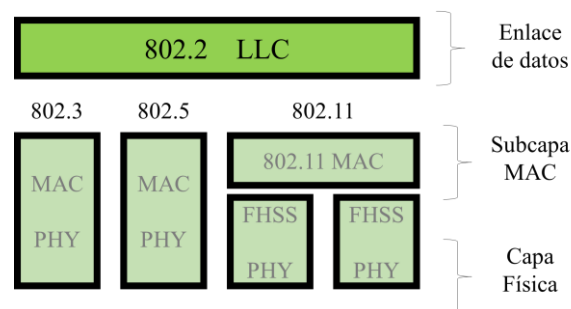


Figura 23. Arquitectura 802.11

Referencia: IEEE Computer Society. 2012. *Telecommunications and information exchange between systems local and metropolitan area networks.* (p. 123)

#### 2.2.7.1. Subcapa MAC

La subcapa MAC del estándar inalámbrico se ha diseñado para soportar unidades de capa física adicionales a medida que se adoptan, dependiendo de la capacidad del espectro y de las nuevas técnicas de modulación. La subcapa Control de Acceso al Medio (MAC), además de ser la encargada de gestionar las reglas que permiten o deniegan el acceso al medio y envío de datos, se encarga de las siguientes funciones:

- Acceso al canal
- Direccionamiento de las PDU
- Formato de las tramas
- Comprobación de errores
- Comprobación y ensamblado de las MSDU
- Autenticación y privacidad para permitir servicios seguros
- Servicios de gestión MAC para permitir roaming dentro de un ESS y para control de potencia de las estaciones

### 2.2.7.1.1. Formato de trama MAC

La trama MAC tiene encapsulados los datos del nivel superior (LLC), cada trama del nivel MAC se compone de un conjunto de campos que mantienen un orden preestablecido como el mostrado en la figura 24.

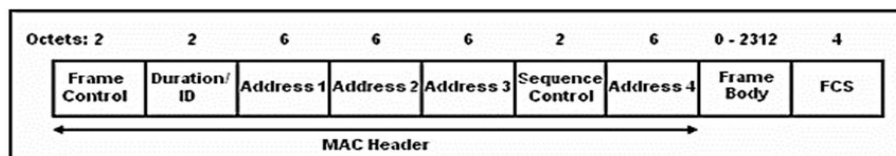


Figura 24. Formato general de trama MAC 802.11

Referencia: Santander Miguel Fernando. 2012, Estándar IEEE 802.11. (p. 14)

Los campos que componen la cabecera MAC son:

- **FRAME CONTROL:** este campo contiene 2 bytes de información de control, en la figura 25 se puede visualizar la distribución de bits para cada campo.

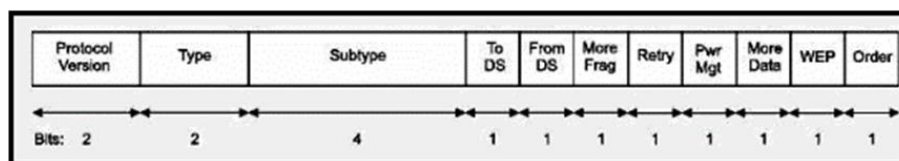


Figura 25. Formato del campo Frame Control

Referencia: Santander Miguel Fernando. 2012, Estándar IEEE 802.11. (p. 14)

- **Protocol versión:** es un campo de longitud 2 bit, su valor por defecto es 0 y todos los demás valores están reservados para versiones futuras del protocolo.
- **Type / Subtype:** el campo Type tiene longitud 2 bit y el Subtype 4 bit. Juntos identifican si la trama es de gestión, de control o de datos. En particular, los valores del campo Type pueden ser 00 que identifica un Management frame, 01 para un Control frame, 10 para un Data frame y 11 si está reservado:

**Trama de datos (Data Frames):** para la transmisión de las unidades informativas.

**Trama de control (Control Frames):** para el control del acceso al medio.

**Trama de gestión (Management Frames):** utilizadas para intercambiar información sobre la gestión de la conexión.

- **To DS:** es un campo de 1 bit, y vale 1 para las tramas destinadas al DS, sino 0.
- **From DS:** es un campo de 1 bit, y vale 1 para las tramas provenientes de un DS, sino un 0.
- **More Fragments:** es un campo de 1 bit, y vale 1 en todas las tramas de datos o de gestión que tienen fragmentos de la MSDU, sino vale 0.
- **Retry:** es un campo de 1 bit, y vale 1 en todas las tramas de datos o de gestión que son retransmitidas en un mismo frame, sino vale 0. Esta información la usan las estaciones receptoras para eliminar las tramas duplicadas.
- **Power Management:** es un campo de 1 bit e indica el estado de energía en la que se encontrará la estación después de haber completado la secuencia de intercambios de tramas.
- **More Data:** es un campo de longitud 1 bit y si está a 1 indica que hay otras MSDU que están para ser enviadas a la estación receptora.

- **WEP:** está puesto a 1 si el campo frame body contiene informaciones que están codificadas mediante algoritmo WEP.
- **Order:** si está puesto a 1 indica a la estación receptora que procese los datos según el orden de llegada.
- **DURATION/ID:** es un campo de longitud 16 bit e indica el tiempo (en microsegundos) por el cual el canal estará ocupado hasta que llegue una transmisión correcta de una MPDU. En las tramas de control de tipo Power Save-Poll el campo contiene un identificador de asociación de la estación que ha transmitido la trama.
- **ADDRESS 1, 2, 3 y 4:** son cuatro campos que contienen una dirección en el formato de la trama MAC y se utilizan para indicar el Basic Service Set Identifier (BSSID), el Destination Address (DA), el Source Address (SA), el Receiver Address (RA) y el Transmitter Address (TA). En la interpretación de los cuatro campos vienen también involucrados los campos To DS y From Distribution System (DS), como en la tabla 3:

Tabla 3. Interpretaciones de los campos Address1, 2, 3 y 4 en función de To DS y From DS.

To DS	From DS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
0	0	DA	SA	BSSID	N/A
0	1	DA	BSSID	SA	N/A
1	0	BSSID	SA	DA	N/A
1	1	RA	TA	DA	N/A

Como se puede ver, si los campos To DS=0 y From DS=0, equivale decir que el DS no está involucrado en la comunicación. En el Address 1 se encuentra la dirección MAC de la estación destinataria y en el Address 2 la de la estación emisora. Así como, el Address 3 contiene el BSSID (que equivale a la dirección del AP en las redes ESS y a un número casual en las IBSS) y, por último, el Address 4 no se utiliza. De modo análogo se interpretan los demás casos.

- **SEQUENCE CONTROL:** es un campo de 16 bit que a su vez está formado por dos campos, como se puede ver en su formato expuestos en la figura 26:

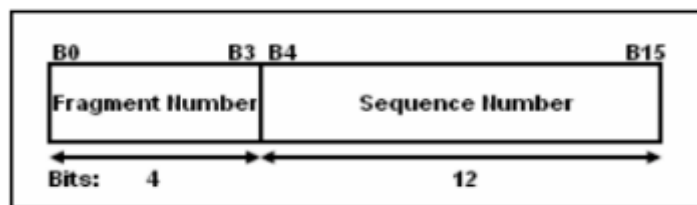


Figura 26. Campo Sequence Control

Referencia: Santander Miguel Fernando. 2012, Estándar IEEE 802.11. (p. 17)

- **Sequence Number:** indica el número de secuencia de una MSDU que le viene atribuido por un contador de incremento unitario 4096. El Sequence Number permanece invariante en todas las retransmisiones y para todos los fragmentos de una MSDU.
- **Fragment Number:** indica el número del fragmento de una MSDU. Vale 0 para el primer fragmento y se queda igual en todas las retransmisiones del mismo segmento.

Una trama muy larga puede ser dividida en fragmentos más pequeños (figura 27), cada uno de los cuales es transmitido de manera independiente a los otros y, por tanto, requiere de un propio ACK: el beneficio es evidente en el caso de intentos de transmisiones, algunas de las cuales, fallidas. Se hace entonces necesario retransmitir el

único fragmento erróneo y no el entero MSDU. El inconveniente está representado en el aumento del overhead.

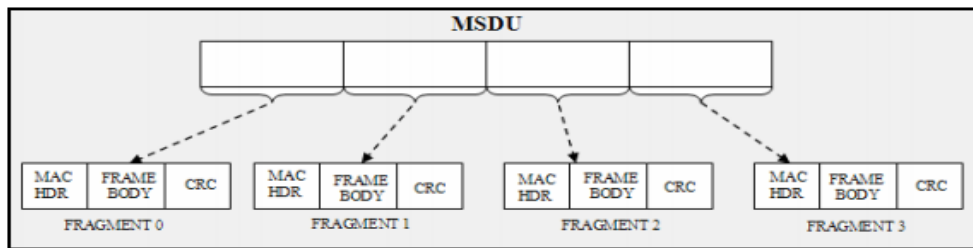


Figura 27. Fragmentación de una trama

Referencia: Santander Miguel Fernando. 2012, Estándar IEEE 802.11. (p. 18)

- **FRAME BODY:** es un campo de longitud variable; su longitud mínima es de 0 byte y la máxima de 2312 byte. Estas contienen información específica al tipo de trama.
- **FCS:** campo de 32 byte que contiene el código CRC a 32 bit que viene calculado sobre todos los campos de la cabecera más el campo Frame Body.

#### 2.2.7.1.2. Descripción funcional de MAC

La arquitectura MAC del estándar 802.11 se muestra en la figura 28 y se compone de dos funcionalidades básicas:

- La función de coordinación distribuida (DCF)
- La función de coordinación puntual (PCF)



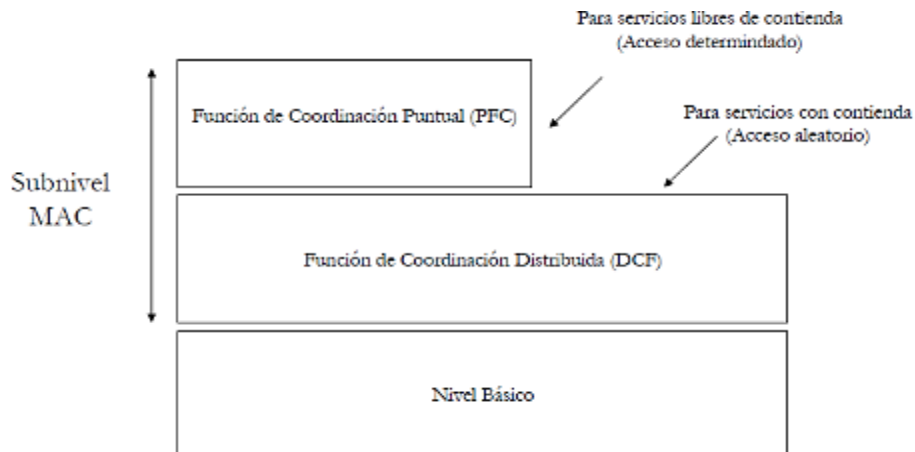


Figura 28. Funcionalidades de subcapa MAC

Referencia: Santander Miguel Fernando. 2012, Estándar IEEE 802.11. (p. 8)

### 2.2.7.1.3. DCF Función de coordinación distribuida

Se define Función de Coordinación Distribuida como la función que determina el momento en que una estación puede transmitir y/o recibir unidades de datos de protocolo a nivel MAC a través del medio inalámbrico. En el nivel inferior del subnivel MAC se encuentra la función de coordinación distribuida y su funcionamiento se basa en técnicas de acceso aleatorias de contienda por el medio. El tráfico que se transmite bajo esta funcionalidad es de carácter asíncrono ya que estas técnicas de contienda introducen retardos aleatorios y no predecibles ni tolerados por los servicios síncronos. Las características de DCF se resumen como las siguientes:

- Utiliza MACA (CSMA/CA con RTS/CTS) como protocolo de acceso al medio.
- Reconocimientos necesarios ACKs, provocando retransmisiones si no se reciben.
- Utiliza el campo Duration/ID que contiene el tiempo de reserva para transmisión y ACK. Esto quiere decir que todos los nodos sabrán al escuchar cuando el canal vuelva a quedar libre.
- Implementa fragmentación de datos y concede prioridad a tramas mediante el espaciado entre tramas (IFS).

- Soporta Broadcast y Multicast sin ACKs.

#### **2.2.7.1.4. Protocolo de Acceso al medio CSMA/CA y MACA.**

El algoritmo básico de acceso a este nivel es muy similar al implementado en el estándar IEEE 802.3 y se le conoce como CSMA/CA. Este algoritmo funciona como se describe a continuación, consultar figura 29.

- a) Antes de transmitir información a una estación debe analizar el medio, o canal inalámbrico, para determinar su estado (libre / ocupado).
- b) Si el medio no está ocupado por ninguna otra trama la estación ejecuta una acción adicional llamada espaciado entre tramas (IFS).
- c) Si durante este intervalo temporal, o bien ya desde el principio, el medio se determina ocupado, entonces la estación debe esperar hasta el final de la transacción actual antes de realizar cualquier acción.
- d) Una vez finalizada esta acción como consecuencia del medio ocupado la estación ejecuta el algoritmo de Backoff, según el cual se determina una espera adicional y aleatoria escogida uniformemente en un intervalo llamado ventana de contienda (CW). El algoritmo de Backoff nos da un número aleatorio y entero de ranuras temporales (slot time) y su función es la de reducir la probabilidad de colisión que es máxima cuando varias estaciones están esperando a que el medio quede libre para transmitir.
- e) Mientras se ejecuta la espera marcada por el algoritmo de Backoff se continúa escuchando el medio de tal manera que si el medio se determina libre durante un tiempo de al menos IFS esta espera va avanzando temporalmente hasta que la estación consume todas las ranuras temporales asignadas.

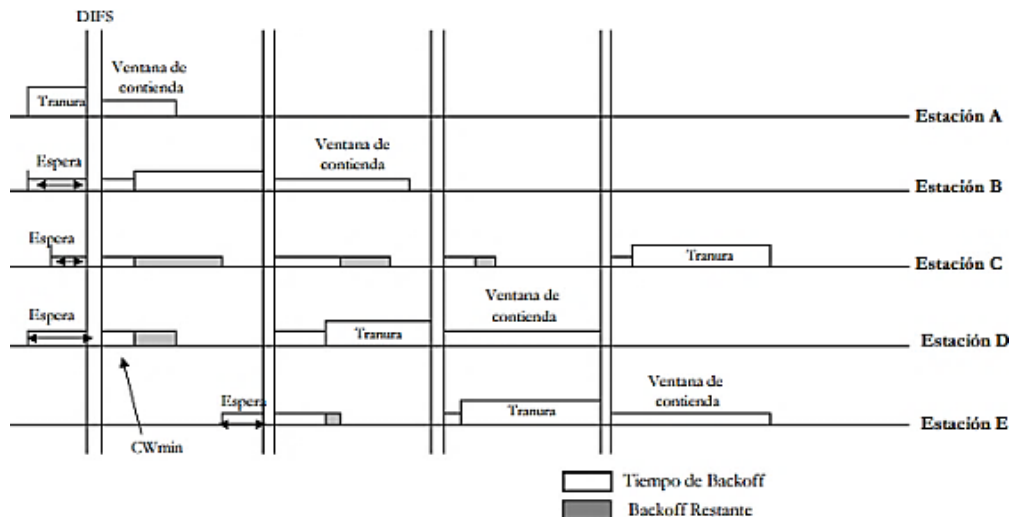


Figura 29. Ejemplo de funcionamiento de acceso CSMA / CA.

Referencia: Santander Miguel Fernando. 2012, Estándar IEEE 802.11. (p. 9)

### 2.2.7.1.5. Espaciado entre tramas IFS.

El tiempo de intervalo entre tramas se llama IFS. Durante este periodo mínimo, una estación STA estará escuchando el medio antes de transmitir. Se definen cuatro espaciados para dar prioridad de acceso al medio inalámbrico y se muestran en la figura 30.

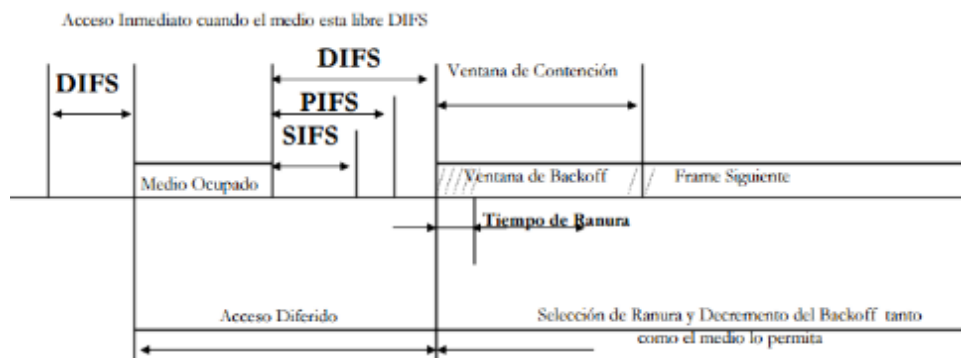


Figura 30. Espaciado entre tramas IFS

Referencia: Santander Miguel Fernando. 2012, Estándar IEEE 802.11. (p. 9)

- **SIFS (Short IFS).** Este es el periodo más corto. Se utiliza fundamentalmente para transmitir los reconocimientos. También es utilizado para transmitir cada uno de los fragmentos de una trama. Por último, es usado por el PC o Point Control para enviar testigo a estaciones que quieran transmitir datos síncronos

- PIFS (PCF). Es utilizado por STAs para ganar prioridad de acceso en los periodos libres de contienda. Lo utiliza el PC para ganar la contienda normal, que se produce al esperar DIFS.
- DIFS (DCF). Es el tiempo de espera habitual en las contiendas con mecanismo MACA. Se utiliza para el envío de tramas MAC MPDUs y tramas de gestión MMPDUs.
- EIFS (Extended IFS). Controla la espera en los casos en los que se detecta la llegada de una trama errónea. Espera un tiempo suficiente para que le vuelvan a enviar la trama u otra solución.

#### **2.2.7.1.6. PFC Función de Coordinación Puntual.**

Por encima de la funcionalidad DCF se sitúa la función de coordinación puntual PCF, asociada a las transmisiones libres de contienda que utilizan técnicas de acceso deterministas. El estándar IEEE 802.11, en concreto, define una técnica de interrogación circular desde el punto de acceso para este nivel. Esta funcionalidad está pensada para servicios de tipo síncrono que no toleran retardos aleatorios en el acceso al medio.

Estos dos métodos de acceso pueden operar conjuntamente dentro de una misma celda o conjunto básico de servicios dentro de una estructura llamada supertrama. Una parte de esta supertrama se asigna al periodo de contienda permitiendo al subconjunto de estaciones que lo requieran transmitir bajo mecanismos aleatorios. Una vez que finaliza este periodo el punto de acceso toma el medio y se inicia un periodo libre de contienda en el que pueden transmitir el resto de estaciones de la celda que utilizan técnicas deterministas, se puede encontrar un esquema de lo mencionado en la figura 31.

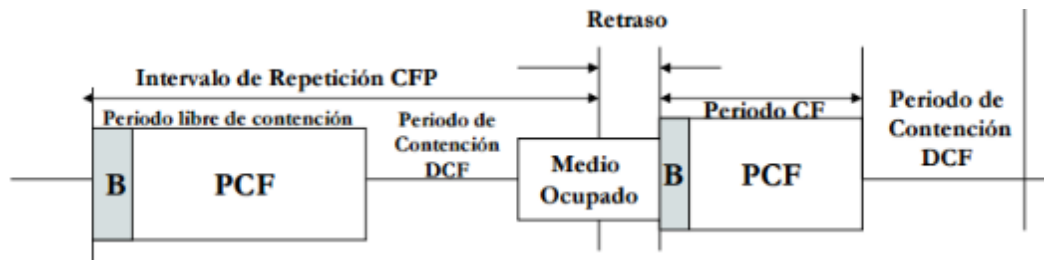


Figura 31. Función de coordinación puntual

Referencia: Santander Miguel Fernando. 2012, Estándar IEEE 802.11. (p. 11)

### 2.2.7.2. Capa Física

La capa física es la primera gran diferencia entre una WLAN y una LAN cableada, el principio radica en que los datos son propagados a través del aire por ondas electromagnéticas (WLAN) y las otras transmiten datos por señales eléctricas a través de medios guiados (LAN).

#### 2.2.7.2.1. Subcapa PLCP y PMD

La capa física se divide en 2 sub capas, como lo mostrado en la figura 32.

- Physical Layer Convergence Procedure (PLCP), contiene un método de acondicionamiento de tramas que consiste en añadirle un preámbulo y una cabecera, empleado para control y sincronismo del envío.
- Physical Medium Dependent (PMD), entrega el medio de envío y recepción de datos, la finalidad de definir las bandas de frecuencia es saber si se usan bandas reservadas ISM o bandas libres UNII y conjuntamente la técnica de modulación de espectro ensanchado de la señal de frecuencia, entre ellas DSSS, FHSS y OFDM.

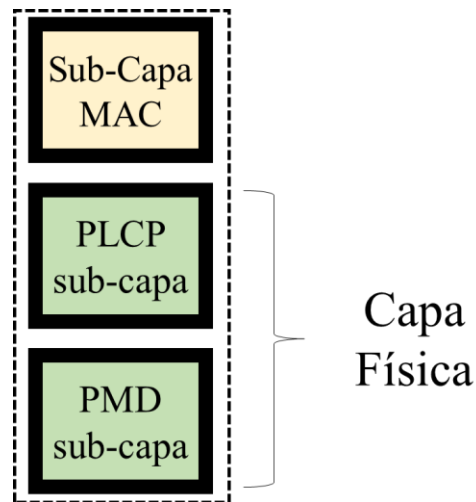


Figura 32. Subdivisión de capa física (PHY)

Referencia: IEEE Computer Society. 2012. *Telecommunications and information exchange between systems local and metropolitan area networks.* (p. 150)

#### 2.2.7.2.2. Técnicas de transmisión en radio frecuencia

A medida que los datos se codifican más eficientemente, se logran tasas o flujos de bits mayores dentro del mismo ancho de banda, pero se requiere hardware más sofisticado para manejar la modulación y la demodulación de los datos.

- **FHSS:** Espectro esparcido por salto de frecuencia, se basa en el concepto de transmitir sobre una frecuencia por un tiempo determinado, después aleatoriamente saltar a otra.
- **DSSS:** Espectro esparcido por secuencia directa, el DSSS implica que, para cada bit de datos, una secuencia de bits (llamada secuencia pseudoaleatoria, identificada en inglés como PN) debe ser transmitida. Cada bit correspondiente a un 1 es substituido por una secuencia de bits específica y el bit igual a 0 es substituido por su complemento. El estándar de la capa física 802.11 define una secuencia de 11 bits (10110111000) para representar un “1” y su complemento (01001000111) para

representar un “0”. En DSSS, en lugar de esparcir los datos en diferentes frecuencias, cada bit se codifica en una secuencia de impulsos más cortos, llamados chips.

- **OFDM:** Modulación por división de frecuencias ortogonales, algunas veces llamada modulación multitono discreta (DMT) es una técnica de modulación basada en la idea de la multiplexación de división de frecuencia (FDM). FDM, que se utiliza en radio y TV, se basa en el concepto de enviar múltiples señales simultáneamente, pero en diversas frecuencias. En OFDM, un sólo transmisor transmite en muchas (de docenas a millares) frecuencias ortogonales. El término ortogonal se refiere al establecimiento de una relación de fase específica entre las diferentes frecuencias para minimizar la interferencia entre ellas. Una señal OFDM es la suma de un número de subportadoras ortogonales, donde cada subportadora se modula independientemente usando QAM (modulación de fase y amplitud) o PSK (modulación de fase). Esta técnica de modulación es la más común a partir del 2005.

#### **2.2.8. Estándar IEEE 802.11ac**

El estándar IEEE 802.11ac forma parte de una familia de protocolos, el padre de todas subdivisiones es el estándar IEEE 802.11x, a su vez este último forma parte de la familia IEEE 802 que consiste en un conjunto de tecnologías de redes LAN; técnicamente 802.11ac es un estándar inalámbrico que ha tenido gran auge en la última década, algunas de las características del mencionado estándar las mencionamos a continuación:

##### **2.2.8.1. Multiple-Input Multiple-Output (MIMO)**

MIMO es la tecnología más usada hoy en día para comunicaciones inalámbricas, el uso de MIMO tiene el enfoque de mejorar la velocidad de transmisión, obtenida a través de la multiplexación espacial empleando para ello múltiples antenas tal como se representa en la

figura 33, que transmiten múltiples señales simultáneamente y a la misma frecuencia, por un solo canal paralelamente que aplica la propagación multitrayecto para incrementar la eficiencia espectral y la velocidad de transmisión del sistema de comunicación. (Vela Remache, 2015)

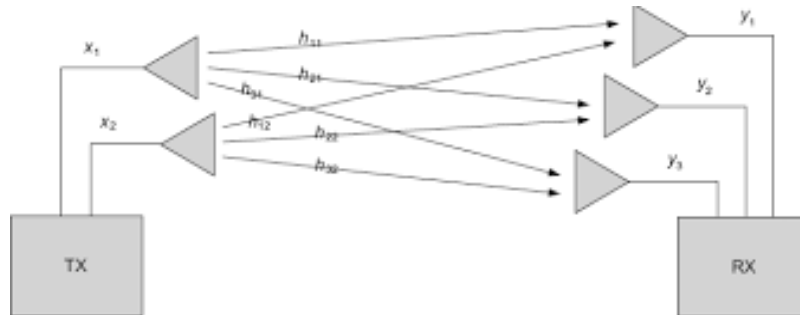


Figura 33. Representación de tecnología MIMO

Referencia: ARUBA NETWORKS. 2014. 802.11ac IN-DEPTH. (p. 13)

### 2.2.8.2. Incremento en los canales

La utilización de canales de radio más anchos permite que la velocidad de transferencia se incremente considerablemente. El estándar 802.11ac trabaja en la banda de 5GHz la cual, a diferencia de la banda de 2,4GHz, presenta grandes beneficios, tales como: mayor cantidad de canales no solapados y mayor cobertura debido a la existencia de menor interferencia y atenuación del medio.

802.11ac puede utilizar un ancho de canal de 80MHz o hasta 160MHz por cada Stream, en lugar de los 40MHz que otorga el actual 802.11n. De este modo, se duplica el ancho de canal para aumentar la velocidad.

Adicionalmente, es posible utilizar la tecnología Channel Bonding, la cual permite combinar dos canales independientes, y de este modo conseguir un mayor ancho de banda.



### **2.2.8.3. Modulación**

El estándar 802.11ac ahora emplea 256QAM (Modulación de amplitud en cuadratura, por sus siglas en inglés, Quadrature Amplitud Modulation), lo que significa altas tasas de transferencia de datos. (LOGICALIS, 2015)

### **2.2.8.4. WI-FI largo alcance**

La tecnología inalámbrica definida por el estándar IEEE 802.11, se ha convertido en la más apta para enlaces inalámbricos ya que presenta múltiples ventajas como bajo costo, uso de frecuencias libres, ancho de banda y gran alcance en sus enlaces de radio punto a punto.

### **2.2.8.5. Funcionamiento capa física en largas distancias**

El factor más importante a considerar es el nivel de la señal de transmisión, si la potencia de la señal de transmisión es suficiente para cubrir la distancia entonces el enlace es viable, el proceso mediante el cual se analiza la factibilidad o no del enlace se llama presupuesto de enlace, además se consideran factores como ganancia de las antenas, pérdidas en cables y conectores. (Butler, 2013)

El balance de un enlace inalámbrico para que sea factible, se logra mejorando algunos parámetros como la ganancia de las antenas, la máxima potencia, las pérdidas en propagación, la sensibilidad de recepción. La máxima potencia de transmisión se determina analizando la potencia en milivatios (mW) o en dBm que posee los radios 802.11 y generalmente oscilan entre un mínimo rango de 30 mW o 15 dBm a un rango máximo de 1000 mW o 30 dBm.

### **2.2.9. Presupuesto de Enlace**

El balance de potencia es un punto fundamental en cualquier sistema de comunicaciones, donde se toma en cuenta muchos valores y cálculos para evidenciar lo viable de un sistema

inalámbrico, sumatoria de potencias, ganancias y las pérdidas del sistema en el espacio libre en dirección al transmisor o al receptor; un sistema básico de transmisión inalámbrica constaría de dos radios donde cada uno cuenta con su antena y separados una distancia determinada que es el recorrido a ser cubierto, figura 34.

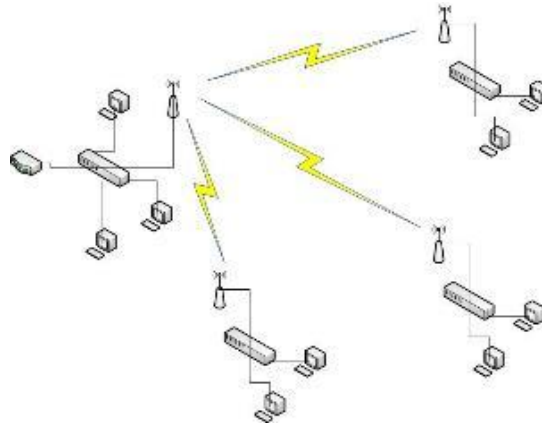


Figura 34. Representación de un sistema inalámbrico básico

Referencia: Preston Gralla. 2006. *Funcionamiento de redes inalámbricas*. (p. 26)

Existen varios factores a considerar en el establecimiento de un enlace inalámbrico, lo que produce que las señales puedan o no ser transmitidas de forma íntegra, los factores que se deben considerar son, ver Figura 35.

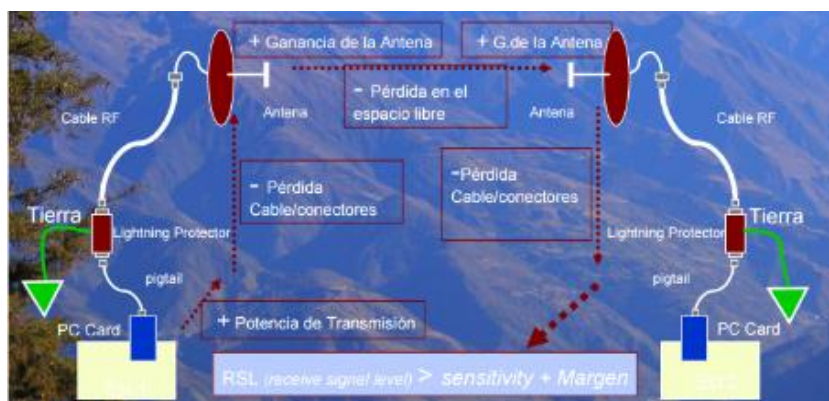


Figura 35. Consideraciones en el establecimiento de un enlace inalámbrico

Referencia: Pietrosemoli Ermanno. 2007. *Diseño de radioenlaces*. (p. 22)

- **Impedancia de entrada:** es la impedancia de la antena entre sus terminales, se representa por la relación entre la tensión y la corriente de entrada, la impedancia

es un número complejo donde la impedancia, concretamente es la resistencia de la antena.

- **Ganancia:** es un factor que indica en donde existe la mayor concentración de radiación de una antena.
- **Eficiencia:** es la relación entre la potencia radiada y la potencia entregada a la antena.
- **Directividad:** se representa como la relación entre la intensidad de radiación de una antena en la dirección del máximo y la intensidad de radiación de una antena isotrópica que radia con la misma potencia total
- **Sensibilidad del receptor:** esta referenciado por el mínimo valor que necesita el radio en la recepción para poder decodificar/extraer la señal recibida, esto da la pauta para consumir la idea que mientras más baja sea la sensibilidad del radio tendrá una mejor recepción.
- **Pérdidas por atenuación:** tanto en los cables y conectores, la señal se atenúa un porcentaje, es decir que baja su intensidad con respecto a la señal que suministró el radio al inicio del proceso de transmisión, por ejemplo, la pérdida en cables coaxiales cortos incluyendo conectores es bastante baja oscila entre 2-3 dB.
- **Pérdidas en el espacio libre:** las ondas electromagnéticas viajan a través del espacio abierto, es también en este lapso donde la intensidad de la señal disminuye, esta atenuación se describe como FSL, pérdida en el espacio libre, a mayor distancia se incrementa la pérdida de la señal. (Pietrosemoli E. , 2007)

El cálculo de las pérdidas en el espacio libre se realiza de la siguiente manera, ver figura 36.

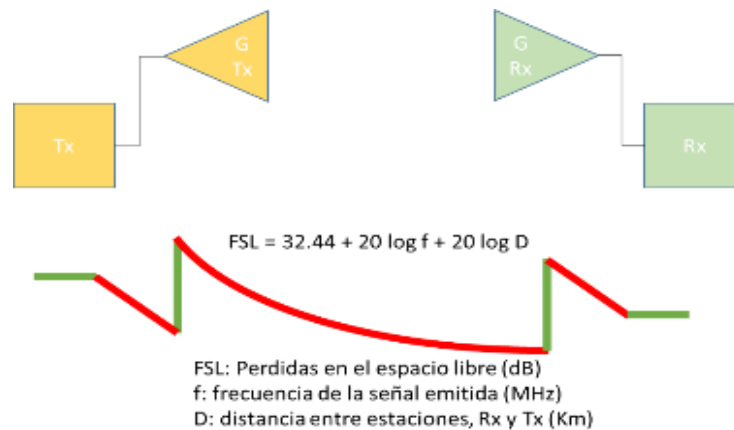


Figura 36. Cálculo de pérdidas en el espacio libre

Referencia: ICTP. 2011. Balance de potencia. (p. 7)

La fórmula para el cálculo de pérdidas en el espacio, es la mostrada en la ecuación 2:

$$FSL = 32.44 + 20 \log f + 20 \log D \quad (2)$$

Ecuación 2. Cálculo de pérdidas en el espacio libre

Referencia: ICTP. 2011. Balance de potencia. (p. 7).

### 2.2.9.1. PIRE

Es la potencia isotrópica radiada efectiva o en inglés effective isotropic radiated power (EIRP), es un valor que se considera para antenas ideales o isotrópicas. Entonces el PIRE se considerará como un valor máximo de la potencia radiada, viene representado por la fórmula siguiente:

$$PIRE = P_{tx} - L + G_{ant-tx} \quad (3)$$

Ecuación 3. Calculo del PIRE

Referencia: Vela Pablo. 2015. Estudio y diseño de un radioenlace. (p. 49)

Donde:

**P<sub>tx</sub>**: potencia de la antena transmisora

**L**: pérdidas en cables y conectores.

**G<sub>ant-tx</sub>**: ganancia de la antena transmisora.

### 2.2.9.2. Zona de Fresnel

Las zonas de Fresnel ayudan a determinar posibles obstáculos que pueden causar un perjuicio a la transmisión inalámbrica, su forma es un elipsoide concéntrico que rodea al rayo directo del enlace, se define a partir de la posición de la antena receptora y transmisora, la primera Zona de Fresnel es la más crítica, ya que es donde se concentra la mayor parte de la potencia de la señal, entonces si el nivel de despeje de la primera zona de Fresnel es igual o mayor a 0.6, la atenuación es mínima.

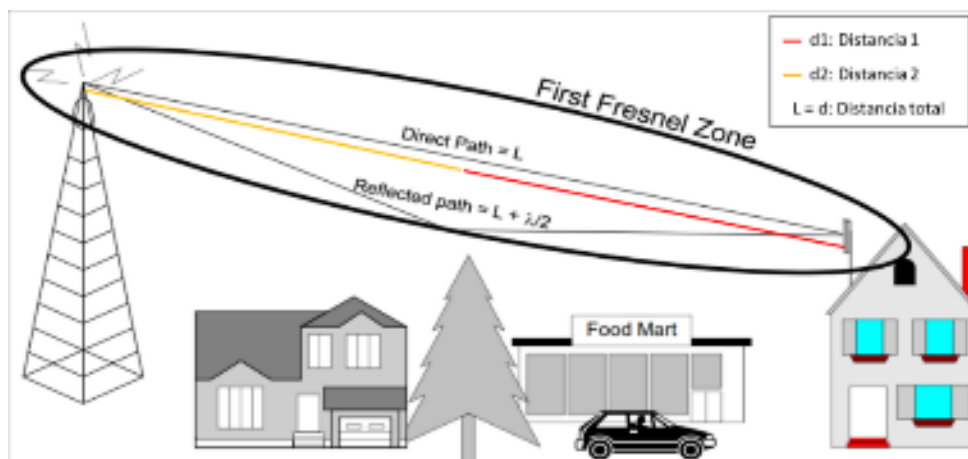


Figura 37. Representación gráfica de la primera zona de Fresnel

Referencia: Pietrosevoli Ermanno. 2007. *Diseño de radioenlaces*. (p. 22)

Radio de la primera zona de Fresnel expresada en metros, conforme a la siguiente fórmula:

$$F1 = 17,3 \sqrt{\frac{d1 \times d2}{d \times f}} \quad (4)$$

Ecuación 4. Ecuación de cálculo, radio de la primera Zona de Fresnel

Referencia: Coimbra Edison. 2010. *Cálculo de radioenlace terrestre*. (p. 7)

Donde:

F1 = radio de la primera Zona de Fresnel (m)

d1 = distancia de la antena al obstáculo uno (Km)

d2 = distancia de la antena al obstáculo dos (Km)

$d$  = distancia total, separación entre transmisor y receptor (Km)

$f$  = frecuencia de transmisión de las antenas (GHz)

### 2.2.9.3. Distancia de despeje

En la práctica es suficiente con librar el 60% de la primera Zona de Fresnel, en realidad es necesario comprobar que este despeje se cumpla a lo largo de toda la trayectoria de propagación ya que se pueden presentar obstáculos como árboles, edificios, montañas entre otros, por lo que se debe hacer una comparación entre las distancias, en la figura 38 se hace una explicación para dejar en claro este concepto.

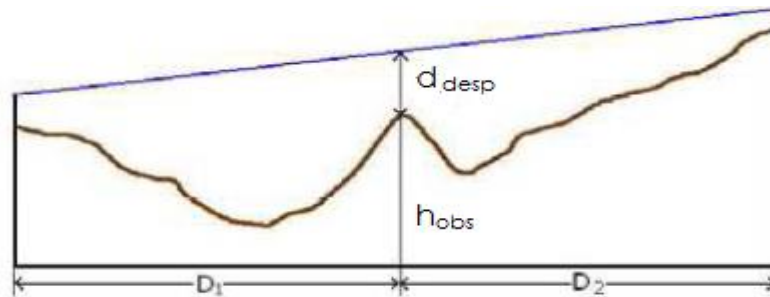


Figura 38. Distancia de despeje en relación línea de vista-obstáculo

Referencia: Gonzáles Favio. 2015. Estudio y diseño de un radioenlace. (p. 56)

En la figura se puede apreciar la variable distancia de despeje ( $d_{\text{desp}}$ ) que en los cálculos debe ser mayor a  $0.6F_1$ , es decir mayor al 60% de la primera zona de Fresnel. El cálculo de la distancia despeje, dados varios datos se fundamenta en la ecuación 5:

$$d_{\text{desp}} = h_1 + \frac{d_1}{d_1 + d_2} (h_2 - h_1) - \left( h_{\text{obs}} + \frac{d_1 * d_2 * 1000}{2 * k * a} \right) \quad (5)$$

Ecuación 5. Cálculo de distancia de despeje desde el obstáculo hasta la línea de vista

Referencia: Vela Pablo. 2015. Estudio y diseño de un radioenlace. (p. 60)

Donde:

$h_1$  = altura estación transmisora desde el nivel del mar (incluyendo la torre) [m]

$h_2$  = altura estación receptora desde el nivel del mar (incluyendo la torre) [m]

$h_{obs}$  = altura del obstáculo desde el nivel del mar [m]

$d$  = distancia total del enlace [Km]

$d_1$  = distancia desde el transmisor hasta el obstáculo [Km]

$d_2$  = distancia desde el receptor hasta el obstáculo [Km]

$k$  = coeficiente de radio de curvatura de la Tierra

$a = 6370$  m, radio promedio de la Tierra

#### 2.2.9.4. Cálculo de presupuesto del Enlace

El objetivo es llegar al receptor con una potencia suficientemente mayor que el ruido, de forma que se garantice una determinada tasa de error en la transmisión de información, identificando valores característicos de equipos, condiciones climáticas y elementos que incurren en el balance de la potencia.

En la figura 39, se muestra un diagrama que facilitará la identificación de los parámetros con su respectiva ecuación:

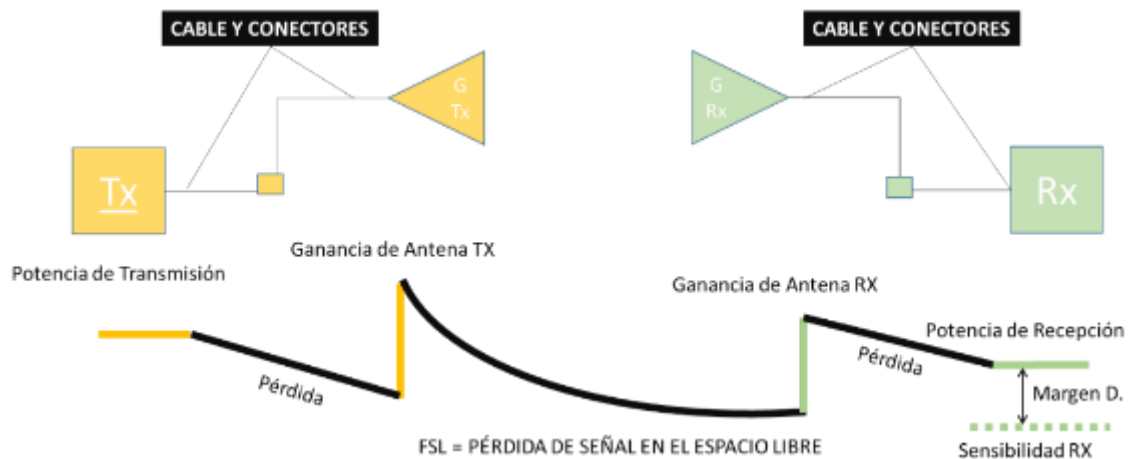


Figura 39. Diagrama de factores para cálculo de presupuesto de un enlace

Referencia: Pietrosevoli Ermanno. 2007. *Diseño de radioenlaces*. (p. 15)

El empleo de los parámetros representados en la figura 39, para efecto de cálculos matemáticos se plasma en la siguiente fórmula matemática:

(3)

$$PRx = Pot(TX) - Per(cables/con) + G(AntTX) - FSL + G(AntRX) - Per(cabl/con) - S$$

*Ecuación 6. Fórmula de cálculo, potencias en el presupuesto de enlace inalámbrico*

*Referencia: Coimbra Edison. 2010. Cálculo de radioenlace terrestre. (p. 11)*

Donde:

- **Pot (TX)** = Potencia del transmisor (dBm)
- **Per (cables y con)** = Pérdidas en cables y conectores, en el TX (dB)
- **G (Ant TX)** = Ganancia de la antena transmisora (dBi)
- **FSL** = Pérdidas en el espacio libre (dB)
- **G (Ant RX)** = Ganancia de la antena receptora (dBi)
- **Per (cables y con)** = Pérdidas en cables y conectores, en el RX (dB)
- **S** = sensibilidad del equipo en recepción, determina fundamentalmente el alcance del sistema. Este valor de sensibilidad, o nivel mínimo de señal que se necesita para un correcto funcionamiento. (Pietrosemoli E. , 2007)

Como complemento del proyecto también se tratarán a los sistemas SCADA porque este es el sistema que extrae la información del estado de las válvulas y sensores de presión.

### 2.3. SISTEMAS SCADA

El termino SCADA hace alusión a los términos “Adquisición de Datos y Control Supervisor”, los sistemas SCADA utilizan la computadora y tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y control de proceso industriales. Estos sistemas se constituyen como una parte integral de la mayoría de los ambientes industriales complejos o muy geográficamente dispersos, ya que pueden recoger la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente, y la presentan a un operador en una forma amigable. Los sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control



proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

Un sistema SCADA permite supervisar procesos por medio de una estación central que cumple las veces de monitor (MTU) junto con una o varias unidades remotas (RTU), estas últimas son las que permiten realizar el control mediante el intercambio de datos, desde el campo y hacia él. (Corrales, 2007)

Este tipo de sistemas se utilizan para vigilar y controlar la planta industrial o el equipamiento. El control puede ser automático o iniciado por comandos de operador. La adquisición de datos es lograda en primer lugar por las RTU que exploran las entradas de información de campo conectadas con ellos (pueden también ser usados PLC – “Programmable Logic Controllers”).

### **2.3.1. Tipo de datos**

Esto se hace generalmente a intervalos muy cortos. La MTU entonces explorará las RTU generalmente con una frecuencia menor. Los datos se procesarán para detectar condiciones de alarma, y si una alarma estuviera presente, sería catalogada y visualizada en listas especiales de alarmas. Los datos pueden ser de tres tipos principales:

- Datos analógicos (por ejemplo, números reales) que quizás sean presentados en gráficos.
- Datos digitales (on/off) que pueden tener alarmas asociadas a un estado o al otro.
- Datos de pulsos (por ejemplo, conteo de revoluciones de un medidor) que serán normalmente contabilizados o acumulados.

La interfaz primaria al operador es una pantalla que muestra una representación de la planta o del equipamiento en forma gráfica. Los datos vivos (dispositivos) se muestran como dibujos o esquemas en primer plano (foreground) sobre un fondo estático (background).

Mientras los datos cambian en campo, el foreground es actualizado (una válvula se puede mostrar como abierta o cerrada, etc.). Los datos analógicos se pueden mostrar como números, o gráficamente (esquema de un tanque con su nivel de líquido almacenado). El sistema puede tener muchas de tales pantallas, y el operador puede seleccionar los más relevantes en cualquier momento.

### 2.3.2. Características de un sistema SCADA

En función del control y automatización industrial, los sistemas SCADA dan las siguientes características:

- **Adquisición y almacenado de datos:** Recolección y acumulación de información de una forma continua y confiable.
- **Representación gráfica:** Provee una interfaz visual amigable para el operario y monitorización de estas por medio de alarmas.
- **Control:** Modificar la evolución del proceso por medio de los actuadores.
- **Arquitectura abierta y flexible:** sistema absolutamente escalable.
- **Conectividad:** Comunicación con aplicaciones y bases de datos, locales o que se albergan en otras redes.
- **Supervisión:** Observar la evolución de las variables de control, ejecutando una acción de corrección al proceso supervisado en caso de ser necesario.
- **Transmisión:** La información es compartida entre dispositivos de campo y otros PC.
- **Base de datos:** Recuperación de los datos con retardos mínimos.
- **Presentación:** Representación gráfica de los datos.

- **Aplicación:** Los datos adquiridos son incluidos en aplicaciones como gestión de calidad, control estadístico, gestión de la producción, gestión administrativa y gestión financiera. (Romero & De Castro, 2013)

### 2.3.3. Esquema del sistema SCADA

Un sistema SCADA conectado a un proceso automatizado consta de las siguientes partes

(Figura 40):

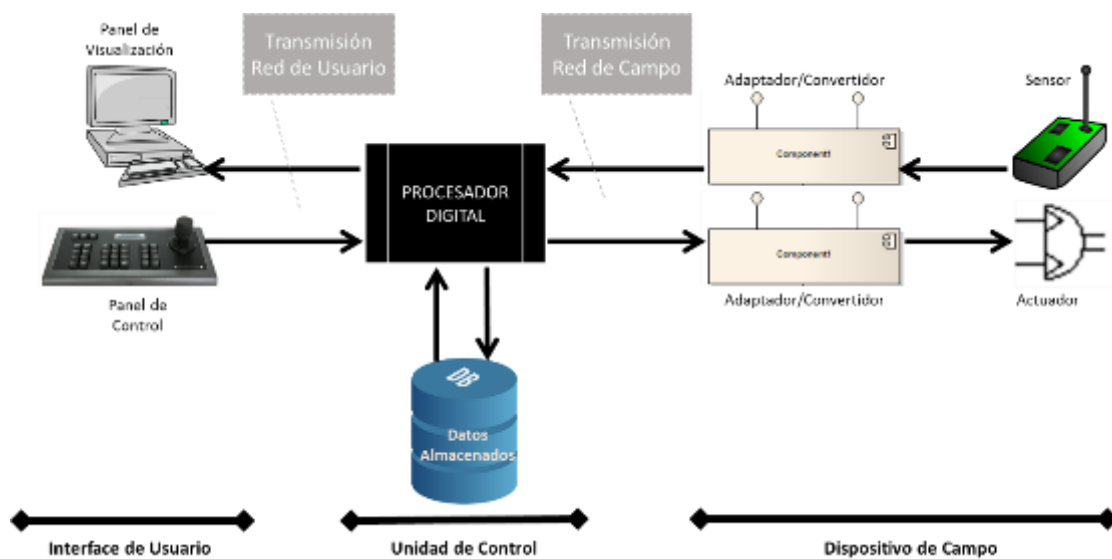


Figura 40. Esquema básico de un sistema SCADA

Referencia: Corrales Luis. 2007. Interfaces de comunicación industrial. (p. 5)

- **Dispositivo de Campo:** Esta fase contiene el proceso que se desea supervisar y los instrumentos de medición, así como los dispositivos que dan tratamiento a la información.
- **Unidad de Control:** En este nivel se monitorea la evolución del proceso y envió de información a la interfaz de usuario.
- **Interfaz de Usuario:** Es el punto donde convergen los datos recolectados enviados por los dispositivos de campo y luego al nivel de control. (Corrales, 2007)

### 2.3.4. Arquitectura de los sistemas SCADA

A continuación, se presenta una topología clásica de un sistema SCADA, conectado a un proceso industrial automatizado (Figura 41).

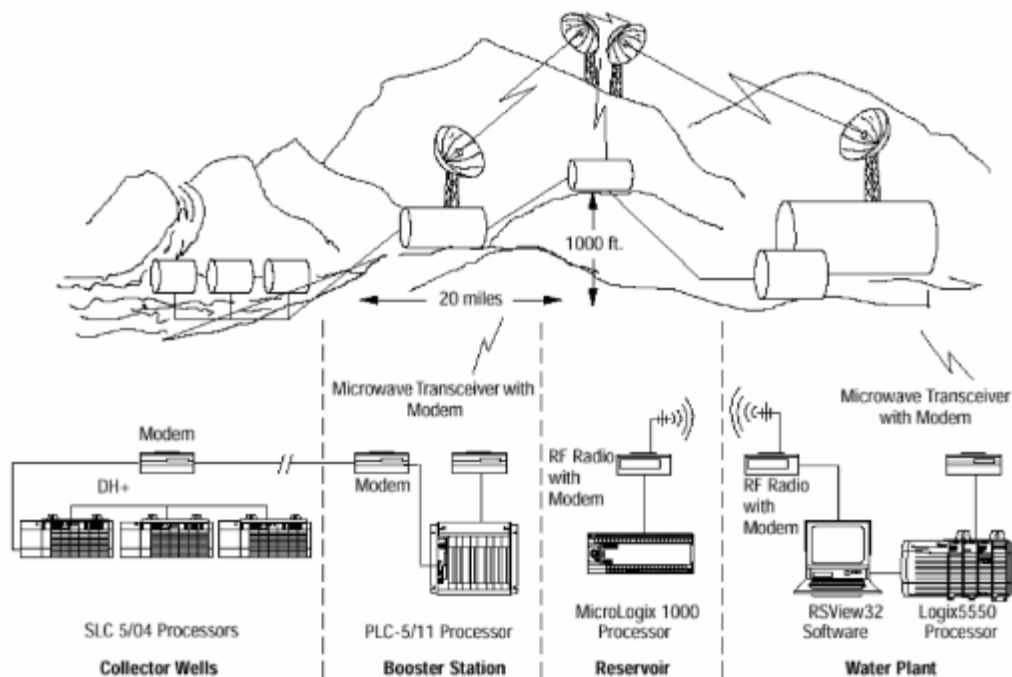


Figura 41. Topología clásica de un sistema SCADA

Referencia: Corrales Luis. 2007. *Interfaces de comunicación industrial*. (p. 6)

El flujo de información lo genera un fenómeno físico, por ejemplo: presión, temperatura, nivel de líquido en un tanque, etc.; la información es captada por un transductor, el cual alimenta una señal eléctrica a un transmisor, éste entrega una señal análoga también de naturaleza eléctrica hacia un PLC o RTU, hay veces en que el transmisor dotará un filtraje para posibles transitorios y ruido eléctrico propio del campo.

Los transmisores envían la información hacia un cuarto de control donde es almacenada, posteriormente la información es analizada en la interfaz de usuario, generando históricos y para la toma de decisiones, el ancho de banda estimado para aplicaciones con sistemas SCADA está en el orden de los kilobytes ( $AB < 1$  Megabyte). (Corrales, 2007)

## **2.4. ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CUARTO DE EQUIPOS Y DEL SISTEMA RADIANTE**

### **2.4.1. Antecedentes**

EMAPA-I se ha constituido en una empresa que brinda servicios de agua potable y alcantarillado a la población del cantón Ibarra, apuntando todo recurso a la satisfacción del cliente; entre los diferentes servicios que oferta la empresa están el de disponer de un sistema de aguas servidas con el 100% de cobertura y disponibilidad, así como disponer de un sistema de agua potable que garantice cantidad y calidad con 24 horas de servicio. La Empresa viene desempeñando una ardua labor para lograr implementar el sistema de información gerencial integrado en su totalidad a fin que los recursos económicos y financieros, sean administrados con absoluta transparencia. (EMAPA-I, 2014) Las principales apreciaciones que deben hacerse se las enlista posteriormente.

### **2.4.2. Inicio de actividades**

En el proceso de inspección es necesario emplear varias herramientas para respaldar lo descrito en los resultados de la visita, por ejemplo, cámara fotográfica, AutoCAD (planos arquitectónicos), software para visualización de cartografía (GOOGLE-EARTH), binoculares, flexómetro, cinta masking o tape, arnés, línea de vida, etc.

#### **2.4.2.1. Ubicación**

EMAPA-I a fin cumplir con el objetivo de garantizar disponibilidad, calidad y cantidad las 24 horas del día, ha instalado diferentes estaciones de bombeo en sitios estratégicos de las parroquias urbanas y rurales de la ciudad de Ibarra, específicamente éstas se encuentran en la Ciudadela Municipal calle Daniel Reyes, entre Hernán Gonzáles de Saa y Armando Hidrovo, consultar la figura 42.



*Figura 42. Ubicación de estaciones de bombeo, EMAPA-I*

*Referencia: GOOGLE MAPS. 2015. <https://www.google.com/maps>*

Las estaciones de bombeo disponen de información que es enviada hacia una estación regeneradora de señal, ubicada en el sector del mirador San Miguel Arcángel (figura 43), en la Loma de Alto Reyes, Barrio Priorato.



Figura 43. Ubicación de estación regeneradora de señal

Referencia: GOOGLE MAPS. 2015. <https://www.google.com/maps>

El destino final de la información es la oficina matriz de la empresa (figura 44), ubicada en la Plazoleta Francisco Calderón, entre las calles Antonio José de Sucre 7-77 y Pedro Moncayo.



Figura 44. Ubicación de oficina matriz EMAPA-I

Referencia: GOOGLE MAPS. 2015. <https://www.google.com/maps>

### 2.4.2.2. Análisis de infraestructura física estaciones de bombeo

Los principales elementos a tomar en cuenta son: posición de breakers y capacidad para energizar los equipos, posiciones de los distribuidores para entrega de servicios a nivel eléctrico, revisión de escalerillas y espacios disponibles para tendido de cable, observación del tipo de piso y techo, etc.; a continuación, se revisa de forma ordenada todos los ítems mencionados y los que complementan su operación y/o función.

#### 2.4.2.2.1. ESTACIÓN DE BOMBEO #1

A continuación, se inicia el proceso de levantamiento de información en las estaciones de bombeo; como se puede verificar en la figura 45, entre otros detalles importantes se pide especificar los participantes y responsables en la inspección, por parte de la empresa.

#### Formato General

SITE SURVEY			
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EMAPA-IBARRA	Sitio: ESTACIÓN DE BOMBEO	Revision: 1	Fecha: 15-Oct-2015
DATOS GENERALES			
NOMBRE DEL SITIO:	Estación de Bombeo #1		
DIRECCIÓN (CALLE, CIUDADELA/SECTOR):	Calle Daniel Reyes, Ciudadela Municipal, Sector Yuyucocha		
CIUDAD/PROVINCIA:	Ibarra, Imbabura		
REFERENCIA:	Entrada trasera balneario Yuyucocha		
REGIÓN:	Sierra		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS:	Lat: 0° 19'49.55"N	Lon: 78° 7'46.78"O	
ALTURA DE SITIO (s.n.m.):	2237m		
DATOS	ENCARGADO S.S.	COORDINADOR S.S.	
NOMBRE:	Danny Melo	Ing. Dario Páez	
CARGO:	Tesista	Analista Informático 2	
TELÉFONO:	991682742	999667341	
E-MAIL:	<a href="mailto:dfmelog@utn.edu.ec">dfmelog@utn.edu.ec</a>	<a href="mailto:dpaez@emapai.gob.ec">dpaez@emapai.gob.ec</a>	
FIRMA:			
FECHA:	15-oct-15	15-oct-15	
OBSERVACIONES: Se necesita llaves para acceder a la estación, que el guardia de turno la tiene			

Figura 45. Formato general SITE SURVEY - estación de bombeo 1



### Descripción de infraestructura

DESCRIPCIÓN DE INFRAESTRUCTURA		
<b>TIPO DE SITIO</b>		
<b>A</b> OUTDOOR	<b>B</b> INDOOR	<b>C</b> REQUIERE ADECUACIONES
<b>ESPACIO (en m2)</b>		
Área Total	Área Utilizada	Área disponible
18,63	6,52	12,11
<b>COMENTARIOS SOBRE AREA DISPONIBLE PARA FUTURAS INSTALACIONES</b>		
Existe el suficiente espacio para instalar equipos en caso de ser necesario		

Figura 46. Descripción de infraestructura SITE SURVEY - estación de bombeo 1

La descripción de infraestructura se refiere al espacio que hay en los sitios, tanto ocupado o como para una futura ubicación de equipos u otro elemento necesario en el cuarto de equipos. De la figura 46 se puede extraer que se posee de un sitio indoor, un área total de 18,63 m<sup>2</sup>, utilizada actualmente están 6,52 m<sup>2</sup> y espacio disponible de 12,11 m<sup>2</sup>.

### Equipamiento eléctrico

EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO			
<b>Alimentación DC</b>			
<b>FUENTE DE ALIMENTACIÓN</b>	SCHNEIDER ELECTRIC ABL8MEM24012		
<b>OUTPUT</b>	24 V		
<b>Equipos en DC</b>			
<b>PLC</b>	PLC Schneider Electric		
<b>Ethernet Switch</b>	FL SWITCH SFN 8TX		
<b>Alimentación AC</b>			
<b>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN AC</b>		<b>CUARTO DE EQUIPOS</b>	
<b>BREAKER PRINC TABLERO AC (A)</b>	10	<b># DE POLOS</b>	2
# DE BREAKERS UTILIZADOS		4	
# DE BREAKERS DISPONIBLES		0	
# DE ESPACIOS DISPONIBLES		0	
<b>VOLTAJE (V)</b>		121,8	
<b>CALIBRE DE CONDUCTOR AWG (TABLERO AC - POWER)</b>		10	
<b>Respaldo AC</b>			
<b>CAPACIDAD UPS</b>	700 VA	<b>MARCA</b>	PCM Vanguard 700
<b>Puesta a Tierra</b>			
N/A			
<b>Canalizaciones</b>			
N/A			
<b>REQUERIMIENTOS</b>			
No se cuenta con sistema de puesta a tierra de seguridad, tampoco con sistema de puesta a tierra atmosférica.			
El estado de los elementos es bueno, se puede verificar en las fotografías.			
Se tiene la necesidad de instalar canalizaciones para alimentación eléctrica, ventilación y para comunicaciones.			

Figura 47. Equipamiento eléctrico SITE SURVEY - estación de bombeo 1

El aspecto más importante a tomar en cuenta es el eléctrico, ya que será quien soporte la alimentación constante de los equipos; con el apoyo de la figura 47 se constatará el estado y cantidad de los elementos con los que se cuenta en las estaciones, y en caso de solicitar la adquisición de equipos, ya sea porque no existe o necesite cambiárselo se efectuará la recomendación correspondiente.

La acometida eléctrica instalada por parte de la empresa que suministra el servicio, entrega en las estaciones una línea en baja tensión a 120V de forma aproximada, para alimentar al sistema de comunicaciones exclusivamente. En la estación de bombeo #1 se tiene el medidor eléctrico instalado a un costado, de donde se alimenta al tablero principal TG, a partir de este se distribuye un solo circuito que alimenta a los equipos incluyendo el transformador en DC; este último alimenta a los elementos que funcionan a 24V-DC, como son el switch, PLCs y la antena. En cuanto al respaldo de alimentación eléctrica en AC, cuenta con un UPS de marca "POWERCOM" modelo Vanguard 700, su capacidad es de 700 VA y su tiempo de activación es de 0 ms.

No existe sistema de puesta a tierra y tampoco sistema de protección contra descargas atmosféricas, debido a esto se han presentado algunos problemas en el funcionamiento de los equipos, incluso teniendo que reemplazarlos en varios casos, ya que sufren descargas eléctricas, muchas veces dejándolos inutilizables; se ve la necesidad de instalar canalizaciones que permitan conducir todo el cableado eléctrico de manera independiente del cableado para comunicaciones.

## Sistema de Comunicaciones

SISTEMA INALÁMBRICO				
NÚMERO DE ANTENAS	<input type="text" value="1"/>	MARCA	MIKROTIK	
TIPO DE ANTENA				
<i>Por su estructura</i>				
Dipolo	<input type="checkbox"/>	Dipolo Multielemento	<input type="checkbox"/>	Yagi
				<input type="checkbox"/>
			Panel Plano	<input checked="" type="checkbox"/>
			Parabólica	<input type="checkbox"/>
INFRAESTRUCTURA INALÁMBRICA				
<i>Ubicación</i>				
Delante	<input type="checkbox"/>	Atrás	<input type="checkbox"/>	Sobre terraza
				<input checked="" type="checkbox"/>
TECNOLOGÍA				
NOMBRE DE TECNOLOGÍA:	IEEE 802.11 a			
FRECUENCIA:	2.4 GHz			
¿SOPORTE?				
	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
TIPO DE SOPORTE	Mástil	<input checked="" type="checkbox"/>	Torre	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>	Tipo L	<input type="checkbox"/>
	ALTURA DE LA ANTENA DESDE EL SUELO (mts):			
	OCHO (8)			
MATERIAL:	Acero Inox.	<input checked="" type="checkbox"/>	Aluminio	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>		
¿LÍNEA DE VISTA CON ESTACIÓN REPETIDORA?				
	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input checked="" type="checkbox"/>
MEDIO DE COMUNICACIÓN CON LA ANTENA Y ALIMENTACIÓN				
UTP	<input checked="" type="checkbox"/>	Coaxial	<input type="checkbox"/>	
Otro	<input type="checkbox"/>			
¿PoE?				
	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Detalles				
Si es ethernet				
Categoría:	5e	<input type="checkbox"/>	6	<input checked="" type="checkbox"/>
			7a	<input type="checkbox"/>
Otro:				
Longitud del cable:	15 metros			
REQUERIMIENTOS				
Es necesario un rediseño del sistema inalámbrico, de forma que los datos que se transmitan sean verídicos				

Figura 48. Sistema de comunicaciones SITE SURVEY - estación de bombeo 1

El levantamiento de información del sistema inalámbrico y conforme la figura 48, permiten conocer que existe una antena tipo panel plano de marca MIKROTIK en la estación de bombeo #1, está ubicada sobre la terraza en un mástil de 8 metros y la tecnología actual

empleada es 802.11a, su banda de operación está en 2.4 GHz, la información que se extrae es enviada hacia la estación repetidora, pero no existe línea de vista con la misma. El medio de comunicación con la antena es un cable UTP-Cat 6, mismo que no tiene recubrimiento ni protecciones, es decir se encuentra a la intemperie.

Dentro del sistema de comunicaciones se incluye los componentes del sistema SCADA en la fase de interfaz de usuario, en esta se encuentra el dispositivo de visualización, el panel de control y el adaptador/convertidor de datos.

### **Otros requerimientos**

Es necesaria la instalación de sistemas aire acondicionado para que los equipos operen conforme a recomendaciones de los fabricantes, es decir que se los protejan de temperaturas inapropiadas, partículas de polvo y otras impurezas que disminuyen el tiempo de vida de los equipos. En el Anexo A, se adjunta un plano donde se ubica el cuarto que abarca el sistema de comunicaciones.

#### **2.4.2.2.2. ESTACIÓN DE BOMBEO #2**

Verificar en la figura 49, detalles importantes como que se pide especificar los participantes y responsables en la inspección por parte de la empresa, entre otros parámetros.

## Formato general

SITE SURVEY			
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EMAPA-IBARRA	Sitio: ESTACIÓN DE BOMBEO	Revision: 1	Fecha: 15-Oct-2015
DATOS GENERALES			
NOMBRE DEL SITIO:	Estación de Bombeo #2		
DIRECCIÓN (CALLE, CIUDADELA/SECTOR):	Calle Armando Hidrovo, Ciudadela Municipal, Sector Yuvucocha		
CIUDAD/PROVINCIA:	Ibarra, Imbabura		
REFERENCIA:	Entrada trasera balneario Yuvucocha		
REGIÓN:	Sierra		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS:	Lat: 0°19'47.08"N	Lon: 78° 7'49.27"O	
ALTURA DE SITIO (s.n.m.):	2241m		
DATOS		ENCARGADO S.S.	COORDINADOR S.S.
NOMBRE:	ENCARGADO S.S.		COORDINADOR S.S.
CARGO:	Danny Melo		Ing. Dario Páez
TELÉFONO:	Tesisista		Analista Informático 2
E-MAIL:	991682742		999667341
FIRMA:	dfmelog@utn.edu.ec		dpaez@emapai.gob.ec
FECHA:			
FECHA:	15-oct-15		15-oct-15
OBSERVACIONES: Se necesita que el guardia de turno designado por parte de la empresa, permita el acceso			

Figura 49. Formato general SITE SURVEY - estación de bombeo 2

## Descripción de infraestructura

DESCRIPCIÓN DE INFRAESTRUCTURA		
TIPO DE SITIO		
A OUTDOOR	B INDOOR	C REQUIERE ADECUACIONES
ÁREA UTILIZADA / CERRAMIENTO EN TERRAZA o TERRENO( en mts 2)		
Área Total (m2)	Área Utilizada (m2)	Área disponible (m2)
18,01	9,90	8,11
COMENTARIOS SOBRE ÁREA DISPONIBLE PARA FUTURAS INSTALACIONES		
Existe el suficiente espacio para instalar equipos en caso de ser necesario		

Figura 50. Descripción de infraestructura SITE SURVEY - estación de bombeo 2

La descripción de infraestructura en cuanto al espacio está disponible en la figura 50, donde se especifica el espacio dispuesto para ubicación de equipos u otro elemento necesario para el cuarto de equipos es que se tiene un sitio indoor, un área total de 18,01 m<sup>2</sup>, utilizada actualmente están 9,90 m<sup>2</sup> y un área disponible de 8,11 m<sup>2</sup>.

### Equipamiento eléctrico

EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO			
<b>Alimentación DC</b>			
<b>FUENTE DE ALIMENTACIÓN</b>	SCHNEIDER ELECTRIC ABL8MEM24012		
<b>OUTPUT</b>	24 V		
<b>Equipos en DC</b>			
<b>PLC</b>	PLC Schneider Electric		
<b>Ethernet Switch</b>	FL SWITCH SFN 8TX		
<b>Alimentación AC</b>			
<b>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN AC</b>		CUARTO DE EQUIPOS	
<b>BREAKER PRINC TABLERO AC (A)</b>	10	<b># DE POLOS</b>	2
# DE BREAKERS UTILIZADOS		6	
# DE BREAKERS DISPONIBLES		0	
# DE ESPACIOS DISPONIBLES		4	
<b>VOLTAJE (V)</b>		112,1	
<b>CALIBRE DE CONDUCTOR AWG (TABLERO AC - POWER)</b>		10	
<b>Respaldo AC</b>			
<b>CAPACIDAD UPS</b>	700 VA	<b>MARCA</b>	PCM Vanguard 700
<b>Puesta a Tierra</b>			
N/A			
<b>Canalizaciones</b>			
N/A			
<b>REQUERIMIENTOS</b>			
<p>No se cuenta con sistema de puesta a tierra de seguridad, tampoco con sistema de puesta a tierra atmosférica.</p> <p>El estado de los elementos es bueno, en caso de querer reutilizarlos; se puede verificar en las fotografías.</p> <p>Se tiene la necesidad de instalar canalizaciones para alimentación eléctrica, ventilación y para comunicaciones.</p>			

Figura 51. Equipamiento eléctrico SITE SURVEY - estación de bombeo 2

La empresa eléctrica entrega en las estaciones una línea en baja tensión a 120V, para alimentar el sistema de comunicaciones exclusivamente. Directamente del medidor es de donde se alimenta al tablero principal TG, a partir de este se distribuye un solo circuito que va hacia los elementos dentro del tablero, energizando al transformador de voltaje AC/DC; este último alimenta a los elementos que funcionan a 24V-DC. En cuanto al respaldo de alimentación eléctrica en AC, cuenta con un UPS de marca “POWERCOM” modelo Vanguard 700.

En la figura 51, se puede constatar la inexistencia de puesta a tierra de seguridad y puesta a tierra atmosférica, por eso se han presentado problemas con la integridad de los equipos, ya que sufren descargas eléctricas necesitando la mayoría de veces un cambio por un

elemento nuevo; de manera paralela es inminente la instalación de escalerillas y canalizaciones para separar el flujo de datos del flujo de energía eléctrica.

### Sistema de comunicaciones

<b>SISTEMA INALÁMBRICO</b>	
NÚMERO DE ANTENAS	<input checked="" type="checkbox"/> 1
MARCA	MIKROTIK
<b>TIPO DE ANTENA</b>	
<i>Por su estructura</i>	
Dipolo <input type="checkbox"/>	Dipolo Multielemento <input type="checkbox"/>
Yagi <input type="checkbox"/>	Panel Plano <input checked="" type="checkbox"/>
	Parabólica <input type="checkbox"/>
<b>INFRAESTRUCTURA INALÁMBRICA</b>	
<i>Ubicación</i>	
Delante <input type="checkbox"/>	Atrás <input type="checkbox"/>
	Sobre terraza <input checked="" type="checkbox"/>
<b>TECNOLOGÍA</b>	
NOMBRE DE TECNOLOGÍA:	IEEE 802.11 a
FRECUENCIA:	2.4 GHz
<b>¿SOPORTE?</b>	
SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
TIPO DE SOPORTE	Mastil <input checked="" type="checkbox"/>
	Torre <input type="checkbox"/>
	Tipo L <input type="checkbox"/>
Otro <input type="checkbox"/>	_____
ALTURA DE LA ANTENA DESDE EL SUELO (mts):	DOCE(12)
MATERIAL:	Acero Inox. <input checked="" type="checkbox"/>
	Aluminio <input type="checkbox"/>
Otro <input type="checkbox"/>	_____
¿LÍNEA DE VISTA CON ESTACIÓN REPETIDORA?	SI <input type="checkbox"/>
	NO <input checked="" type="checkbox"/>
<b>MEDIO DE COMUNICACIÓN CON LA ANTENA Y ALIMENTACIÓN</b>	
UTP <input checked="" type="checkbox"/>	Coaxial <input type="checkbox"/>
Otro <input type="checkbox"/>	_____
¿PoE?	SI <input checked="" type="checkbox"/>
	NO <input type="checkbox"/>
<b>Detalles</b>	
Si es ethernet	
Categoría:	5e <input type="checkbox"/>
	6 <input checked="" type="checkbox"/>
	7a <input type="checkbox"/>
Otro:	_____
Longitud del cable:	17 metros
<b>REQUERIMIENTOS</b>	
Es necesario un rediseño del sistema inalámbrico.	

Figura 52. Sistema de comunicaciones SITE SURVEY - estación de bombeo 2

El levantamiento de información del sistema inalámbrico da a conocer en la figura 52, donde se detalla que se tiene una antena tipo panel plano de marca MIKROTIK en la estación

de bombeo #2, está ubicada sobre la terraza en un mástil de 12 metros de acero inoxidable y actualmente la tecnología a la que opera es 802.11a, su banda de operación es a 2.4 GHz, la información que se extrae es enviada hacia la estación repetidora, para ello debería haber línea de vista entre los nodos, lo cual es inexistente. El medio de comunicación con la antena es un cable UTP-Cat 6, mismo que no tiene recubrimiento ni protecciones.

Dentro del sistema de comunicaciones se incluye también los componentes de la fase de interfaz de usuario del sistema SCADA, en esta se encuentra el dispositivo de visualización, el panel de control y el adaptador/convertidor de datos.

### **Otros requerimientos**

La temperatura y el ambiente interior del cuarto de equipos tiene mucha importancia en el funcionamiento del equipamiento, entonces se debe instalar un sistema de aire acondicionado que garantice una temperatura y ambiente adecuados. En el Anexo A, se adjunta un plano donde se ubica el cuarto que abarca el sistema de comunicaciones.



### 2.4.2.2.3. ESTACIÓN DE BOMBEO #3

#### Formato general

SITE SURVEY			
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO EMAPA-IBARRA	Sitio: ESTACIÓN DE BOMBEO	Revision: 1	Fecha: 15-Oct-2015
DATOS GENERALES			
NOMBRE DEL SITIO:	Estación de Bombeo #3		
DIRECCIÓN (CALLE, CIUDADELA/SECTOR):	Calle Hernán Gonzáles de Saa, Ciudadela Municipal, Sector Yuyucocha		
CIUDAD/PROVINCIA:	Ibarra, Imbabura		
REFERENCIA:	Entrada trasera balneario Yuyucocha		
REGIÓN:	Sierra		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS:	Lat: 0°19'42.54"N	Lon: 78° 7'44.67"O	
ALTURA DE SITIO (s.n.m.):	2248m		
DATOS	ENCARGADO S.S.	COORDINADOR S.S.	
NOMBRE:	Danny Melo	Ing. Dario Páez	
CARGO:	Tesista	Analista Informático 2	
TELÉFONO:	991682742	999667341	
E-MAIL:	<a href="mailto:dfmelog@utn.edu.ec">dfmelog@utn.edu.ec</a>	<a href="mailto:dpaez@emapai.gob.ec">dpaez@emapai.gob.ec</a>	
FIRMA:			
FECHA:	15-oct-15	15-oct-15	
OBSERVACIONES: Se necesita llaves para acceder a la estación y solo que el guardia de turno la tiene			

Figura 53. Formato general SITE SURVEY - estación de bombeo 3

Verificar en la figura 53, detalles importantes como especificar datos personales de los participantes y responsables en la inspección por parte de la empresa, entre otros parámetros.

#### Descripción de infraestructura

DESCRIPCIÓN DE INFRAESTRUCTURA		
TIPO DE SITIO		
<b>A</b> OUTDOOR	<b>B</b> INDOOR	<b>C</b> REQUIERE ADECUACIONES
ÁREA UTILIZADA / CERRAMIENTO EN TERRAZA o TERRENO( en mts 2)		
Área Total (m2)	Área Utilizada (m2)	Área disponible (m2)
17,93	8,06	9,87
COMENTARIOS SOBRE ÁREA DISPONIBLE PARA FUTURAS INSTALACIONES		
Existe el disponible para instalar equipos en caso de ser necesario		

Figura 54. Descripción de infraestructura SITE SURVEY - estación de bombeo 3

La figura 54, permite identificar que se tiene un espacio indoor dentro del cual hay un área disponible de 9,87 m<sup>2</sup>, en caso de necesitar espacio para instalación de equipamiento.

### Equipamiento eléctrico

EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO			
<b>Alimentación DC</b>			
<b>FUENTE DE ALIMENTACIÓN</b>	SCHNEIDER ELECTRIC ABL8MEM24012		
<b>OUTPUT</b>	24 V		
<b>Equipos en DC</b>			
<b>PLC</b>	PLC Schneider Electric		
<b>Ethernet Switch</b>	FL SWITCH SFN 8TX		
<b>Alimentación AC</b>			
<b>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN AC</b>		CUARTO DE EQUIPOS	
<b>BREAKER PRINC TABLERO AC (A)</b>	10	<b># DE POLOS</b>	2
# DE BREAKERS UTILIZADOS		6	
# DE BREAKERS DISPONIBLES		0	
# DE ESPACIOS DISPONIBLES		4	
<b>VOLTAJE (V)</b>		124	
<b>CALIBRE DE CONDUCTOR AWG (TABLERO AC - POWER)</b>		10	
<b>Respaldo AC</b>			
<b>CAPACIDAD UPS</b>	700 VA	<b>MARCA</b>	PCM Vanguard 700
<b>Puesta a Tierra</b>			
N/A			
<b>Canalizaciones</b>			
N/A			
<b>REQUERIMIENTOS</b>			
No se cuenta con sistema de puesta a tierra de seguridad, tampoco con sistema de puesta a tierra atmosférica. Se tiene la necesidad de instalar canalizaciones para diferenciar la alimentación eléctrica de las comunicaciones.			

Figura 55. Equipamiento eléctrico SITE SURVEY - estación de bombeo 3

La figura 55 permite entender que en la estación se tiene una línea en baja tensión a 120V, para alimentar al sistema de comunicaciones exclusivamente. La acometida llega hasta el sitio donde se prevé la instalación absoluta de los equipos, a partir de este se distribuye un solo circuito que va hacia los elementos dentro del tablero, energizando al transformador de voltaje AC/DC; este último alimenta a los elementos que funcionan a 24V-DC. En cuanto al respaldo de alimentación eléctrica en AC, cuenta con un UPS de marca "POWERCOM" modelo Vanguard 700. Los problemas a causa de la inexistencia de SPT son similares en las

tres estaciones, por lo que varias veces han necesitado un reemplazo de los elementos afectados, ya que han quedado inutilizables; lo que hace imperiosa la corrección de dicha vulnerabilidad.

### Sistema inalámbrico

<b>SISTEMA INALÁMBRICO</b>	
NÚMERO DE ANTENAS	<input checked="" type="checkbox"/> 1
MARCA	MIKROTIK
<b>TIPO DE ANTENA</b>	
<i>Por su estructura</i>	
Dipolo <input type="checkbox"/>	Dipolo Multielemento <input type="checkbox"/>
Yagi <input type="checkbox"/>	Panel Plano <input checked="" type="checkbox"/>
	Parabólica <input type="checkbox"/>
<b>INFRAESTRUCTURA INALÁMBRICA</b>	
<i>Ubicación</i>	
Delante <input type="checkbox"/>	Atrás <input type="checkbox"/>
	Sobre terraza <input checked="" type="checkbox"/>
<b>TECNOLOGÍA</b>	
NOMBRE DE TECNOLOGÍA:	IEEE 802.11 a
FRECUENCIA:	2.4 GHz
<b>¿SOPORTE?</b>	
Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
TIPO DE SOPORTE	Mastil <input checked="" type="checkbox"/>
	Torre <input type="checkbox"/>
	Tipo L <input type="checkbox"/>
Otro <input type="checkbox"/>	
ALTURA DE LA ANTENA DESDE EL SUELO (mts):	OCHO(8)
MATERIAL:	Acero Inox. <input checked="" type="checkbox"/>
	Aluminio <input type="checkbox"/>
Otro <input type="checkbox"/>	
¿LÍNEA DE VISTA CON ESTACIÓN REPETIDORA?	Si <input type="checkbox"/>
	No <input checked="" type="checkbox"/>
<b>MEDIO DE COMUNICACIÓN CON LA ANTENA Y ALIMENTACIÓN</b>	
UTP <input checked="" type="checkbox"/>	Coaxial <input type="checkbox"/>
Otro <input type="checkbox"/>	
¿PoE?	Si <input checked="" type="checkbox"/>
	No <input type="checkbox"/>
<b>Detalles</b>	
Si es ethernet	
Categoría:	5e <input type="checkbox"/>
	6 <input checked="" type="checkbox"/>
	7a <input type="checkbox"/>
Otro:	
Longitud del cable:	16 metros
<b>REQUERIMIENTOS</b>	
Es necesario un rediseño del sistema inalámbrico.	

Figura 56. Sistema eléctrico SITE SURVEY - estación de bombeo 3

Mediante la figura 56, se constata que el equipamiento del sistema radiante en la estación de bombeo # 3 es el siguiente: antena tipo panel plano de marca MIKROTIK, está ubicada sobre la terraza en un mástil de 8 metros de acero inoxidable, su banda de operación es a 2.4 GHz y la tecnología empleada es 802.11a, la información que se extrae debería ser enviada hasta la estación repetidora en primera instancia y luego hasta la oficina matriz, pero este proceso no se lleva a cabo porque no se tiene una adecuada directividad y línea de vista.

En el sistema de comunicaciones incluiremos los componentes del sistema SCADA en la fase de interfaz de usuario, donde se incluyen el dispositivo de visualización, el panel de control y el adaptador/convertidor de datos.

### **Otros requerimientos**

De igual manera que las estaciones 1 y 2, se requiere de un sistema de aire acondicionado para que el funcionamiento de los equipos sea conforme a las recomendaciones de los fabricantes es decir libre de partículas y temperatura adecuada. En el Anexo 1, se adjunta un plano donde se ubica el cuarto que abarca el sistema de comunicaciones.

#### **2.4.2.3. Resultados de análisis de infraestructura física a estaciones de bombeo**

Se realiza una evaluación de las estaciones tomando en cuenta los aspectos mencionados en la norma y factores que ayudarán al tratamiento del sistema inalámbrico.

El cumplimiento de obra civil de las estaciones es de 33,33% conforme lo indicado en la tabla 4.

Tabla 4. Cumplimiento de obra civil de las estaciones




















































<b>Obra Civil</b>			
<b>Requerimientos</b>	<b>Estación de bombeo</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Espacio absolutamente cerrado (sin ventanas)			
Espacio exclusivo para equipamiento TI			
Ubicación del cuarto en lugares de bajo riesgo			
Escalabilidad			
Facilidad de acceso			
Area mínima de 13,5 m <sup>2</sup>			
Techo falso			
Piso técnico			
Torre, punto de fijación de antena			
<b>TOTAL (Porcentaje de Cumplimiento de c/estación)</b>	<b>33,33%</b>	<b>33,33%</b>	<b>33,33%</b>













Tabla 5. Cumplimiento del sistema de comunicaciones de las estaciones

<b>Sistema de Comunicaciones</b>			
<b>Requerimientos</b>	<b>Estación de bombeo</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Cable UTP/FTP (Cat. 6 o +)			
Punto DEMARC			
Gabinete de telecomunicaciones			
Distribución de cableado horizontal y vertical			
Ductos metálicos de pared			
Escalerillas y bandejas metálicas			
Tubería conduit			
Puntos de red			

<b>TOTAL (Porcentaje de Cumplimiento de c/estación)</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>
---	--------------	--------------	--------------










El cumplimiento del sistema de comunicaciones de las estaciones es de 0% conforme lo indicado en la tabla 5.

Tabla 6. Cumplimiento del sistema de climatización de las estaciones

<b>Sistema de climatización</b>			
<b>Requerimientos</b>	<b>Estación de bombeo</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Equipo de aire acondicionado			
Gases refrigerantes			
Ubicación gabinetes "Pasillo caliente / Pasillo frío"			
Tubería y ductería para sistema de ventilación			
<b>TOTAL (Porcentaje de Cumplimiento de c/estación)</b>	<b>25,00%</b>	<b>25,00%</b>	<b>25,00%</b>
















El porcentaje que cumplen las estaciones con el sistema de climatización de es de 25% cada una, como se puede evidenciar en la tabla 6.

Tabla 7. Cumplimiento del sistema de seguridad de las estaciones

<b>Instalaciones de Seguridad</b>			
<b>Requerimientos</b>	<b>Estación de bombeo</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Sistema de detección y extinción de incendios			
Extintor de incendios			
Sistema de control de acceso			
<b>TOTAL (Porcentaje de Cumplimiento de c/estación)</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>

El porcentaje que cumplen las 3 estaciones con respecto al sistema de seguridad es de 0% tal como se lo muestra en la tabla 7.

Tabla 8. Cumplimiento del sistema eléctrico de las estaciones

<b>Sistema Eléctrico</b>			
<b>Requerimientos</b>	<b>Estación de bombeo</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Acometida eléctrica			
UPS			
Puesta a tierra de seguridad			
Puesta a tierra atmosférica			
Circuito diferenciado para equipamiento TI			
<b>TOTAL (Porcentaje de Cumplimiento de c/estación)</b>	<b>20,00%</b>	<b>20,00%</b>	<b>20,00%</b>

En la tabla 8 se muestra el porcentaje que cumplen las 3 estaciones con respecto al sistema de eléctrico y es de 20%.

#### 2.4.2.4. Análisis y configuración actual de la red inalámbrica

El fin de esta etapa del proyecto es determinar la topología de la red inalámbrica, la posición de los elementos, configuración de los elementos entre otros detalles que permitan diseñar el modelo de migración de tecnología.

##### 2.4.2.4.1. Topología

En el sector de Yuyucocha (Ciudadela “Municipal”), EMAPA-I ha instalado 3 estaciones de bombeo para dar abastecimiento a la ciudad de Ibarra, estas estaciones deben entregar un reporte de actividades diarias a la oficina central, el proceso inicia definiendo la variable a contabilizar que es la cantidad de litros de agua bombeados y calidad del mismo; el dispositivo que permite extraer la información es un sensor de presión, mismo que forma parte de un sistema SCADA, que cada una de las instalaciones posee, la información es

convertida en un formato adecuado para trasmitirla posteriormente por el sistema radiante; los datos son concentrados en la estación ubicada en el sector del mirador San Miguel Arcángel, el proceso que se cumple en la estación mencionada es el de regenerar la señal y enviarla a la oficina matriz, en la figura 57 se muestra un esquema de la red inalámbrica en inspección, con sus respectivas instalaciones (sistema de comunicaciones).

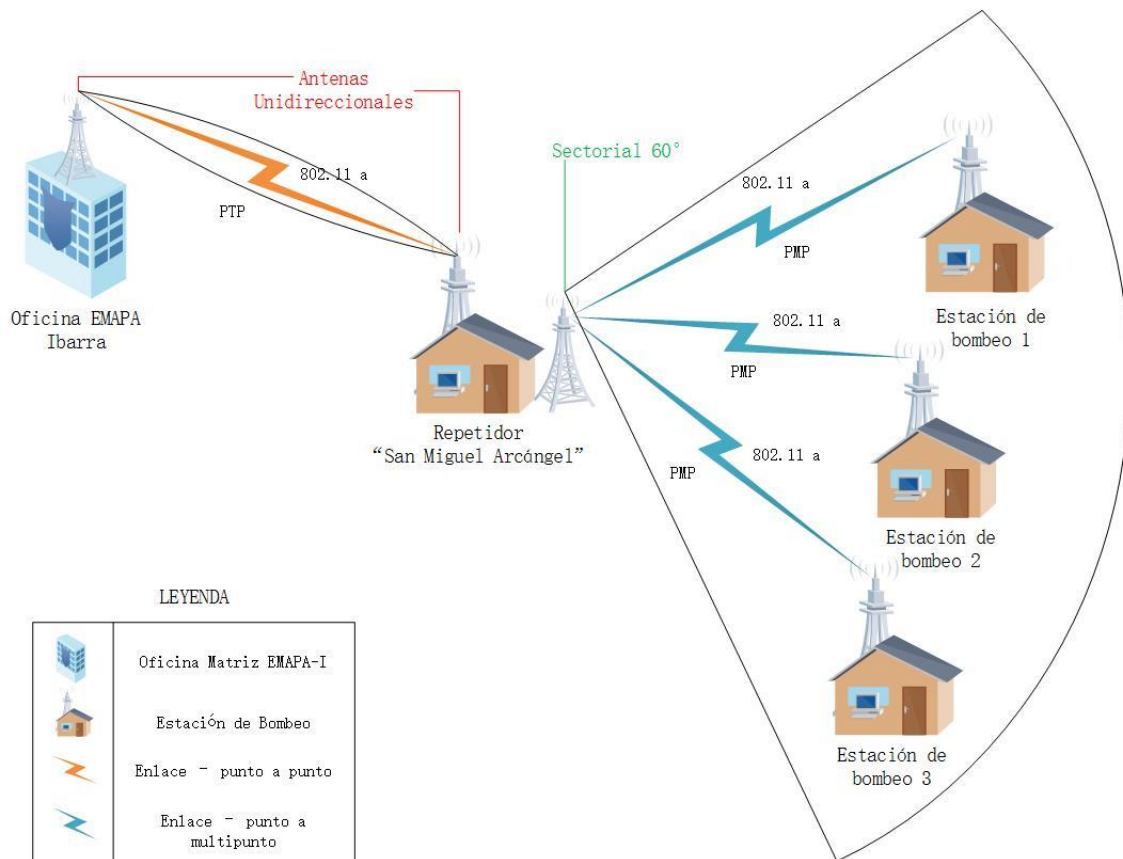


Figura 57. Topología inalámbrica implementada, Cdla. Municipal – Est. Arcángel – Oficina Central

Los tipos de red que se ha implementado se dividen en dos tramos, el primero es un enlace punto a multipunto conformado por los equipos de las estaciones de bombeo apuntando hacia el receptor que se encuentra instalado en el repetidor “San Miguel Arcángel” y el segundo tramo es un enlace punto a punto, conformado por el equipo que replica la información recibida y su receptor colocado en la oficina matriz de EMAPA-I.



El estándar implementado actualmente es el IEEE 802.11a funcionando en la frecuencia de 5 GHz con un alcance de aproximadamente 5 km en ambientes outdoor.

## **CAPITULO III**

### **3.1. DISEÑO DEL CUARTO DE EQUIPOS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO**

El diseño del cuarto de equipos de las estaciones de bombeo de EMAPA tiene como finalidad mejorar y habilitar la comunicación de dichas instalaciones con la oficina central, de forma que la información que se envía desde estas estaciones sea confiable y veraz, con la reingeniería del sistema inalámbrico basado en la migración de tecnología empleando el estándar del IEEE 802.11ac.

#### **3.1.1. Obra civil**

La selección del área destinada para los cuartos de equipos es un requerimiento primordial con el que se inicia en las tres estaciones el proceso, ya que es el lugar físico donde se colocará toda la estructura, para ello se deben cumplir los criterios mencionados anteriormente.

- Baja ocurrencia de desastres naturales como inundaciones, deslaves o incendios.
- Facilidad de acceso y si es necesaria la colocación de una rampa de materiales antideslizante.
- Espacio destinado específicamente para equipamiento de TI
- Escalabilidad para los próximos 5 años.
- Lugar completamente cerrado con únicamente la puerta de acceso principal para el ingreso a la sala.

- Instalación de piso técnico y techo falso para impedir que las partículas de polvo afecten a los equipos.

EMAPA ha dotado de una estructura similar a las tres estaciones como se muestra a continuación en un plano arquitectónico por lo que el diseño que se realice para el cuarto de equipos de la estación de bombeo # 1, será válido para las dos estaciones restantes.

### 3.1.1.1. Espacio físico

#### ESTACIÓN DE BOMBEO # 1

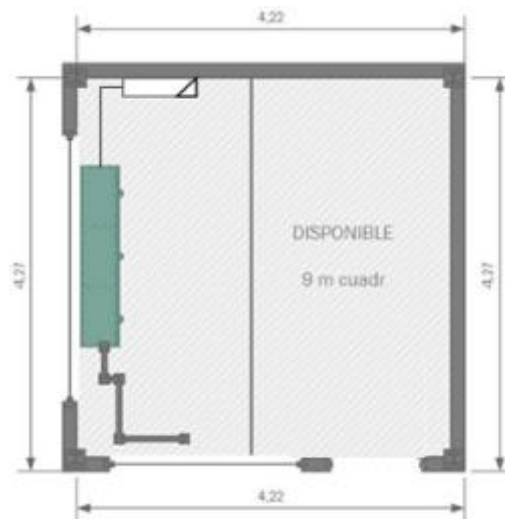
El espacio que se tiene en la estación de bombeo # 1, está ubicado en un lugar de fácil acceso sin graderío su estructura es de loza y de forma rectangular de 4,48 x 4,16 dando un área de 18 m<sup>2</sup> aproximadamente y la altura total de los cuartos es de 3 metros, las medidas de la estación se muestran en la figura 58.



Figura 58. Espacio destinado para cuarto de equipos, estación de bombeo # 1

#### ESTACIÓN DE BOMBEO # 2

El espacio disponible en la estación de bombeo # 2, está ubicado en un lugar de fácil acceso sin complicaciones para ingreso de maquinaria y de forma rectangular de 4,27 x 4,22 dando un área aproximada de 18 m<sup>2</sup> como se indica en la figura 59.



*Figura 59. Espacio destinado para cuarto de equipos, estación de bombeo # 2*

### **ESTACIÓN DE BOMBEO # 3**

En la estación de bombeo 3 se tiene un espacio de dimensiones 4,22 x 4,25 dando un área aproximada de 18 m<sup>2</sup>, en la figura 60 se puede apreciar las dimensiones, al interior de este cuarto únicamente se debe colocar equipos de telecomunicaciones y todo lo que respecta a su mantenimiento y soporte.

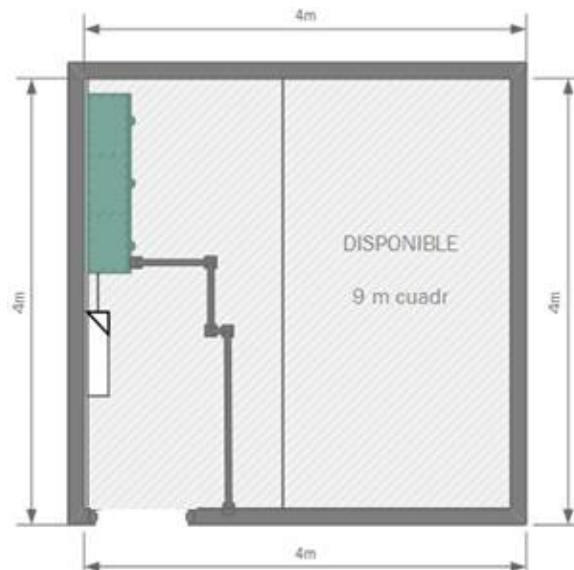


Figura 60. Espacio destinado para cuarto de equipos, estación de bombeo # 3

### 3.1.1.2. Techo falso

Se deberá instalar estructura de techo falso a 40 cm bajo del techo verdadero, el material de construcción de las láminas deberá ser resistente al fuego preferiblemente de yeso; la longitud de las placas debe ser prudente de forma que no existan deformaciones.

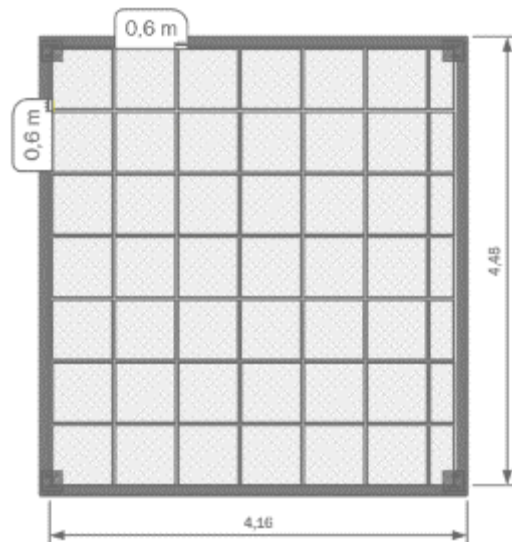
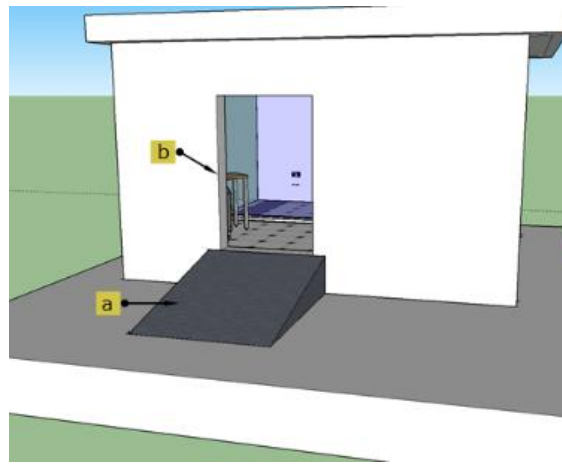


Figura 61. Colocación de láminas a lo largo del cuarto de equipos

Se sugiere placas cuadradas de 60 cm x 60 cm, entonces serán necesarias 46 láminas para cubrir el cuarto de equipos y su distribución de muestra en la figura 61.

### 3.1.1.3. Acceso al cuarto de equipos

Las dimensiones de la puerta de acceso tanto para ingreso de personal como ingreso de equipos son de 1.2 m de ancho y de 2.20 m de alto, la ubicación se presenta en la figura 62, será elaborada de metal y sin umbrales que abra hacia el exterior. Para facilitar el acceso y salida de la sala será necesaria la instalación de una rampa de 1.5 m de ancho y 2 m de largo con una superficie antiderrapante, evitar el uso de cintas.



*Figura 62. Vista frontal de la estación - ubicación de rampa y puerta de acceso*

En la figura 62, se puede divisar los elementos con los que se inicia el diseño que son solo una parte de la obra civil:

- a. Rampa de acceso de material antiderrape
- b. Puerta de acceso a la estación

### 3.1.1.4. Piso técnico

El piso técnico deberá soportar una carga mínima de 7.2 kPA y se recomienda que sus láminas tengan propiedades antiestáticas y resistan el fuego.

Las dimensiones estándar para láminas de piso técnico son las mismas que las láminas para techo falso como se puede apreciar en la figura 63, con la diferencia que las láminas

para el piso tienen base de acero. La estructura que servirá como base para las placas del sobre-piso serán los pedestales y travesaños, como se muestra a continuación.



*Figura 63. Estructura base para colocación de paneles de piso técnico*

*Referencia: Murillo & Mejía. 2015. Diseño de un datacenter (p. 35)*

La altura del piso falso que define el estándar ANSI/TIA 942 es de 45 cm y es permitido que bajo las láminas de piso técnico crucen bandejas para cables tanto eléctricos como de telecomunicaciones, pero por separado en donde la profundidad de las bandejas será 5 cm, se debe colocar las bandejas para cable de telecomunicaciones en los pasillos calientes y para cables eléctricos en los pasillos fríos, en la figura 64 se indica un esquema de lo mencionado anteriormente. En cuanto a los paneles deberán ser de lámina de acero, esto adherido a la base metálica (pedestales y travesaños) deberá ser adecuadamente aterrizado.

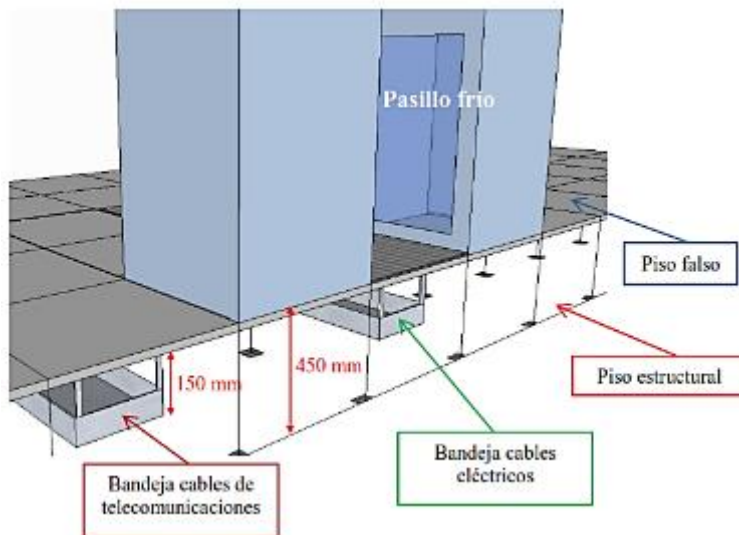


Figura 64. Ubicación de bandejas para cables bajo el piso técnico

Referencia: Murillo & Mejía. 2015. Diseño de un datacenter (p. 41)

Para seguir con la siguiente etapa del diseño debe quedar definida la distribución de áreas en el interior del cuarto de equipos, en la figura 65 se hace un esquema de dicha división lo que facilitará la colocación de los elementos del SCE.

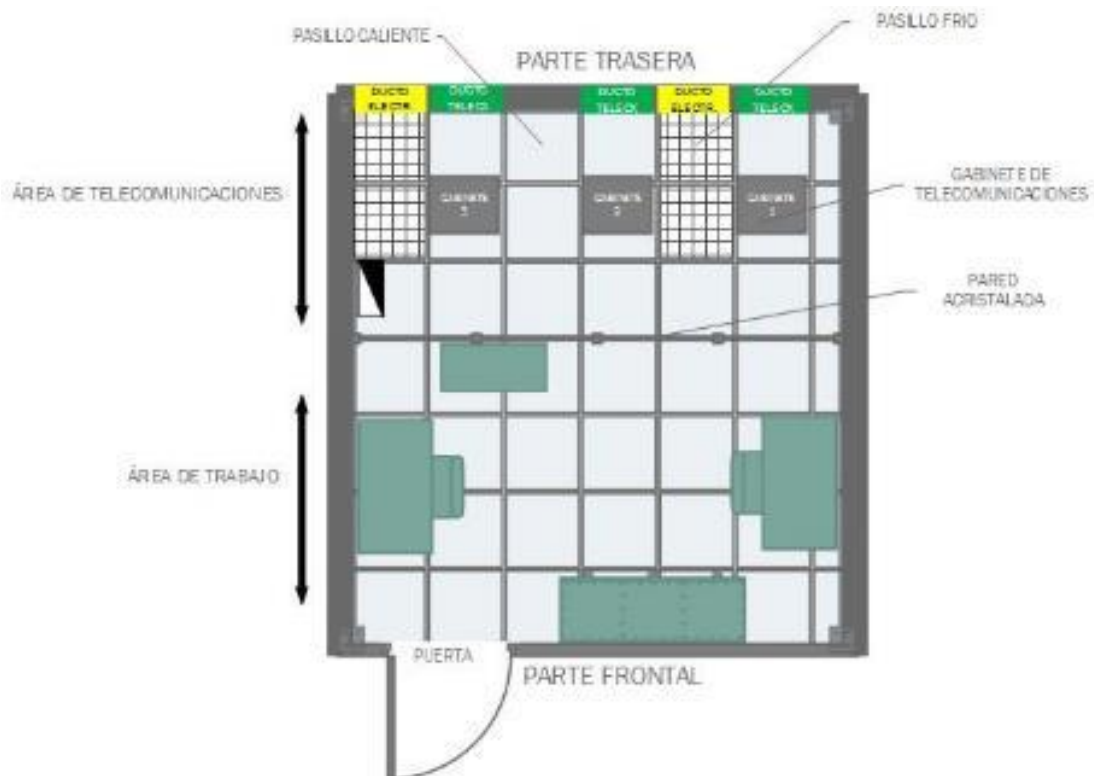


Figura 65. Distribución de espacio en el cuarto de equipos

Inicialmente solo se realizará la ubicación de un gabinete y el espacio queda disponible para futuro crecimiento conforme dicta la norma para cuarto de equipos de telecomunicaciones.

### 3.1.2. Instalaciones de Seguridad

Esta etapa del proyecto brinda seguridad tanto a los bienes materiales de la empresa como al personal, para ello se adecuarán los sistemas de control de acceso, detección/extinción de fuego.

#### 3.1.2.1. Sistema de detección y extinción de incendios

Este sistema constará de un sensor óptico multicriterio es decir de humo y temperatura, que serán los que activen el sistema de detección y extinción de incendios; para dar la señal a que los aspersores puedan expulsar su agente limpio. El sistema tendrá la siguiente estructura conforme a la figura 66.

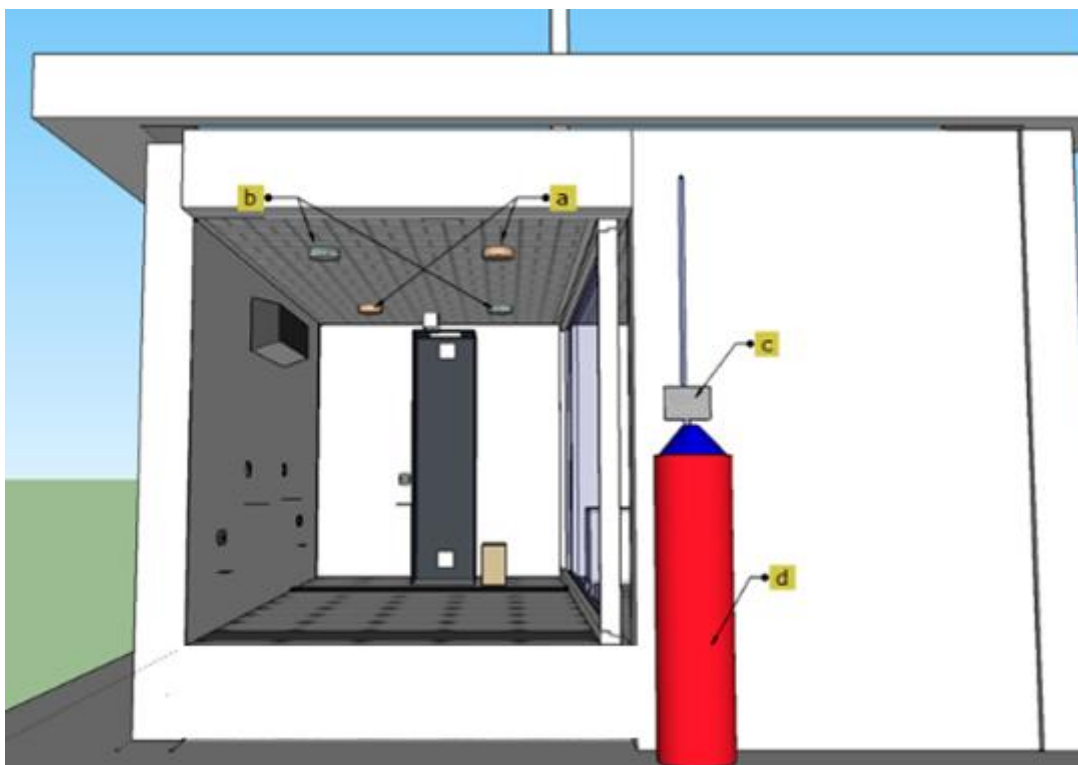


Figura 66. Sistema de detección y extinción de incendios.

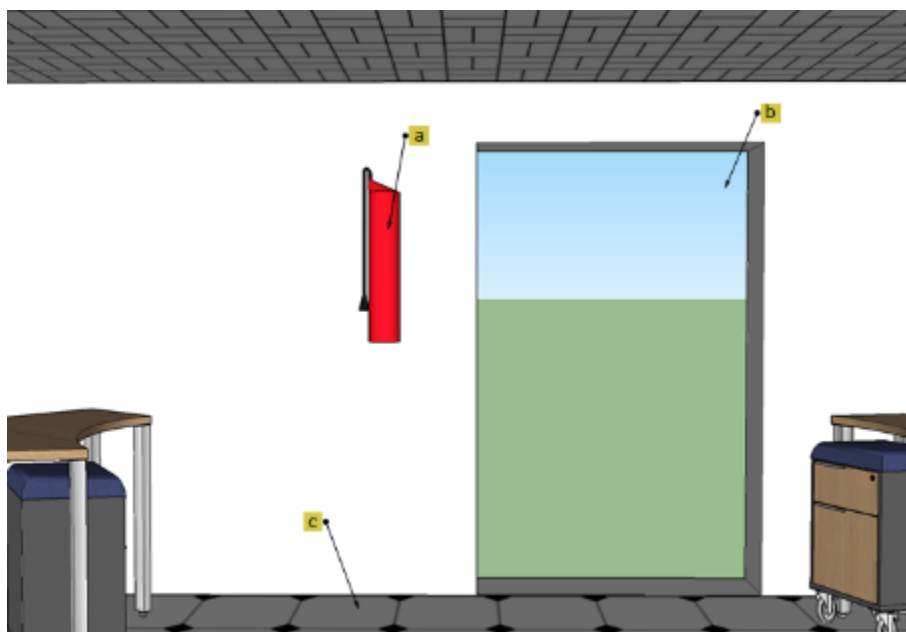


En la figura 66 se puede distinguir lo siguiente:

- a. Los sensores que son parte de la fase de detección
- b. Los aspersores que son parte de la etapa de extinción
- c. La caja controladora, que permite despedir el agente limpio en caso de detectarse una alarma por parte de los sensores ópticos multicriterio.
- d. Contenedor del agente extintor

### 3.1.2.2. Sistema para extinción de incendios

Deberán ubicarse extintores de fuego portables que estén al alcance del personal a no más de 12 metros de distancia, ya que se estima que todos los incendios son pequeños y no podrían causar mayor daño si se aplicase rápidamente el tipo y cantidad apropiada de agente extintor.



*Figura 67. Vista interior del cuarto de equipos - ubicación de extintor de incendios*

En la figura 67, se puede observar que la ubicación del extintor de fuego debe estar lo mas cercana posible al personal de las estaciones de bombeo, a continuación una descripción de la figura mencionada:

- a. Extintor de incendios de tipo manual
- b. Vista del exterior del cuarto de equipos – abertura de la puerta de acceso
- c. Piso técnico

### 3.1.2.3. Sistema de control de acceso

Es muy importante mantener un control de quien ingresa y sale de la sala, para ello se instalará un control de acceso de tipo biométrico que será quien controle los estados de la chapa electromagnética y conjuntamente con la puerta, es decir abierto o cerrado.



*Figura 68. Sistema de control de Ingreso al cuarto*

En la figura 68, se muestra la ubicación de los elementos de seguridad al ingreso del cuarto de equipos de telecomunicaciones.

- a. Espacio destinado para la puerta con la cerradura termo magnética
- b. Reloj de acceso para entrada y salida del personal

### 3.1.3. Cableado estructurado y comunicaciones

En esta etapa del diseño del SCE están los racks, gabinetes, escalerillas y los equipos de conectividad. Los dispositivos del sistema de comunicaciones obedecen al siguiente esquema de conexiones, mostrado en la figura 69.

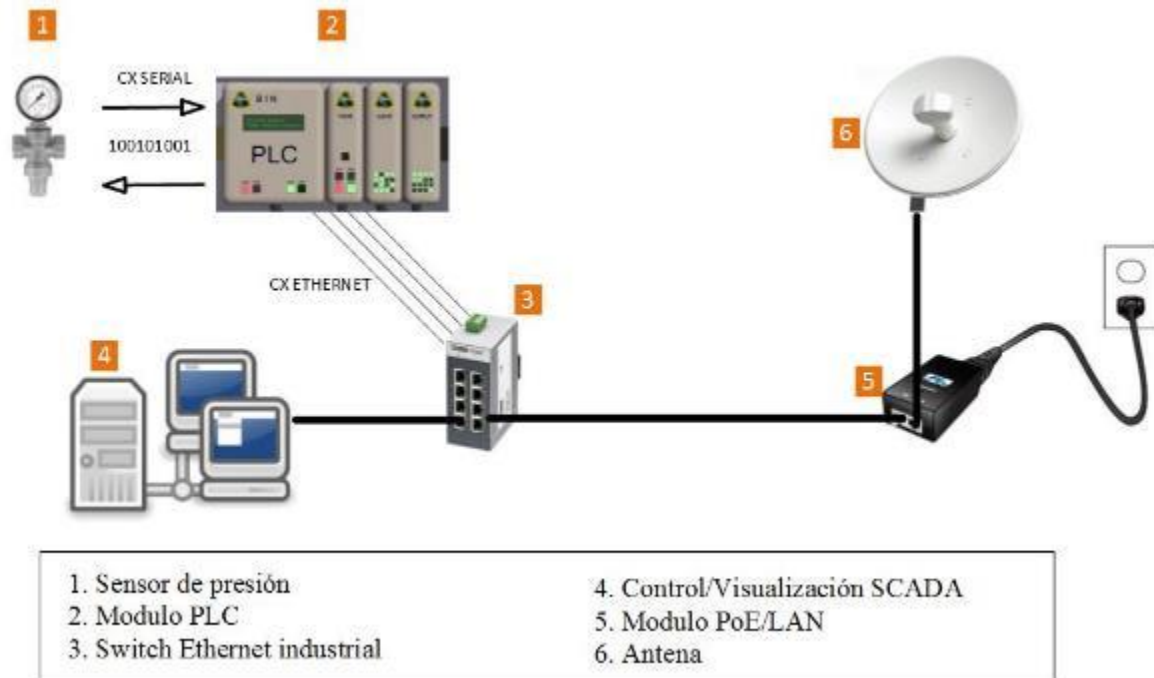


Figura 69. Diagrama de conexiones - Sistema de comunicaciones

#### 3.1.3.1. Sala de telecomunicaciones

La sala de telecomunicaciones puede ser representada por uno o más gabinetes y se denomina gabinete de telecomunicaciones, el requerimiento en cada una de las estaciones es de un gabinete de piso, de 0.48 m de ancho frontal y 2 m de altura (42 UR), que cabe destacar es la medida estándar para este tipo de aplicaciones; el material de elaboración del gabinete es el acero y pintura de polvo electrostática, el cableado vertical (backbone), deberá acceder por ranuras superiores e inferiores. Es necesario que los gabinetes a ubicar cuenten con una PDU, organizador de cables, bandejas. (EIA-310, 2016)

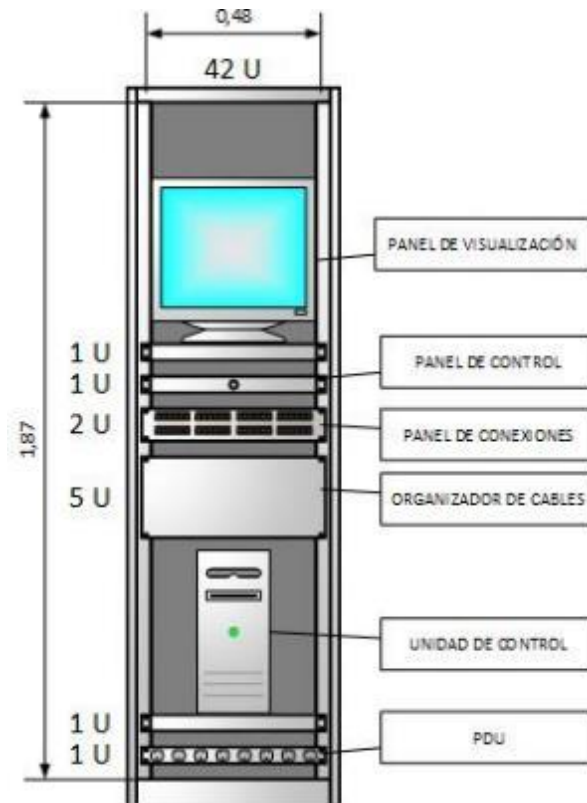


Figura 70. Componentes del sistema de comunicaciones en el gabinete

Referencia: Murillo & Mejía. 2015. Diseño de un datacenter (p. 56)

Los componentes de los gabinetes de la parte de arriba hacia abajo se detallan en la figura 70, primero el panel de visualización del sistema SCADA, el panel de control, panel de conexiones (patch panel), el organizador de cables, la unidad de control del sistema SCADA que es la encargada de hacer el procesamiento digital de los datos y en la última parte una PDU.

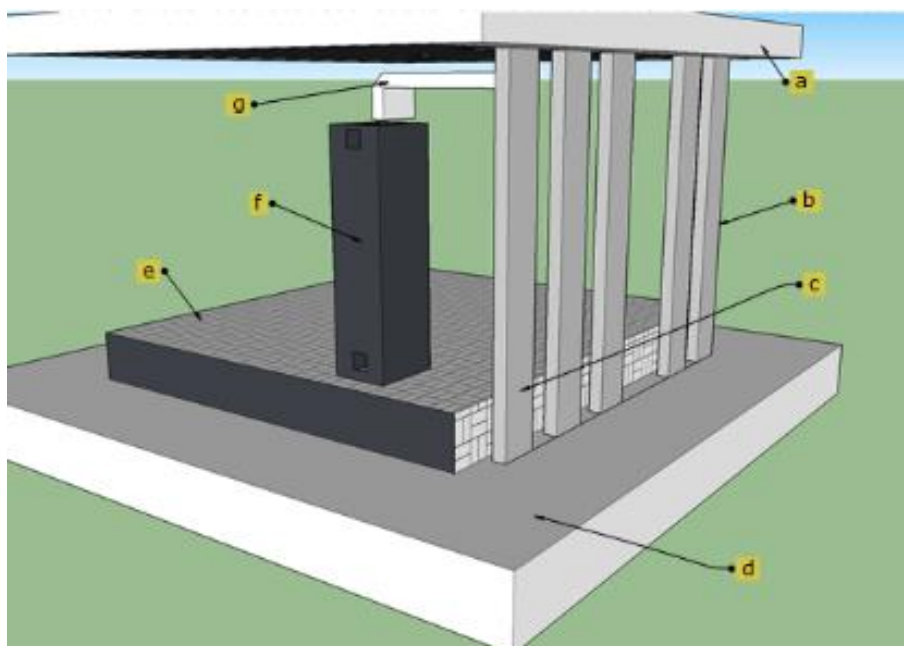
### 3.1.3.2. Rutas de cableado estructurado

El volumen del cableado debe ir conforme al volumen de equipamiento que se tendrá en el cuarto de equipos de telecomunicaciones y para un futuro crecimiento; las instalaciones de comunicaciones se realizarán de una manera profesional cumpliendo buenas prácticas, de manera que no se afecte el buen funcionamiento de los dispositivos.

### 3.1.3.2.1. Cableado backbone

Es la interconexión desde el sistema inalámbrico hasta el gabinete, el cable a usarse será UTP categoría 6 apantallado, este cable tiene las características para ser instalado en exteriores y resistir las inclemencias del clima.

Como se ha mencionado los espacios destinados para los cuartos de equipos ya existen, es por este motivo que es necesario picar las paredes para la colocación de los ductos, en la figura 71 se hace un esquema de ubicación de cada uno de estos elementos.



*Figura 71. Vista trasera del cuarto de equipos – ductería para S.C.E.*

Se retiró las paredes en la maqueta esto para facilitar la explicación; posteriormente se hace la descripción de la ilustración:

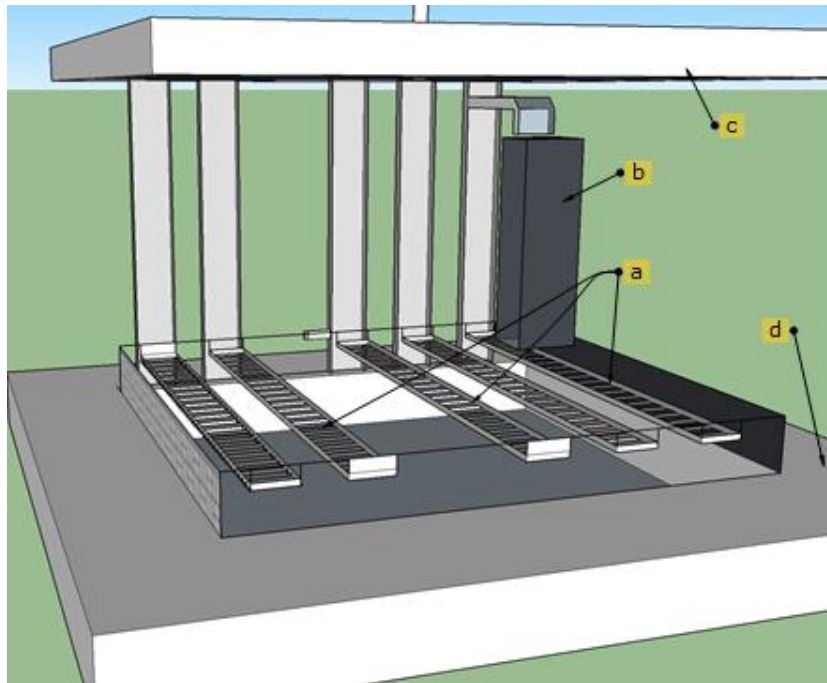
- a. Techo de losa
- b. Ducto para cableado eléctrico
- c. Ducto para telecomunicaciones
- d. Piso verdadero
- e. Piso técnico

- f. Gabinete de telecomunicaciones
- g. Bandeja para cableado backbone

### 3.1.3.2.2. Cableado horizontal

Es la parte del SCE que conecta el área de trabajo con el gabinete de telecomunicaciones, es importante tomar en cuenta la indicación anterior de picar las paredes también para esta fase del diseño, este tipo de cableado se envía por tubería conduit de material PVC y de 3 pulgadas de diámetro; las recomendaciones al momento de extender estas rutas son que se evite las curvas y en lo posible crear rutas directas.

El cableado horizontal puede pasar también por ductos bajo el piso técnico, como se indica en la figura 72, la ventaja de estos ductos bajo piso es que ayudan a extender el cableado al otro extremo del cuarto.



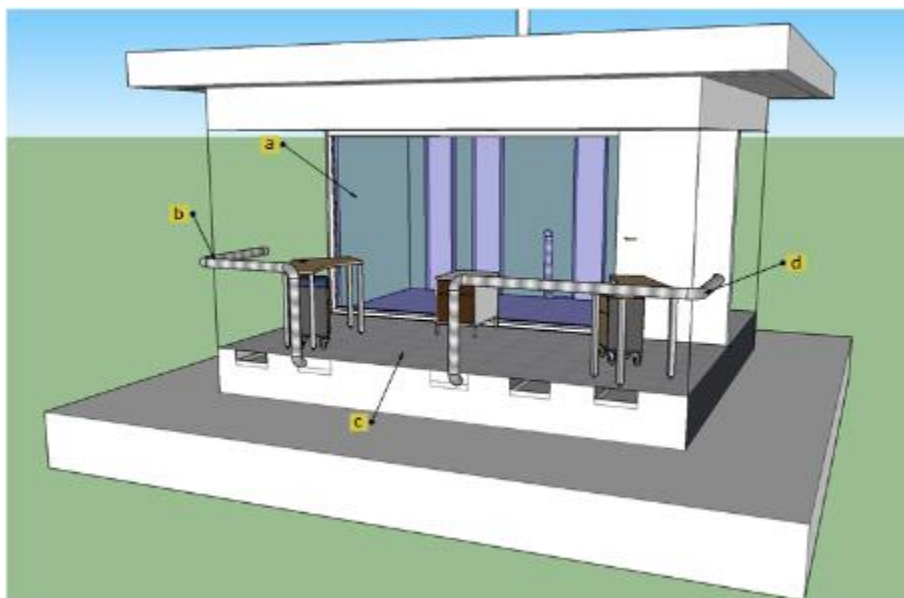
*Figura 72. Vista frontal del cuarto de equipos – bandeja subterránea del S.C.E.*

Descripción de la figura 72:

- a. Escalerillas para cableado de telecomunicaciones

- b. Gabinete de telecomunicaciones
- c. Techo verdadero
- d. Piso verdadero

El cableado horizontal culmina con la llegada del servicio a los usuarios en el área de trabajo, para esta ruta final se empleará tubería PVC conduit y la altura hasta la cual se extenderá el conducto llevando el punto de datos será hasta que se encuentre como mínimo al mismo nivel sobre las mesas de trabajo, alternativamente se puede colocar puntos de red en el piso con la debida protección.



*Figura 73. Vista frontal del cuarto de equipos - ductería para cableado horizontal*

En la figura 73, se puede apreciar la existencia de los puntos de trabajo, cada uno cuenta con un punto de red, para complementar la explicación a continuación se hace una descripción:

- a. Pared acristalada divisoria del área de trabajo y cuarto de telecomunicaciones
- b. Tubo conduit PVC para cableado horizontal
- c. Piso técnico
- d. Tubo conduit PVC para cableado horizontal

### 3.1.3.3. Instalaciones eléctricas y aterramiento

El sistema eléctrico es parte vital del diseño del cuarto de equipos de telecomunicaciones y obedece al orden mostrado en la figura 74, puesto que una falla en éste ocasionaría pérdidas de información y daños en los equipos, es aquí donde se ve la utilidad de instalar toda la seguridad necesaria, el primer paso es la elección de un supresor de transitorios, que permita evitar los daños que causan sus variaciones y después el empleo de un UPS de forma que mantenga el flujo de electricidad al menos hasta que se guarde información importante y se apaguen correctamente los equipos. A continuación, se presenta un diagrama de la ubicación de la UPS con referencia a la acometida eléctrica, carga y el resto de componentes, adicionalmente se presenta una tabla guía que permite conocer el calibre a emplear en cada fase del circuito eléctrico del cuarto de equipos.

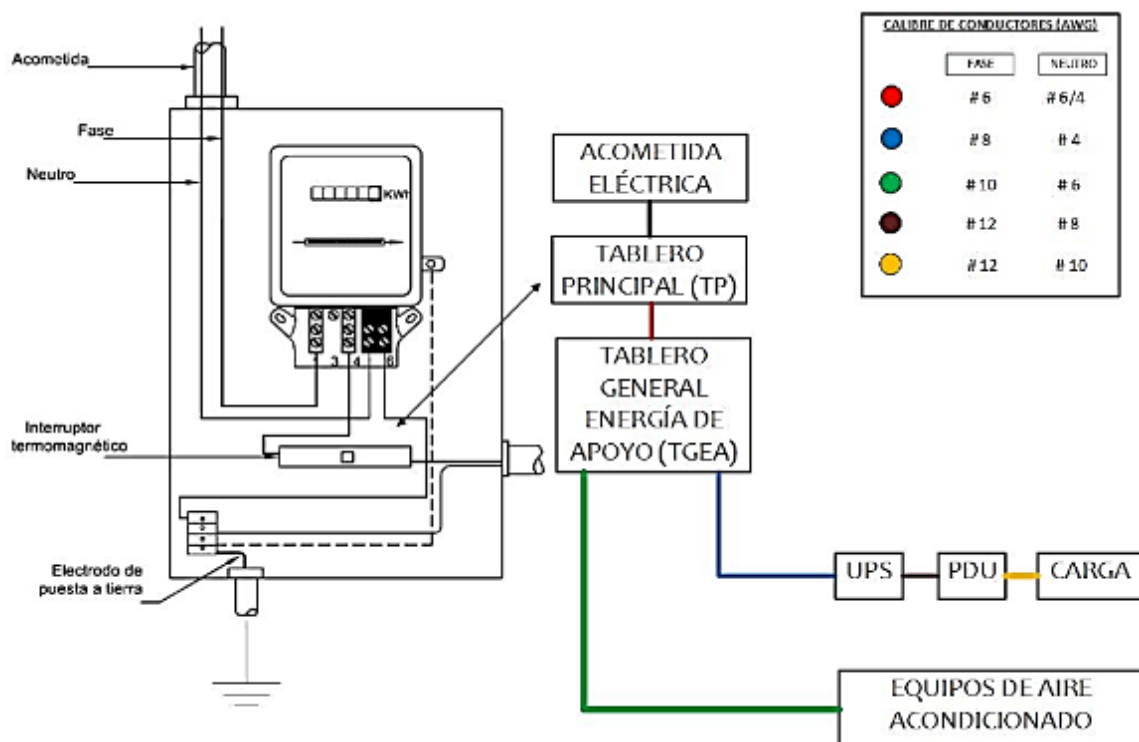


Figura 74. Ubicación de elementos eléctricos

Referencia: CODENSA. 2011. AE203-1 Acometida - Esquema de conexión para caja de medidor monofásico y bifásico. <http://goo.gl/cT9J8E>



Se recomienda que el circuito de alimentación al cuarto de equipos se mantenga independiente de cualquier otro circuito de alimentación este debe contener equipos, servidores, luminarias, tomacorrientes y cualquier otro equipo de telecomunicaciones. En el tendido del cableado eléctrico además de cumplir con las normas del calibre de los cables se debe tomar en cuenta los colores de los conductores, se dice que se deberá usar negro para las fases, gris para el neutro de energía desde el UPS, blanco (o azul) para neutro, verde combinado con amarillo para la puesta a tierra de seguridad y verde íntegro para la puesta a tierra aislada.

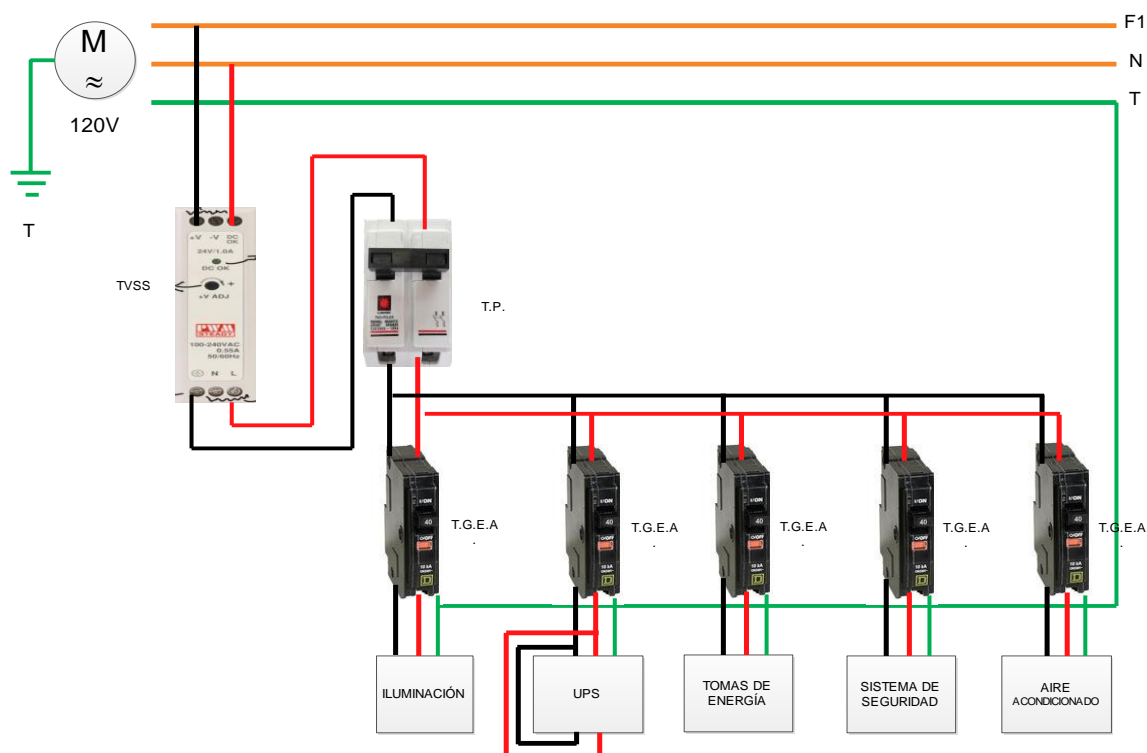
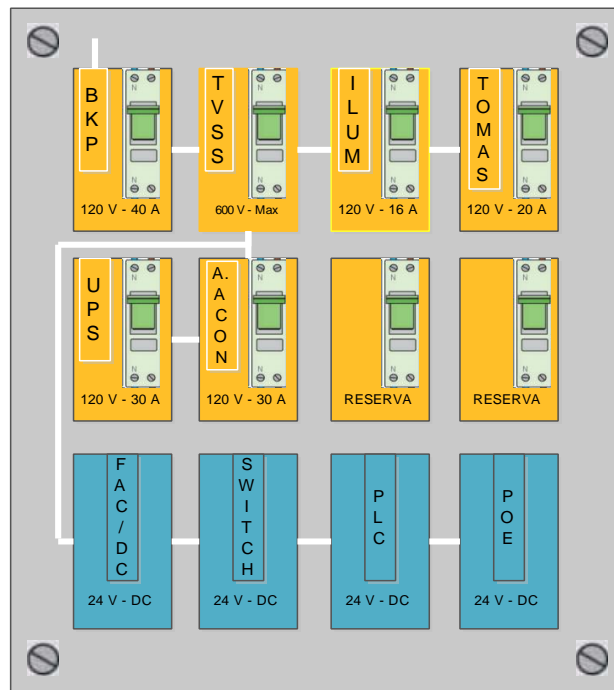


Figura 75. Diagrama de conexiones - Sistema eléctrico

En la figura 75, se puede apreciar que todo lo referente al sistema de comunicaciones tiene un circuito independiente que está conectado al UPS, mientras que el equipo de climatización está en uno diferente. Una vez definidos todos esos detalles, la distribución del TGEA queda de la siguiente manera, nótese la ubicación del TVSS antes de los breakers de distribución. Donde se emplea un tablero de 12 posiciones; dividiendo las 8 primeras

posiciones para alimentación de (120 V) AC y las 4 siguientes para alimentación de los artefactos en DC (24 V). La distribución del tablero se da conforme a lo mostrado en la figura 76.



*Figura 76. Distribución del tablero eléctrico*

### 3.1.3.3.1. Iluminación

En el estándar ANSI/TIA 942 se establece que el nivel de iluminación requerido para un área de telecomunicaciones es de 500 lux horizontalmente y que las paredes, techo y piso deben ser de un color tal que ayuden a la iluminación del cuarto de equipos. Las luminarias pueden ser del tipo fluorescente o tipo led, que se adapten al nivel de iluminación que se requiere en el área, distribuyéndolas conforme a lo especificado en la figura 77.

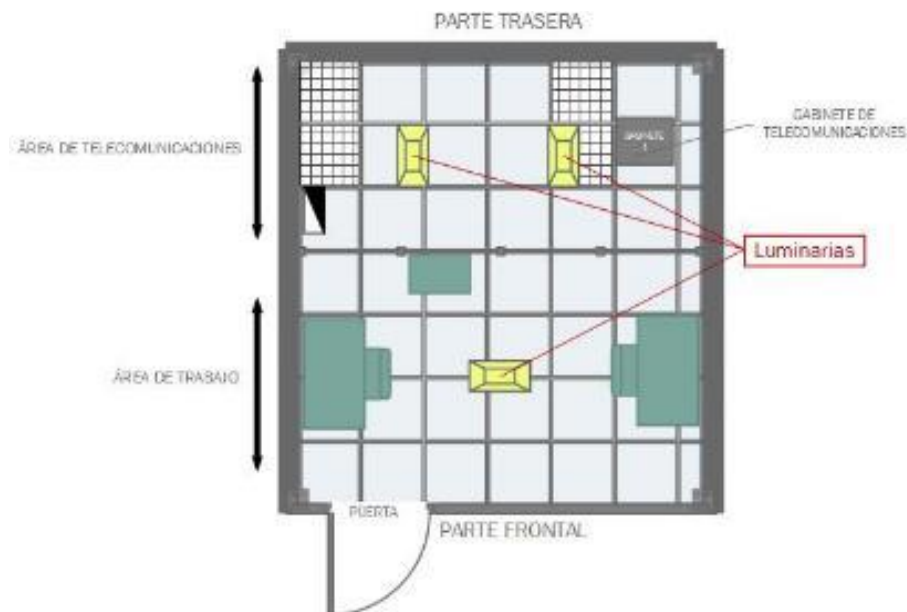


Figura 77. Distribución de luminarias a la interna del cuarto de equipos

### 3.1.3.3.2. UPS

Una UPS basa su funcionamiento en baterías, el banco de acumuladores se carga mientras el equipo está conectado al enchufe y cuando existe un corte, las baterías asumen automáticamente el suministro; consultar la figura 78 para aclarar el funcionamiento.

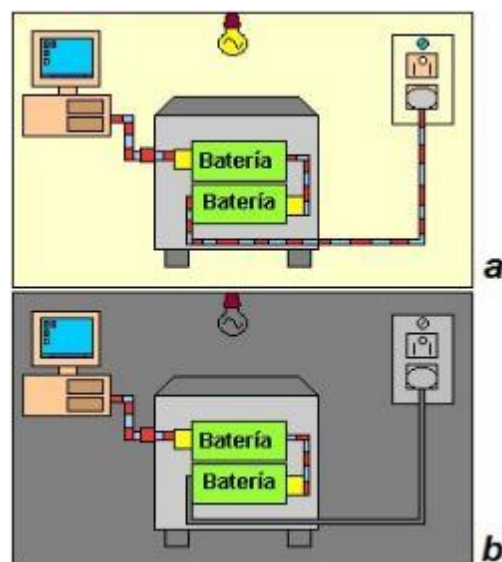


Figura 78. Funcionamiento UPS

Fuente: Informática moderna. 2016. El respaldo de energía UPS. <http://goo.gl/40r6Oq>

En la figura 78a, la UPS está conectada al flujo eléctrico como si fuera un artefacto como común y en la figura 78b, se muestra la utilidad de una UPS cuando se pasa el abastecimiento del cuarto a las baterías

### 3.1.3.3.3. Dimensionamiento de UPS

En el presente proyecto se hará la estimación de las cargas más necesarias que irán conectadas a la UPS, en la tabla 9 se hace una estimación de consumo de cada una.

Tabla 9. Consumo de potencia de las cargas a conectar en el UPS

CANTIDAD	CARGAS	POTENCIA	P. TOTAL
1	Unidad de control - Sistema SCADA	225 VA	225 VA
1	Panel de visualización - Sistema SCADA	125 VA	125 VA
1	PDU	10 VA	10 VA
1	PLC	13.125 VA	13.125 VA
1	Sistema inalámbrico	23.33 VA	23.33 VA
1	Switch Ethernet serial	15 VA	15 VA
1	Convertidor AC/DC	50 VA	50 VA
		<b>TOTAL</b>	<b>449.33 VA</b>

Referencia: "Situación actual" de las estaciones

La capacidad del UPS que se tiene en cada estación es de 700 VA y la potencia total que se consume por los artefactos del sistema SCADA es de 449.33 VA; siendo esta última menor que la capacidad del UPS por lo que se recomienda seguir usando este equipo.

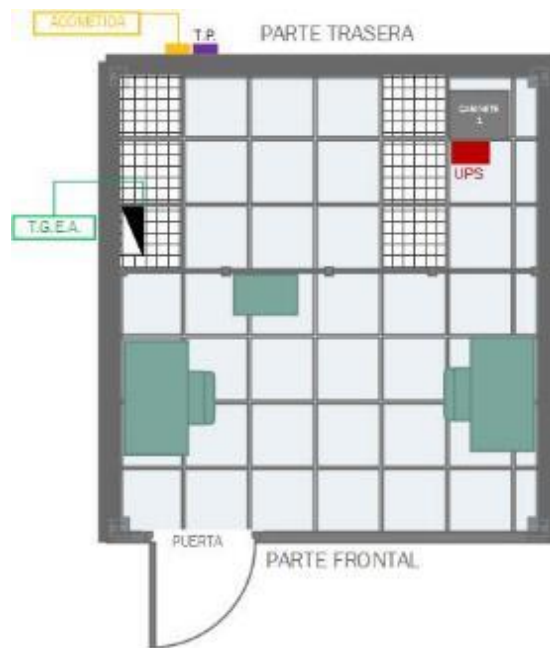
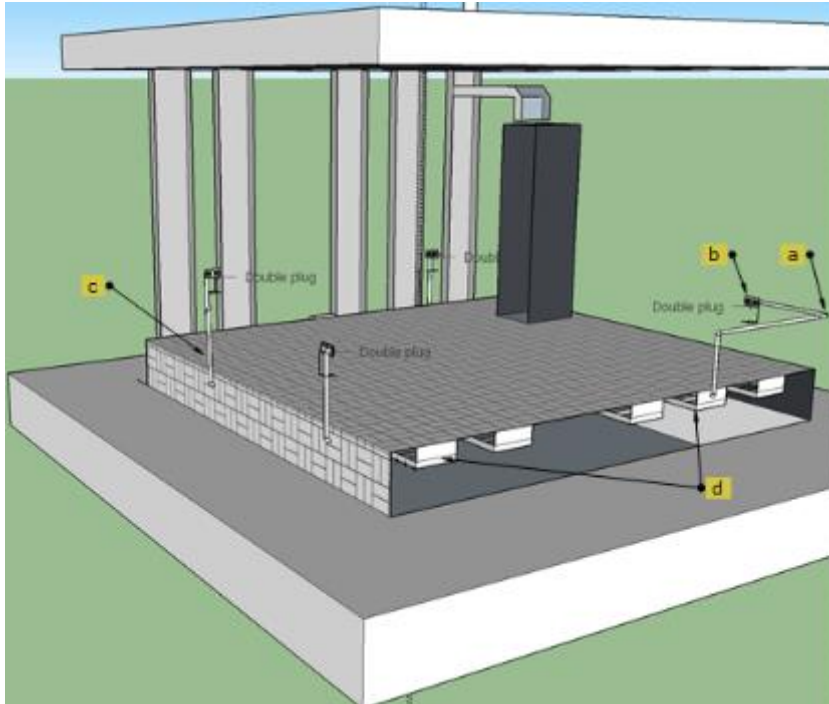


Figura 79. Vista superior del cuarto de equipos – ubicación de elementos eléctricos

En la figura 79 se puede apreciar la ubicación del UPS adyacente al gabinete de telecomunicaciones, junto al medidor de energía eléctrica que alimenta a la estación se encuentra el tablero principal (T.P.) y el tablero general de energía de apoyo (T.G.E.A.) en el interior del cuarto equipos de telecomunicaciones.

#### 3.1.3.3.4. Canalizaciones

Los medios para contener cables de energía eléctrica a la interna del cuarto de equipos serán escalerillas y tubos metálicos conduit; en cuanto a las escalerillas de 10 cm de ancho x 5 cm de altura, fabricadas en acero e instaladas bajo el piso técnico a una distancia de 15 cm y sujetados a la estructura metálica que soporta el piso, en todo el recorrido de la estructura metálica se debe cuidar la continuidad de forma que sea íntegramente aterrizada, en lo referente a la tubería para cableado de electricidad será metálica de 1 ½", de acero inoxidable. Se permite el paso de la tubería en la pared o en la estructura del edificio y se sugiere que la distancia de la toma corriente al piso sea de 50 cm.



*Figura 80. Vista frontal del cuarto de equipos - ductería para cableado eléctrico*

En la figura 80, apreciamos la ubicación de los tomacorrientes y la ubicación de las escalerillas bajo el piso, a continuación se describe la ilustración conforme a lo mostrado:

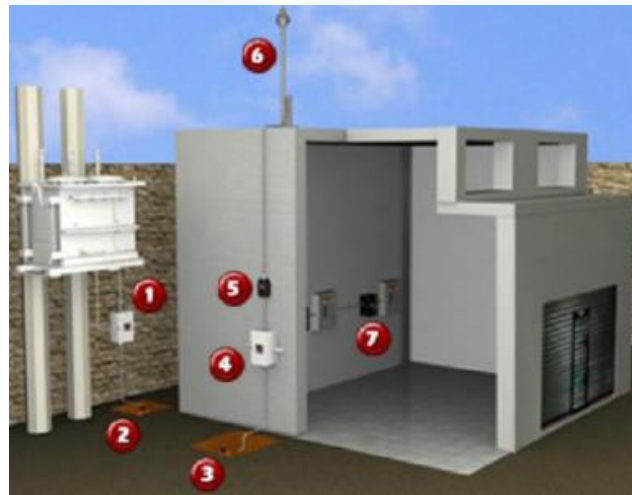
- a. Tubo conduit 1 ½"
- b. Tomacorriente doble
- c. Tubo conduit para tablero T.G.E.A.
- d. Escalerilla metálica para cableado eléctrico

### **3.1.3.3.5. Puesta a tierra**

El objetivo de la puesta a tierra es impedir que materiales, estructura metálica y equipos que estén dentro de la sala sean afectados por corrientes eléctricas indeseables, proporcionando un medio a través del cual sea posible entrar en contacto con el terreno en un tiempo no superior a 5 segundos. Para ello se distinguen dos fases que son:

### 3.1.3.3.6. Puesta a tierra atmosférica

Un sistema de puesta a tierra contra descargas atmosféricas considera la aplicación de un sistema de protección integral, compuesto por un sistema externo de protección contra tormentas eléctricas el cual está formado por elementos para captar, conducir y disipar la alta corriente que produce el rayo.



*Figura 81. Puesta a tierra atmosférica*

*Referencia: García Ismael. 2015. Tierras físicas. <http://www.electrojar.com.mx/pdf/2500K.pdf>*

Un esquema que ayuda a comprender el sistema de puesta a tierra atmosférico es el mostrado en la figura 81, donde cada número representa un elemento importante a considerar.

- 1) **Acoplador de impedancias principal:** protege la red de tierra de probables inducciones disipándolas a tierra y evitando el retorno de corrientes no deseadas. En este punto suele encontrarse el tablero de conexiones principal de todo el sistema eléctrico.
- 2) **Electrodo de disipación:** conduce la corriente a tierra que llega desde el medidor.
- 3) **Electrodo de puesta a tierra:** sirve como punto efectivo de disipación, ofrece baja resistencia y permanente.

- 4) **Acoplador de impedancias principal:** contiene la barra TMGB y brinda protección a la red de tierra de probables inducciones, permitiendo la disipación a tierra y evitando el retorno de corrientes.
- 5) **Contador** para descargas atmosféricas
- 6) **Pararrayos:** consiste en una punta captadora de descargas atmosféricas.
- 7) **T.G.E.A.:** tablero eléctrico secundario que es donde convergen las conexiones eléctricas en el interior del cuarto; es decir tomacorrientes, luminarias, equipamiento de comunicaciones, etc. El calibre del cable que permite aterrizar toda la estructura debe ser 6 AWG como mínimo.

### 3.1.3.3.7. Puesta a tierra de protección

Es la distribución que protege a todos los equipos eléctricos y electrónicos de posibles fenómenos transitorios, de forma que si se produce una descarga eléctrica la integridad de los equipos no se vea afectada, la característica principal es que posee un conductor que viaja paralelamente con la fase y neutro, llegando hasta el tomacorriente o punto desde donde se toma el servicio para alimentar a cada equipo eléctricamente.



Figura 82. Puesta a tierra de seguridad

Referencia: García Ismael. 2015. Tierras físicas. <http://www.electrojar.com.mx/pdf/2500K.pdf>



La figura 82 ayuda a comprender lo explicado anteriormente y a continuación se desglosa cada uno de sus componentes:

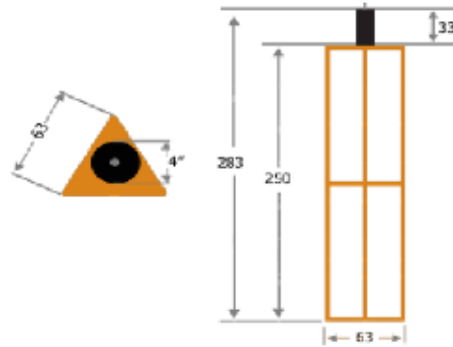
- 1) **Electrodo de puesta a tierra:** se considera como un punto efectivo de disipación, ofrece alta conductividad.
- 2) **Acoplador de impedancias principal:** protege la red de tierra de probables inducciones contiene una TMGB, proporciona disipación a tierra y a su vez evita el retorno de corrientes indeseadas, se puede usar la del acoplador de impedancias principal empleado en la puesta a tierra atmosférica sin ningún problema.
- 3) **Barra de unión:** denominada también T.G.B. es el punto en el cual se aterriza todo el componente metálico como ductos, canaletas, tubería, gabinetes e incluso el tablero TGEA.
- 4) **T.G.E.A.:** tablero eléctrico secundario y su función ya se mencionó; no olvidar que los equipos de telecomunicaciones deben tener un circuito independiente y dedicado únicamente para este tipo de componentes (telecomunicaciones).
- 5) **Puesta a tierra de PDU:** permite aterrizar los equipos de telecomunicaciones.
- 6) **Gabinete de telecomunicaciones:** aloja el equipamiento dedicado únicamente para dicho fin, las telecomunicaciones.
- 7) **Tomacorrientes:** puesta a tierra de los puntos que reparten el servicio.

#### 3.1.3.3.8. Preparación del suelo

Para la colocación del electrodo hay que seguir un proceso de acuerdo con lo delineado en el estándar ANSI/TIA/EIA-607:

- 1) **Ubicación del electrodo:** para instalar el electrodo de puesta a tierra, se debe elegir un lugar accesible para realizar mediciones periódicas.

- 2) Construcción del foso:** construir un foso, cuyas medidas serán 300 x 150 x 150 cm y el electrodo a emplear es el TG-2500, el electrodo adecuado es similar al mostrado en la figura 83.



*Figura 83. Electrodo TotalGround-2500 para puesta a tierra*

*Referencia: García Ismael. 2015. Tierras físicas. <http://www.electrojar.com.mx/pdf/2500K.pdf>*

- 3) Preparación del suelo:** con el fin de lograr la mejor puesta a tierra con una resistencia baja y permanente, se sugiere el uso de agua y de algún acondicionador de suelo que permita bajar la resistividad del suelo, hasta llegar al mínimo que designa la norma (2 ohms).
- 4) Colocación del electrodo:** acorde al esquema de la figura 84:

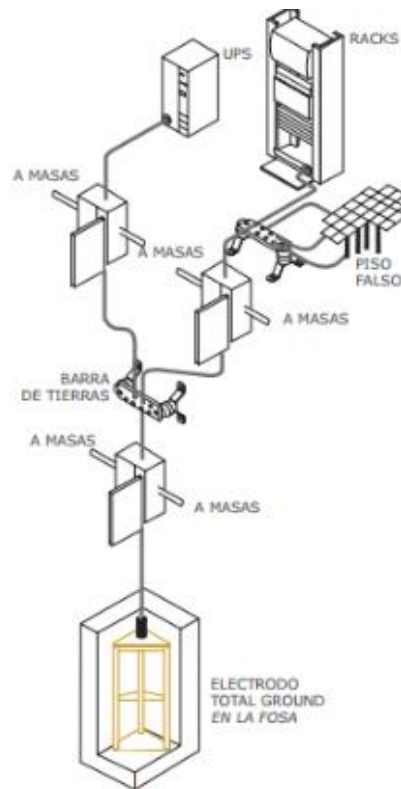


Figura 84. Posición del electrodo de puesta a tierra

Referencia: García Ismael. 2015. Tierras físicas. <http://www.electrojar.com.mx/pdf/2500K.pdf>

**5) Conexión al punto de registro:** la conexión debe ser directa al borne del electrodo, no se permiten curvas o cable excedente dentro del punto de registro, tal como se muestra en la figura 85.



Figura 85. Punto de registro - borne del electrodo

Referencia: García Ismael. 2015. Tierras físicas. <http://www.electrojar.com.mx/pdf/2500K.pdf>

### 3.1.3.3.9. Pararrayos

En la elección de un sistema pararrayos se elige aquel elaborado de acero inoxidable debido a su baja resistividad  $72 \times 10^{-8}$  ohms y el tipo adecuado es el mostrado en la figura 86.



Figura 86. Punta pararrayos

Referencia: García Ismael. 2015. Tierras físicas. <http://www.electrojar.com.mx/pdf/2500K.pdf>

### 3.1.3.4. Climatización

El sistema de aire acondicionado ayuda a mantener el nivel de temperatura y humedad adecuado para un ambiente de comunicaciones, a continuación, se realiza un cálculo para identificar qué equipo se acopla al cuarto de equipos del presente proyecto.

#### 3.1.3.4.1. Capacidad del sistema de aire acondicionado

Conforme a la ecuación 1, detallada en el capítulo 2 se empieza por calcular el volumen del cuarto de equipos:

$$\mathbf{Volumen = Largo * Ancho * Altura} \quad (1)$$

$$\mathbf{Volumen = 4.48 * 4.16 * 2.50}$$

$$\mathbf{Volumen = 46.59 \text{ m}^3}$$

Una vez definido el volumen del cuarto de equipos, se procede a calcular la capacidad que deberá tener el sistema de aire acondicionado:

$$\mathbf{C = 230 * V + (\#P/E * 476)} \quad (2)$$

La definición de valores en la ecuación empezará definiendo el número de equipos que se colocarán en el cuarto de equipos y que producen calor, el número de personas que ocuparán un espacio a la interna del cuarto que sería aproximadamente 2, para ello se elabora la tabla 10:

*Tabla 10. Equipos que producen calor en el cuarto de equipos*

ESPACIOS PARA EQUIPOS	EQUIPOS	NÚMERO
Gabinete de telecomunicaciones 1	Panel de Visualización	1
	Unidad de Control	1
	UPS	1
Gabinete de telecomunicaciones 2	Panel de visualización	1
	Unidad de control	1
	UPS	1
Gabinete de telecomunicaciones 3	Panel de visualización	1
	Unidad de control	1
	UPS	1
<b>TOTAL</b>		<b>9</b>

*Referencia: "Situación actual" de las estaciones*

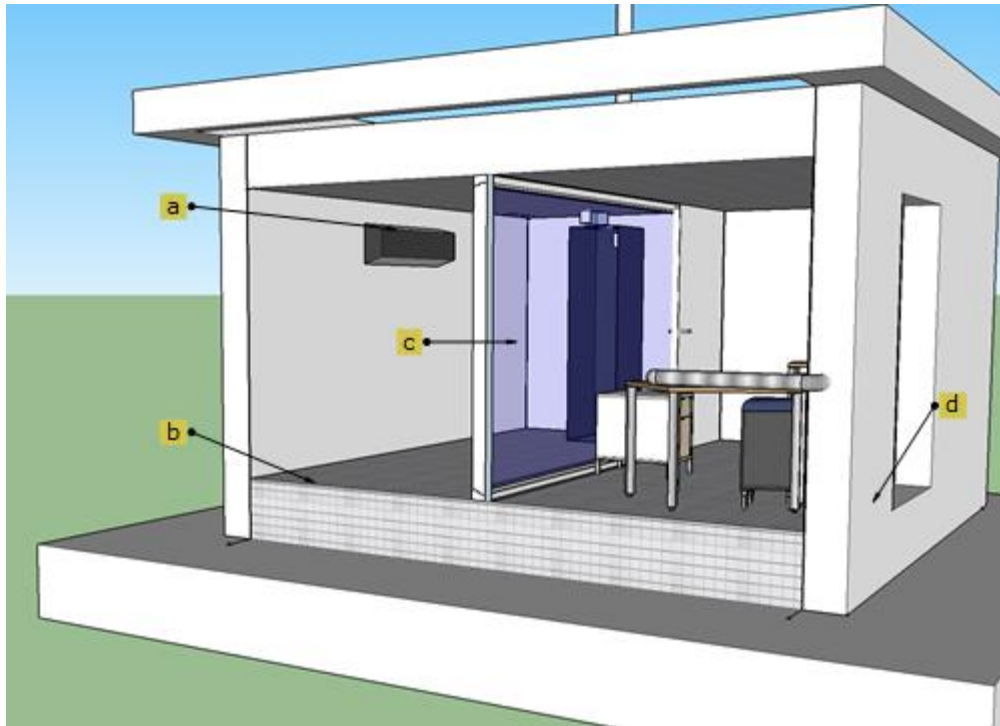
La variable #P/E queda definida en 11, una vez definidos los valores se los reemplaza en la ecuación de la capacidad, quedando de la siguiente forma:

$$C = 230 * 46.59 \text{ m}^3 + (11 * 476) \quad (1) \text{ en } (2)$$

$$C = 15951,7 \text{ BTU}$$

*Capacidad de aire acondicionado*

La capacidad del equipo de aire acondicionado debe ser de 15951,7 BTUs, para ello se deberá elegir un equipo que cumpla con las recomendaciones de capacidad es decir 16000 BTUs aproximadamente, así como también de espacio disponible dentro del cuarto de equipos porque sus medidas deben ser menores a 1,50 m de largo x 0,50 m de alto, a continuación, una figura donde se muestra la recomendación para su ubicación.



*Figura 87. Vista lateral izq. cuarto de equipos - ubicación de aire acondicionado*

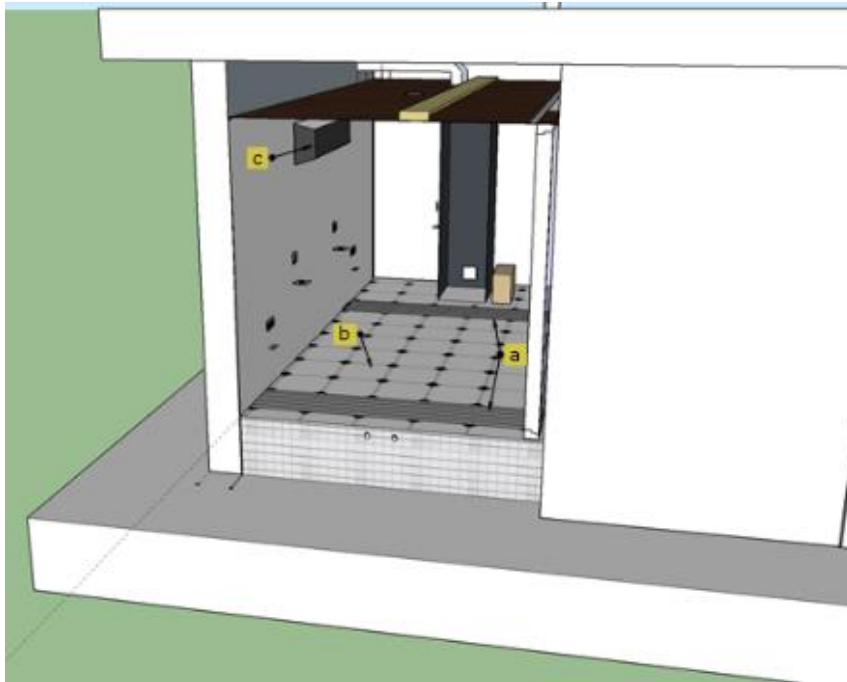
Descripción de la figura 87:

- a. Espacio disponible para colocación de equipo de aire acondicionado
- b. Espacio disponible para colocación de equipos a futuro
- c. Pared acristalada
- d. Pared frontal, entrada al cuarto de equipos

#### **3.1.3.4.2. Estructura adicional para climatización**

La colocación de las placas para piso técnico obedecerá a la distribución de pasillos fríos y calientes que a su vez depende de la ubicación de los elementos dentro del cuarto de equipos. Únicamente se formará dos pasillos fríos por la cantidad de elementos que habrá

dentro tomando en cuenta un futuro crecimiento, la figura 76 muestra la ubicación de los pasillos fríos, en el interior del cuarto.



*Figura 88. Vista lateral izquierda - Ubicación de pasillos fríos*

En la figura 88, se puede apreciar la ubicación de placas para pasillos fríos conforme se mencionó en el capítulo II, inicialmente solo se ubicará un gabinete que contiene equipos del sistema SCADA, a continuación, una descripción de la ilustración:

- a. Pasillos fríos
- b. Piso técnico
- c. Equipo de aire acondicionado

Cabe recordar que bajo el pasillo frío se encuentran las unidades mejoradoras de aire CRACS, que emplean gases refrigerantes amigables con el medio ambiente, conforme al tratado de KYOTO los más aconsejables son:

- **MO29 (R-422D):** es un refrigerante, fácil de usar y que no daña la capa de ozono es ampliamente usado en aplicaciones de expansión directa, aire acondicionado residencial y comercial.
- **R-600A:** es un hidrocarburo que se emplea en equipos de refrigeración, como neveras o aparatos de enfriamiento directo.

Pueden existir diferentes tipos de refrigerantes, pero los más aconsejables son los que se acaban de detallar por su costo y disponibilidad en el mercado, así como su compatibilidad con los tipos de aceite que se maneja para estos fines. (REFECOL, 2013)


El diseño del cuarto destinado a albergar equipos de telecomunicaciones concluye, para seguir con el diseño del sistema inalámbrico.

### 3.2. DISEÑO DEL SISTEMA INALÁMBRICO

La etapa final del proyecto inicia estableciendo el modelo de migración de tecnología inalámbrica para ello se establecen 3 fases siguiendo el orden mostrado en la tabla 11; a continuación, se procede con el cumplimiento de cada una de las 3 fases.

#### 3.2.1. Ventajas modelo propuesto frente a modelo implementado

Tabla 11. Proceso de migración de tecnología

Actividad	Estado
Ventajas del nuevo modelo	
Identificación y establecimiento de Soluciones	
Ejecución de Cambios	

Las mejoras del estándar para redes inalámbricas IEEE 802.11ac son evidentes y es importante resaltarlas, porque este brinda las directrices de la reingeniería del sistema



inalámbrico y sus ventajas; entonces se plantea una comparativa entre lo que se propone en el modelo y lo que ya está implementado.

Tabla 12. Ventajas estándar a emplear en el modelo de migración

<b>Factores</b>	<b>(Actual) 802.11 a</b>	<b>(Propuesto) 802.11ac</b>
Frecuencia	5 GHz	5 GHz
Ancho de banda de los canales	20, 40 MHz	20, 40 y 80 MHz
Modulación	OFDM	256 QAM
Velocidad	54 Mbps	1.3 Gbps
Flujos espaciales	No	MU-MIMO 8x8
Compatibilidad con estándares anteriores	No	Si (a, b, g, n)
Alcance outdoor	5 Km	7 Km

Como se puede distinguir en la tabla 12, entre los beneficios más importantes en la evolución de tecnología están el ancho de banda de los canales se incrementa, la modulación utilizada permite tener una mayor tasa de transmisión, la velocidad aumenta ostensiblemente y por último el alcance outdoor aumenta siendo ideal para el presente proyecto.

### 3.2.1.1. Dimensionamiento del sistema

La intención de la empresa EMAPA-I es que en un futuro las estaciones de bombeo puedan administrarse desde la oficina central con una herramienta para gestión de red de comunicaciones, el objetivo es que cuando haya alguna anomalía en el desempeño de los equipos y de la red se notifique a las personas concernientes el hecho, mediante un correo electrónico, una llamada de VoIP, etc.

Butler Jane et al. afirma que:

“Para calcular el ancho de banda requerido en la transmisión y comunicación del sistema inalámbrico es necesario tomar en cuenta la aplicación que ocupe más ancho de banda de las que se

va a emplear que es una llamada IP, en este caso se va a establecer un estimado de 300 kbps y un ancho de banda menor en caso de emplear otro tipo de notificación”. (p. 203)

La tabla 13, contiene los valores de ancho banda para las principales aplicaciones de comunicaciones.

*Tabla 13. Consumo de ancho de banda por cada aplicación*

APLICACIONES	ANCHO DE BANDA
Mensajes de Texto	< 1 kbps
Correo electrónico	1 a 100 kbps
Voz sobre IP (VoIP)	100 a 300 kbps

*Referencia: Butler Jane. 2013. Redes inalámbricas en los países en desarrollo. <http://goo.gl/9c2z07>*

Para calcular el ancho de banda total que va a tolerar el enlace se considerara un caso en el que las tres estaciones van a transmitir simultáneamente efectuando una llamada IP; para que se tenga una alta exigencia del sistema en ancho de banda, posteriormente se representa en la tabla 14 el calculo de AB para todo el enlaces de comunicaciones.

*Tabla 14. Ancho de banda total del sistema inalámbrico*

LOCALIDAD	APLICACIÓN	ANCHO DE BANDA
Estación de bombeo # 1	Llamada de VoIP	300 kbps
Estación de bombeo # 2	Llamada de VoIP	300 kbps
Estación de bombeo # 3	Llamada de VoIP	300 kbps
TOTAL		900 kbps

*Referencia: Butler Jane. 2013. Redes inalámbricas en los países en desarrollo. <http://goo.gl/CCOhs>*

El sistema inalámbrico del presente proyecto empleará tecnología IEEE 802.11ac, ésta tecnología proporciona una tasa de transferencia maxima de 1,3 Gbps (valor real) para los



0.9 Mbps que se solicita en un supuesto caso que las 3 estaciones efectúen una llamada de VoIP en simultáneo para notificar alguna anomalía.

Ahora el siguiente paso del modelo de migración es identificar las complicaciones que se evidencian para el no funcionamiento de los enlaces de radio ofreciendo la respectiva solución.

### 3.2.2. Reingeniería del sistema inalámbrico

El proceso de reingeniería consiste en identificar las dificultades e ir las solventando con los diferentes tipos de soluciones matemáticas y tecnológicas, para ello se sigue el proceso de migración de tecnología mostrado en la tabla 15.

Tabla 15. Proceso de migración de tecnología

Actividad	Estado
Ventajas del nuevo modelo	
Identificación y establecimiento de Soluciones	
Ejecución de Cambios	

Se empieza por ubicar las estaciones es decir obtener sus coordenadas geográficas de forma que se pueda localizarlas fácilmente más adelante en la simulación, los datos obtenidos se ingresan en la tabla 16.

Tabla 16. Coordenadas geográficas de las estaciones de EMAPA

LOCALIDAD	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	LATITUD	LONGITUD
Estación de bombeo # 1	0°19'49.55"N	78° 7'46.78"O
Estación de bombeo # 2	0°19'47.08"N	78° 7'49.27"O
Estación de bombeo # 3	0°19'42.54"N	78° 7'44.67"O
Estación repetidora	0°20'59.98"N	78° 6'7.72"O
Oficina matriz EMAPA-I	0°20'57.32"N	78° 7'5.22"O

Referencia: "Situación actual" de las estaciones

### 3.2.2.1. Arquitectura propuesta de la red inalámbrica

La arquitectura del sistema inalámbrico que se propone se constituye como una etapa primordial de la reingeniería, se conformará un enlace punto a multipunto donde el coordinador de la comunicación será el equipo colocado en la estación repetidora, este equipo será una antena sectorial de 90° que soporte streaming espacial MIMO de al menos 4x4, en la figura 89 se puede verificar lo mencionado.

LEYENDA

	Oficina Matriz EMAPA-I
	Estación de Bombeo
	Enlace - punto a multipunto

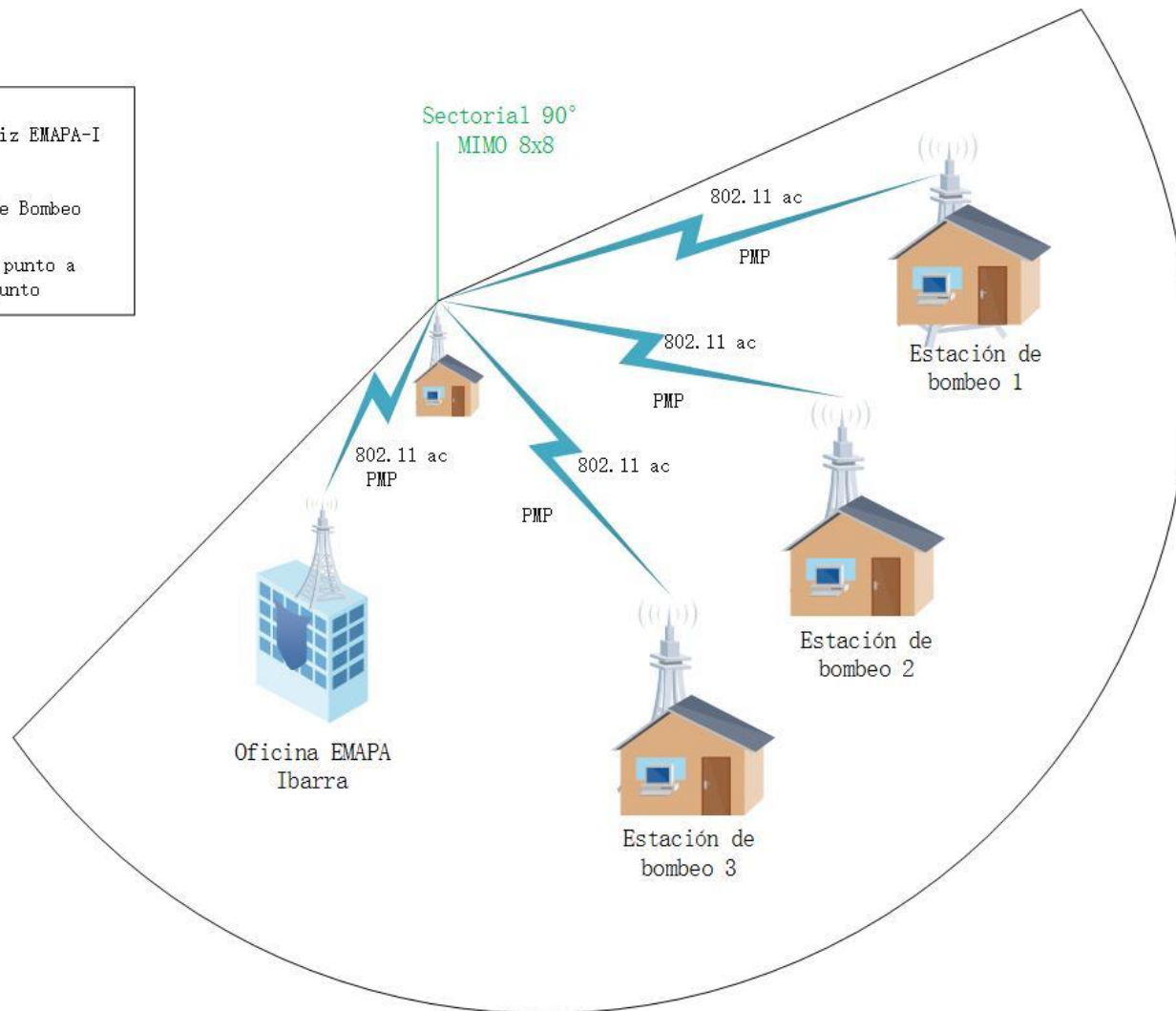


Figura 89. Topología del sistema inalámbrico

La antena que se emplee como repetidor receptorá la información proveniente del estado de las válvulas ubicadas en cada una de las estaciones y la replicará hacia la oficina matriz, se puede verificar en la figura 90 la ubicación de los diferentes lugares simulando los enlaces a establecerse y la cobertura de la antena sectorial en el Arcángel.



Figura 90. Tipología de red – propuesta del modelo de migración

### 3.2.2.2. Planificación sistema radiante

Una vez definida la arquitectura y topología del sistema inalámbrico, el siguiente paso es hacer una planificación para despejar el haz radioeléctrico conforme al perfil geográfico del terreno, para tal fin se realizará un cálculo de las zonas de Fresnel tomando en cuenta los perfiles geográficos del terreno.

Es importante tomar en cuenta que, frente a las estaciones de bombeo, existe un área boscosa con árboles de eucalipto como se puede constatar en la figura 91, lo que no permite que haya línea de vista con la estación repetidora, por lo cual hay que tomar ciertos recaudos

en la planificación del sistema inalámbrico ya que éstos alcanzan una altura aproximada de 40 metros.



*Figura 91. Zona boscosa frente a las estaciones de bombeo*

*Referencia: GOOGLE MAPS. 2015. <https://www.google.com/maps>*

A continuación, se procede a realizar la planificación de despeje de las zonas de Fresnel, para que en cada una de las estaciones se tenga una franja apta para transmisión inalámbrica efectiva, esto se logrará calculando cuánto deben ser levantadas las antenas para que se pueda efectuar la transmisión.

#### **3.2.2.2.1. Estación de bombeo 1 a estación repetidora – tramo 1**

En la figura 92 se realiza un esquema que permite identificar la variable a calcular en esta sección que es la altura a la cual deben colocarse las antenas en las estaciones de bombeo.

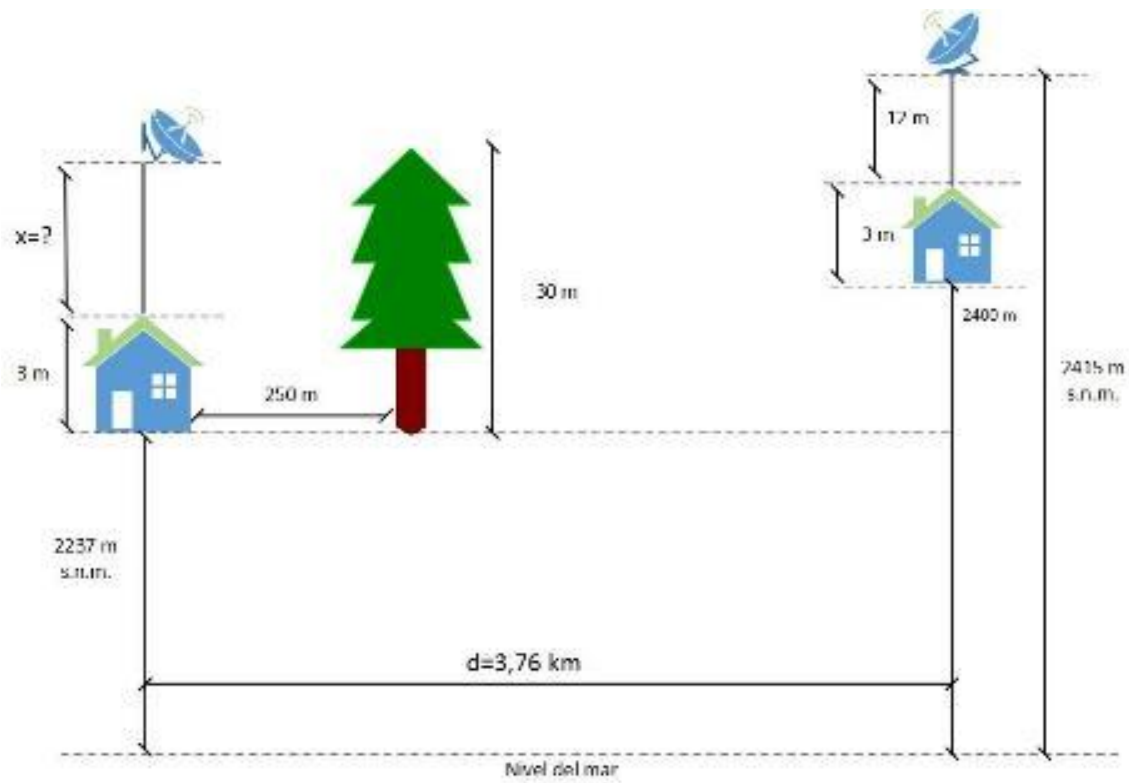


Figura 92. Esquema previo al diseño de despeje de la zona de Fresnel

Conforme a las ecuaciones 2 y 3 establecidas en capítulos anteriores se procede al cálculo de valores de la primera Zona de Fresnel y de la distancia de despeje respectivamente, ayudados de la figura 93:

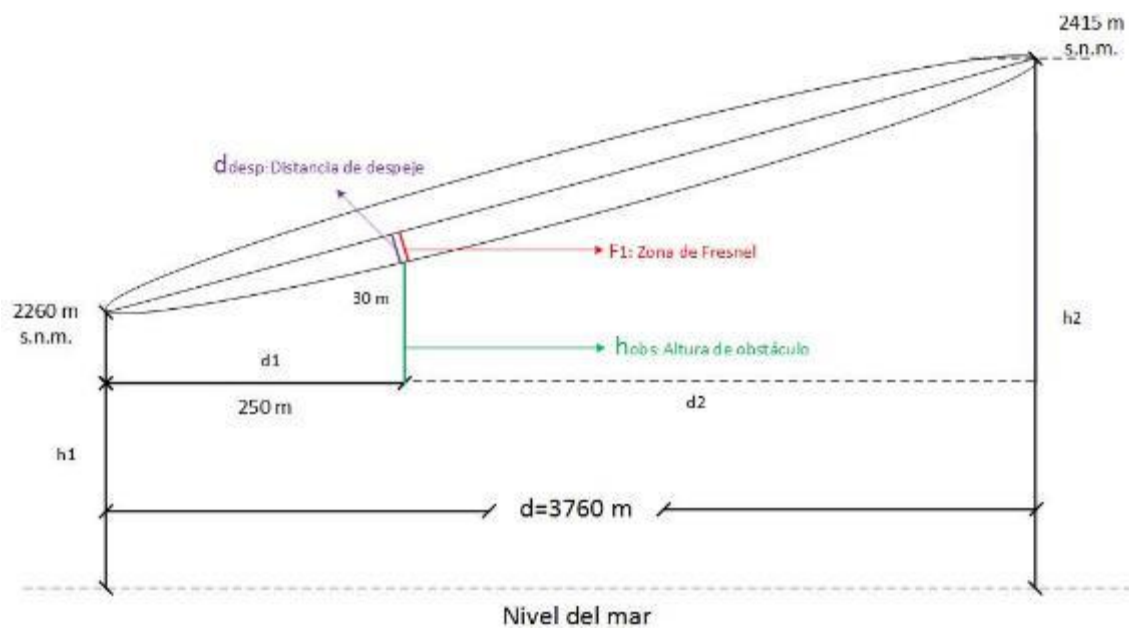


Figura 93. Representación de valores para cálculos



- Zona de Fresnel,

$$F1 = 17,3 \sqrt{\frac{(0,25 \text{ Km})(3,51 \text{ Km})}{(3,76 \text{ Km})(5 \text{ GHz})}} \quad (3)$$

$$F1 = 3,73758 \text{ m}$$

$$0,6 F1 = 2,24 \text{ m}$$

*Cálculo de la primera zona de Fresnel*

El primer cálculo es de la Zona de Fresnel y de su 60%, que despejando ese porcentaje se garantiza una transmisión segura.

- Distancia de despeje

En este punto cabe destacar un comentario adicional, que la altura de la antena se definió mediante la experimentación con diferentes valores, quedando la variable h1, de la siguiente manera:

$$h1 = 2237\text{m (altura del lugar s.n.m.)} + 3\text{m (altura de la estación)} + 20\text{m (altura de la torre)}$$

$$h1 = 2260\text{m}$$

Reemplazando:

$$d_{\text{desp}} = h1 + \frac{d1}{d1+d2} (h2 - h1) - \left( h_{\text{obs}} + \frac{d1*d2*1000}{2*k*a} \right) \quad (4)$$

$$d_{\text{desp}} = 2260\text{m} + \frac{0,25\text{Km}}{3,76\text{Km}} (2415\text{m} - 2260\text{m}) - \left( 2267\text{m} + \frac{0,25\text{Km} * 3,51\text{Km} * 1000}{2 * \frac{4}{3} * 6370} \right)$$

$$d_{\text{desp}} = (2260 + 10,30585) - (2267 + 0,05165)$$

$$d_{\text{desp}} = 2270,23936 - 2267,05165$$

$$d_{\text{desp}} = 3,18 \text{ m}$$

*Cálculo de la distancia de despeje*

De acuerdo a los valores obtenidos se puede apreciar que para esa altura de la antena en la estación de bombeo # 1, la distancia de despeje es mayor al 60% de la primera Zona de

Fresnel, este conjunto de operaciones y cálculos deben ser realizados para las estaciones de bombeo restantes.

### 3.2.2.2.2. Estación de bombeo 2 a estación repetidora – tramo 2

En la figura 94 se realiza un esquema que permite identificar la variable a calcular en esta sección que es la altura a la cual deben colocarse la antena en la estación de bombeo 2.

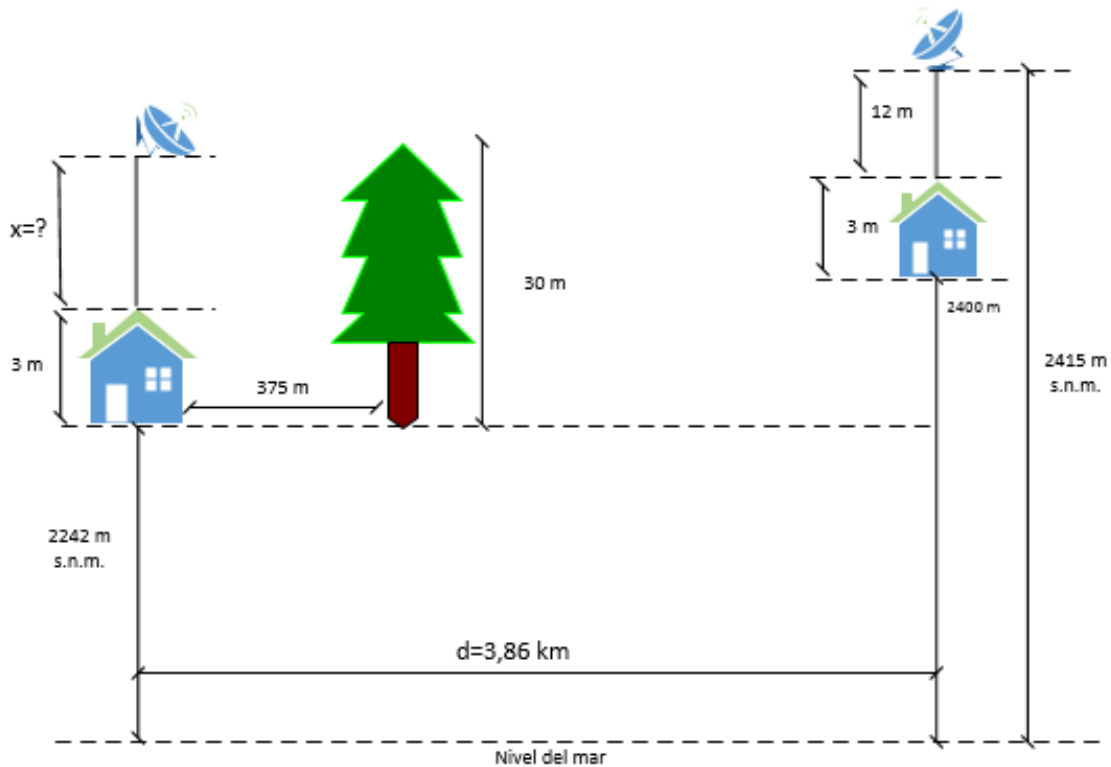


Figura 94. Esquema previo al diseño de despeje de la zona de Fresnel

Se procede al cálculo de valores de la primera Zona de Fresnel y de la distancia de despeje respectivamente, ayudados de la figura 95.

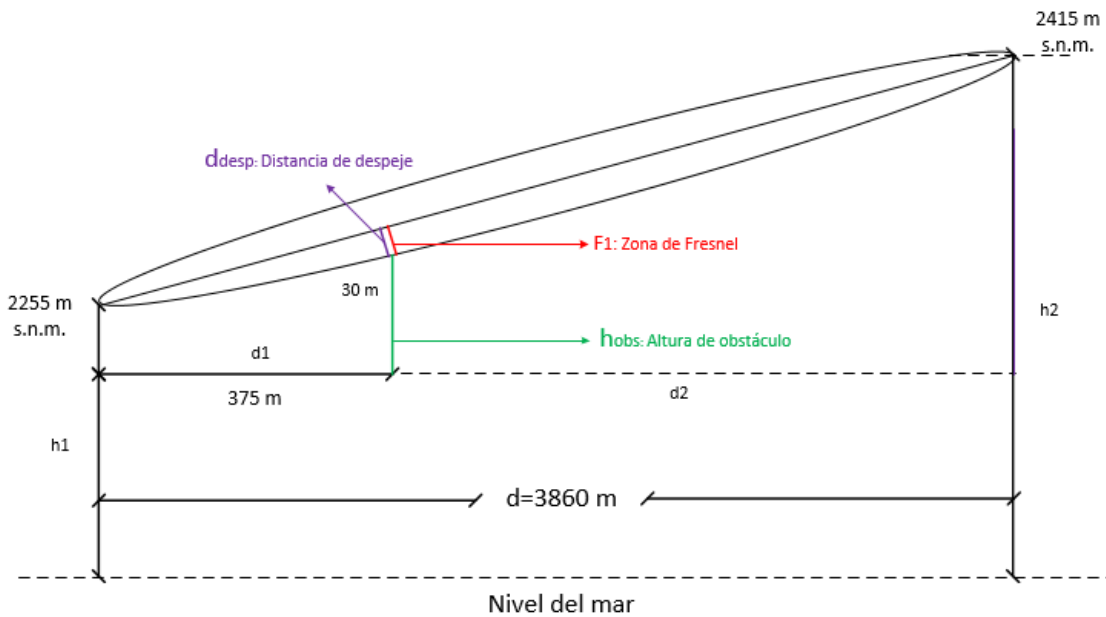


Figura 95. Representación de valores para cálculos

- Zona de Fresnel

$$F1 = 17,3 \sqrt{\frac{(0,375 \text{ Km})(3,485 \text{ Km})}{(3,86 \text{ Km})(5 \text{ GHz})}} \quad (5)$$

$$F1 = 4,55 \text{ m}$$

$$0,6 F1 = 2,73 \text{ m}$$

*Cálculo de la primera zona de Fresnel*

El primer cálculo es de la Zona de Fresnel y de su 60% en el segundo tramo.

- Distancia de despeje

Al igual que en el tramo anterior, la altura de la antena se definió mediante la experimentación con diferentes valores, quedando la variable h1, de la siguiente manera:

$$h1 = 2242\text{m (altura del lugar s.n.m.)} + 3\text{m (altura de la estación)} + 10\text{m (altura de la torre)}$$

$$h1 = 2255 \text{ m}$$

Reemplazando:

$$d_{\text{desp}} = h_1 + \frac{d_1}{d_1+d_2} (h_2 - h_1) - \left( h_{\text{obs}} + \frac{d_1*d_2*1000}{2*k*a} \right) \quad (6)$$

$$d_{\text{desp}} = 2255\text{m} + \frac{0,37\text{Km}}{3,86\text{Km}} (2415\text{m} - 2260\text{m}) - \left( 2267\text{m} + \frac{0,375\text{Km} * 3,48\text{Km} * 1000}{2 * \frac{4}{3} * 6370} \right)$$

$$d_{\text{desp}} = (2255 + 15,54404) - (2267 + 0,07693)$$

$$d_{\text{desp}} = 2270,54404 - 2267,07693$$

$$d_{\text{desp}} = 3,46 \text{ m}$$

*Cálculo de la distancia de despeje*

De acuerdo a los valores obtenidos se puede apreciar que para esa altura de la antena en la estación de bombeo # 2, la distancia de despeje es mayor al 60% de la primera Zona de Fresnel.

### 3.2.2.2.3. Estación de bombeo 3 a estación repetidora – tramo 3

En la figura 96 se realiza un esquema que permite identificar las variables a calcular.

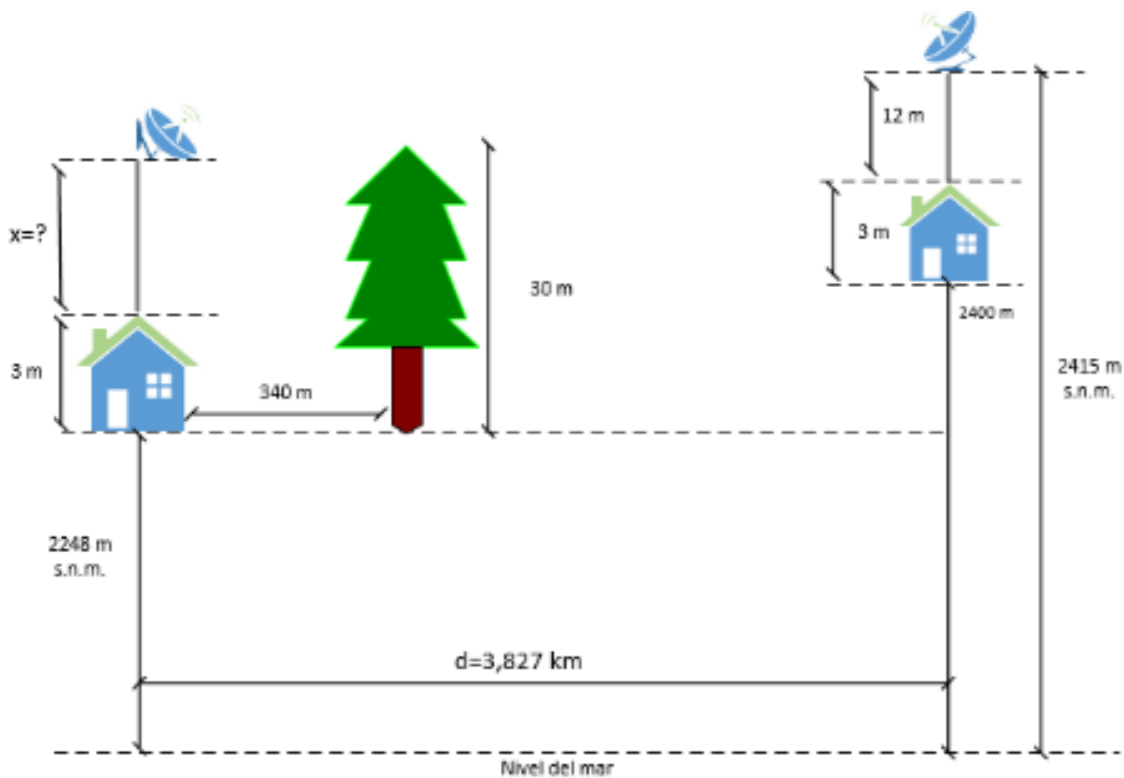


Figura 96. Esquema previo al diseño de despeje de la zona de Fresnel

Se procede al cálculo de valores de la primera Zona de Fresnel y de la distancia de despeje respectivamente, ayudados de la figura 97.

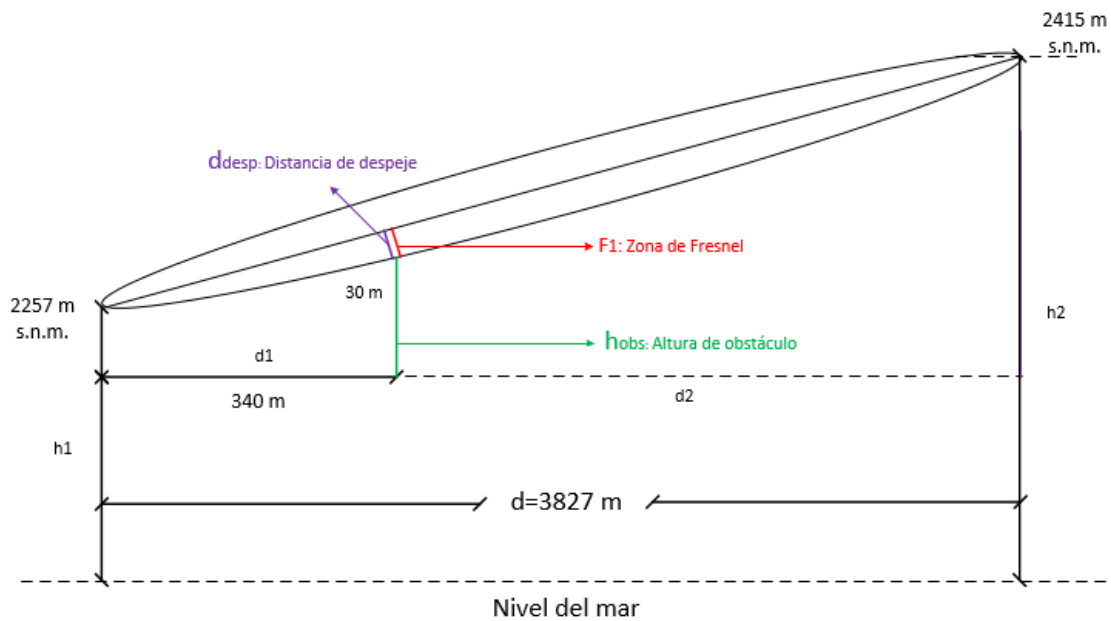


Figura 97. Representación de valores para cálculos

- Zona de Fresnel

$$F_1 = 17,3 \sqrt{\frac{(0,340 \text{ Km})(3,487 \text{ Km})}{(3,827 \text{ Km})(5 \text{ GHz})}} \quad (7)$$

$$F_1 = 4,30623 \text{ m}$$

$$0,6 F_1 = 2,58 \text{ m}$$

*Cálculo de la primera zona de Fresnel*

El primer cálculo es de la Zona de Fresnel y de su 60%.

- Distancia de despeje

La altura de la antena se definió mediante la experimentación con diferentes valores, quedando la variable  $h_1$ , de la siguiente manera:

$$h_1 = 2248 \text{ m (altura del lugar s.n.m.)} + 3 \text{ m (altura de la estación)} + 6 \text{ m (altura de la torre)}$$

$$h_1 = 2260 \text{ m}$$

Reemplazando:

$$d_{\text{desp}} = h_1 + \frac{d_1}{d_1+d_2} (h_2 - h_1) - \left( h_{\text{obs}} + \frac{d_1*d_2*1000}{2*k*a} \right) \quad (8)$$

$$d_{\text{desp}} = 2257\text{m} + \frac{0,34\text{Km}}{3,827\text{Km}} (2415\text{m} - 2257\text{m}) - \left( 2267\text{m} + \frac{0,34\text{Km} * 3,48\text{Km} * 1000}{2 * \frac{4}{3} * 6370} \right)$$

$$d_{\text{desp}} = (2257 + 14,03710) - (2267 + 0.06979)$$

$$d_{\text{desp}} = 2271,0371 - 2267,06979$$

$$d_{\text{desp}} = 3,97 \text{ m}$$

*Cálculo de la distancia de despeje*

De acuerdo a los valores obtenidos se puede apreciar que para esa altura de la antena en la estación de bombeo # 3, la distancia de despeje es mayor al 60% de la primera Zona de Fresnel, este conjunto de operaciones y cálculos deben ser realizados para las estaciones de bombeo restantes.

Una vez definida la altura a la que deben colocarse las antenas, se procede a la selección de equipos que funcionen con el estándar 802.11ac.

#### **3.2.2.2.4. Estación repetidora a la oficina Matriz – tramo 4**

En este tramo no existen mayores problemas porque se tiene una línea de vista perfecta desde la estación repetidora hasta la oficina central de EMAPA.

#### **3.2.2.3. Equipos e insumos empleados en el sistema radiante**

La selección de equipos se debe hacer tomando en cuenta las necesidades y requerimientos del diseño.

### 3.2.2.3.1. Equipo para configurarse como sectorial

En el presente caso se empleará una antena tipo sectorial para cubrir el área de las estaciones de bombeo, para ello se ha conformado la tabla 17 donde se establece una comparación que ayudará en la elección del dispositivo radiante.

Tabla 17. Antenas con características acorde al presente proyecto

	HG2458-14DP-3NF	mANTBox 19s	SXT SA ac
Frecuencia:	4,9 - 5,8 GHz	5,17 - 5,82 GHz	5,1 – 5,72 GHz
Apertura haz hor:	80,5°	120°	90°
Apertura haz ver:	10,5°	15°	5°
Polarización:	Vertical/Horizontal	Vertical/Horizontal	Vertical/Horizontal
Entradas MIMO:	2x2	2x2	4x4
Potencia Max.:	25 dB	27 dB	28 dB
Ganancia:	16 dBi	15 dBi	13 dBi
Precio:	\$ 199	\$ 199	\$ 119



Referencia: PÉREZ MIGUEL. 2014. *Wireless systems*. <http://blogthinkbig.com/wifi-de-doble-banda/>

La antena que mejor se adapta al diseño del sistema radiante es la SXT SA ac, es una robusta antena sectorial que soporta los estándares 802.11 a/n/ac y cuenta con streaming espacial de 4x4, lo cual se adapta a la perfección al proyecto para el enlace PMP; cuenta con un puerto Gigabit Ethernet que ayuda a obtener su máximo rendimiento. La SXT SA ac es compatible con el tipo de montaje de los radios SXT, por lo que puede utilizar los sistemas de montaje QuickMount para una sólida instalación. (MIKROTIK, 2014)

### 3.2.2.3.2. Equipo para configurarse como estación

La recomendación del fabricante es decir “MIKROTIK”, es que para aprovechar al máximo el rendimiento del sistema inalámbrico es que se trabaje con la antena sectorial ya

mencionada junto a las antenas SXT en función de estaciones; este criterio se lo respalda en la figura 98.

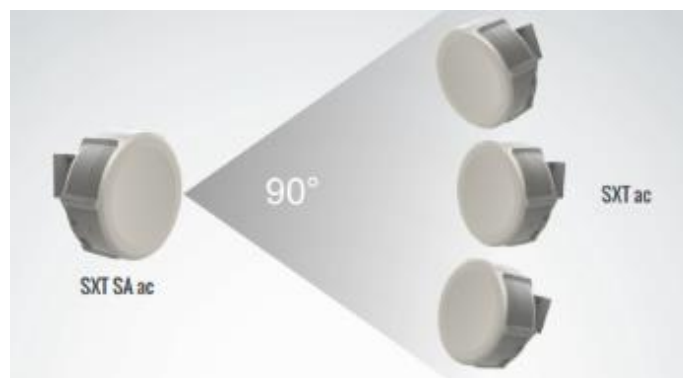


Figura 98. Dispositivos para el enlaces punto-multipunto con la sectorial SXT SA ac

Referencia: MIKROTIK. 2014. Wireless systems. <http://goo.gl/4Urdif>

Las características de las antenas SXT se representan en la tabla 18, donde se detalla lo más útil para realizar el posterior presupuesto de enlace.

Tabla 18. Características de Antena SXT

	SXT 5 ac
Frecuencia:	5 GHz
Polarización:	Vertical/Horizontal
Entradas MIMO:	2x2
Conector:	MMCX
Ganancia:	16 dBi
Potencia:	28 dB
Precio:	\$ 109



Referencia: MIKROTIK. 2014. Wireless systems. <http://routerboard.com/>

Una vez hecha la elección de los equipos, sigue el escoger el tipo de conectores y cables, que permitan obtener el máximo rendimiento del sistema, es decir que presenten la menor tasa de pérdidas.



### 3.2.2.3.3. Cable y conectores

En la elección de un cable que se adapte mejor al presente proyecto, la norma ANSI/TIA-568-C.2 realiza recomendaciones para sistemas de comunicaciones con diferentes aplicaciones, la norma en cuestión nos dirige hacia una solución blindada y menciona que los sistemas apantallados o blindados pueden proporcionar importantes beneficios en costos, a la vez que mayor ancho de banda y velocidad de las aplicaciones.

Cables categoría 6a F/UTP presentan un menor aumento de temperatura, cuando los pares están sujetos a corriente continua, que ya es una ventaja frente a los comunes cables categoría 6 UTP. Los sistemas de cableado estructurado 6a F/UTP son ideales en instalaciones que soportan PoE porque disipan el calor producido al máximo y permiten:

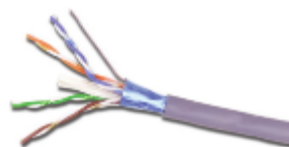
- Reducir la atenuación de los cables agrupados en un conducto al estar expuestos al calor generado por la transmisión eléctrica de PoE.
- Bajar la atenuación causada por las altas temperaturas del ambiente.

Los cables blindados al atenuar el ruido permiten mayor velocidad de transmisión, tecnologías de redes más rápidas, mejor índice de tasa de errores de bit y es menos susceptible a daños causados por prácticas de instalación, condiciones de canalizaciones, ruido ambiental, temperatura y disturbios electromagnéticos.

Todo indica que el cable a emplear en el proyecto es categoría 6a F/UTP de Marca SIEMON con las características mostradas en la tabla 19.

Tabla 19. Características del Cable Cat. 6a F/UTP

	SIEMON Cat 6a F/UTP 4-Pair Cable
Norma que cumple:	ANSI/TIA-568-C.2
Calibre (AWG):	23 AWG
Aplicación (Ethernet):	1000BASE-T
Atenuación (dB/10m):	4,53
Frecuencia máx.:	750 MHz
Exteriores/Interiores:	Si/Si



Referencia: SIEMON. 2016. SS\_CAT6A\_FUTP\_INT\_R. <http://siemon.com/>

En cuanto a los conectores a emplearse el fabricante realiza cierta sugerencia tomando siempre en cuenta que el blindaje elimina la gran mayoría de interferencias, aumentando sustancialmente los márgenes de desempeño del cableado, por lo consiguiente se elige el siguiente componente mostrado en la tabla 20.

Tabla 20. Características del Jack, Cat 6 RJ-45 FTP

	Cat. 6 RJ 45 Keystone FTP
Norma que cumple:	ANSI/TIA-568-B.2
Calibre (AWG):	22, 23, 24 y 26 AWG
Aplicación (Ethernet):	1000BASE-T
Frecuencia MHz:	250
Atenuación:	< 0.2 dB



Referencia: SIEMON. 2016. SS\_CAT6A\_FUTP\_INT\_R. <http://siemon.com/>

### 3.2.2.4. Cálculo matemático del presupuesto del enlace

Una vez definidos los componentes y diferentes criterios que se tomarán en cuenta en el diseño del sistema inalámbrico se procede a realizar un análisis de polarización de los equipos y su modo de operación.

#### 3.2.2.4.1. Pérdida en el espacio libre

Este cálculo es importante ya que al ser el espectro electromagnético por donde se transmitan las ondas radiadas por las antenas, la potencia con la cual se emite en la antena TX va a disminuir sustancialmente conforme se varíe la frecuencia y la distancia del enlace. Para ello se toma en cuenta la figura 20, donde se detalla un método de cálculo para las pérdidas mencionadas.

- **Tramo 1**

$$FSL = 32,44 + 20 \log f + 20 \log D \quad (9)$$

$$FSL = 32,44 + 20 \log (5000 \text{ MHz}) + 20 \log (3.76 \text{ Km})$$

$$FSL = 117.92 \text{ dB}$$

*Cálculo de pérdidas en el espacio libre*

- **Tramo 2**

$$FSL = 32,44 + 20 \log f + 20 \log D \quad (10)$$

$$FSL = 32,44 + 20 \log (5000 \text{ MHz}) + 20 \log (3.86 \text{ Km})$$

$$FSL = 118.15 \text{ dB}$$

*Cálculo de pérdidas en el espacio libre*

- **Tramo 3**

$$FSL = 32,44 + 20 \log f + 20 \log D \quad (11)$$

$$FSL = 32,44 + 20 \log (5000 \text{ MHz}) + 20 \log (3.82 \text{ Km})$$

$$FSL = 118.06 \text{ dB}$$

*Cálculo de pérdidas en el espacio libre*

▪ **Tramo 4**

$$FSL = 32,44 + 20 \log f + 20 \log D \quad (12)$$

$$FSL = 32,44 + 20 \log (5000 \text{ MHz}) + 20 \log (1.78 \text{ Km})$$

$$FSL = 111.42 \text{ dB}$$

*Cálculo de pérdidas en el espacio libre*

Cabe recalcar que los cálculos realizados como se muestra en el tramo 1, tramo 2 y tramo 3 son para los enlaces inalámbricos de las estaciones de bombeo 1, 2 y 3 respectivamente. El tramo 4 pertenece al enlace dirigido a la matriz.

**3.2.2.4.2. Margen de potencia de recepción**

Para seguir con los cálculos matemáticos, se considera el valor anterior más otros valores entregados por el fabricante de los equipos, cables y conectores. La fórmula que se empleará se detalló en la ecuación 4 del capítulo II.

▪ **Estación de bombeo # 1**

Una serie de valores son requeridos por la ecuación, por lo que se calculará cada factor por individual en caso de requerirlo y luego se reemplazará:

- a) La pérdida en cables y conectores, en este factor influyen el número de conectores y la cantidad de cable empleado.

En la estación de bombeo # 1 la cantidad de cable va conforme a la altura de la antena (20 m) sumado al recorrido al interior de la estación, conforme a lo mostrado en la tabla 21.

*Tabla 21. Cálculo de pérdidas en cable y conectores – Estación de bombeo # 1*

ESTACIÓN # 1	Número	Pérdida Total
Conectores	2	0,4 dB
Cable	25 metros	11,32 dB
		11,72 dB

*Referencia: Planificación del sistema radiante*

El mismo cálculo se realiza para la estación repetidora, donde la altura de la antena es de 12 más el recorrido del cable en el interior, esta suma se representa en la tabla 22.

Tabla 22. Cálculo de pérdidas en cable y conectores – Estación repetidora

REPETIDOR	Número	Pérdida Total
Conectores	2	0,4 dB
Cable	17 metros	9,06 dB
		9,46 dB

Referencia: Planificación del sistema radiante

Reemplazando los valores, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$PRx = Pot(TX) - Per(cabl/con) + G(AntTX) - FSL + G(AntRX) - Per(cabl/con) - S \quad (13)$$

$$PRx = 28 \text{ dB} - 12 \text{ dB} + 16 \text{ dBi} - 118 \text{ dB} + 13 \text{ dBi} - 10 \text{ dB} - (-81 \text{ dBm})$$

$$PRx = -2 \text{ dB}$$

Cálculo de potencias en el presupuesto de enlace inalámbrico

$$PIRE = Ptx - L + Gant-tx \quad (14)$$

$$PIRE = 28 \text{ db} - 12 \text{ db} + 16 \text{ dBi}$$

$$PIRE = 32 \text{ dB}$$

Cálculo de PIRE

#### ▪ Estación de bombeo # 2

En la estación de bombeo # 2 de igual forma la cantidad de cable va conforme a la altura de la antena (10 m) y el recorrido al interior de la estación.

Tabla 23. Cálculo de pérdidas en cable y conectores – Estación de bombeo # 2

ESTACIÓN # 2	Número	Pérdida Total
Conectores	2	0,4 dB
Cable	15 metros	6,8 dB
		7,2 dB

Referencia: Planificación del sistema radiante

Reemplazando los valores, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$PRx = Pot(TX) - Per(cabl/con) + G(AntTX) - FSL + G(AntRX) - Per(cabl/con) - S \quad (15)$$

$$PRx = 28 \text{ dBm} - 7 \text{ dB} + 16 \text{ dBi} - 118 \text{ dB} + 13 \text{ dBi} - 10 \text{ dB} - (-81 \text{ dBm})$$

$$PRx = 3 \text{ dB}$$

Cálculo de potencias en el presupuesto de enlace inalámbrico

$$PIRE = Ptx - L + Gant-tx \quad (16)$$

$$PIRE = 28 \text{ db} - 7 \text{ db} + 16 \text{ dBi}$$

$$PIRE = 37 \text{ dB}$$

Cálculo de PIRE

### ▪ Estación de bombeo # 3

Al igual que en las estaciones anteriores, la cantidad de cable va conforme a la altura de la antena (6 m) y el recorrido al interior de la estación.

Tabla 24. Cálculo de pérdidas en cable y conectores – Estación de bombeo # 3

ESTACIÓN # 3	Número	Pérdida Total
Conectores	2	0,4 dB
Cable	12 metros	6,1 dB
		6,5 dB

Referencia: Planificación del sistema radiante

Reemplazando los valores, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$PRx = Pot(TX) - Per(cabl/con) + G(AntTX) - FSL + G(AntRX) - Per(cabl/con) - S \quad (17)$$

$$PRx = 28 \text{ dBm} - 7 \text{ dB} + 16 \text{ dBi} - 118 \text{ dB} + 13 \text{ dBi} - 10 \text{ dB} - (-81 \text{ dBm})$$

$$PRx = 3 \text{ dB}$$

*Cálculo de potencias en el presupuesto de enlace inalámbrico*

$$PIRE = P_{tx} - L + G_{ant-tx} \quad (18)$$

$$PIRE = 28 \text{ db} - 7 \text{ db} + 16 \text{ dBi}$$

$$PIRE = 37 \text{ dB}$$

*Cálculo de PIRE*

#### ▪ Oficina matriz

El proceso es el mismo que las estaciones de bombeo, entonces la cantidad de cable va conforme a la distancia que se recorre desde la antena de recepción de la señal del repetidor hasta la oficina donde se encontrara la máquina de monitoreo.

Tabla 25. Cálculo de pérdidas en cable y conectores – Oficina MATRÍZ

MATRÍZ	Número	Pérdida Total
Conectores	2	0,4 dB
Cable	15 metros	6,79 dB
		7,19 dB

*Referencia: Planificación del sistema radiante*

Tomando en cuenta que ahora el transmisor pasa a estar en el sector de San Miguel Arcángel, reemplazando los valores la ecuación queda de la siguiente manera:

$$PRx = Pot(TX) - Per(cabl/con) + G(AntTX) - FSL + G(AntRX) - Per(cabl/con) - S \quad (19)$$

$$PRx = 28 \text{ dBm} - 10 \text{ dB} + 16 \text{ dBi} - 118 \text{ dB} + 16 \text{ dBi} - 7 \text{ dB} - (-81 \text{ dBm})$$

$$PRx = 6 \text{ dB}$$

*Cálculo de potencias en el presupuesto de enlace inalámbrico*

$$PIRE = P_{tx} - L + G_{ant-tx} \quad (20)$$

$$PIRE = 28 \text{ db} - 10 \text{ db} + 16 \text{ dBi}$$

$$PIRE = 34 \text{ dB}$$

*Cálculo de PIRE*

### 3.2.2.5. Simulación del sistema radiante

El siguiente paso es la simulación del sistema, en donde se tomará en cuenta los valores calculados y las cantidades obtenidas conforme a las características de los equipos (datasheets).

#### 3.2.2.5.1. Definición de estaciones

El primer paso es fijar las estaciones, en este punto se debe entregar las coordenadas geográficas en cada estación es decir su latitud y longitud.

#### Estación de bombeo # 1

Se introduce las coordenadas de la estación de bombeo # 1, tanto latitud (N) y longitud (W), conforme a lo señalado en la figura 99.

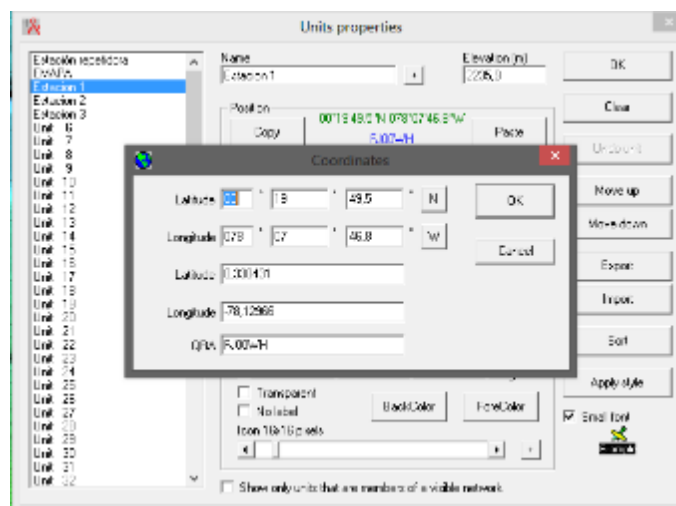


Figura 99. Fijación de la estación de bombeo # 1



## Estación de bombeo # 2

Se introduce las coordenadas de la estación de bombeo # 2, tanto latitud (N) y longitud (W), como se puede ver en la figura 100.

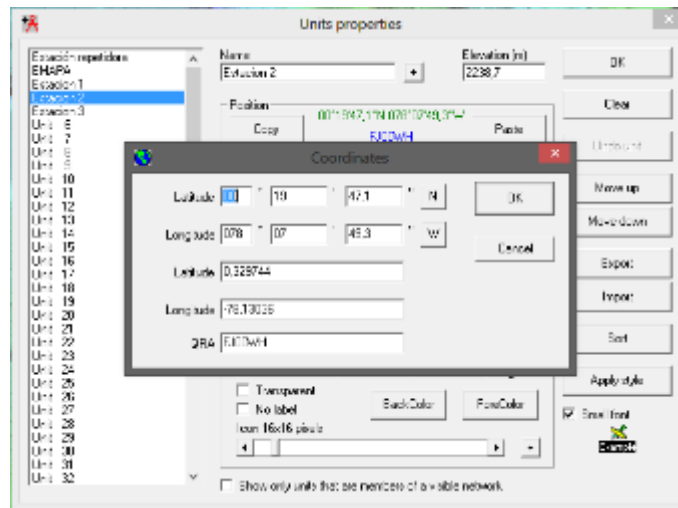


Figura 100. Fijación de la estación de bombeo # 2

## Estación de bombeo # 3

En la figura 101, se muestra como se ingresa las coordenadas de la estación de bombeo # 3, tanto latitud (N) y longitud (W).

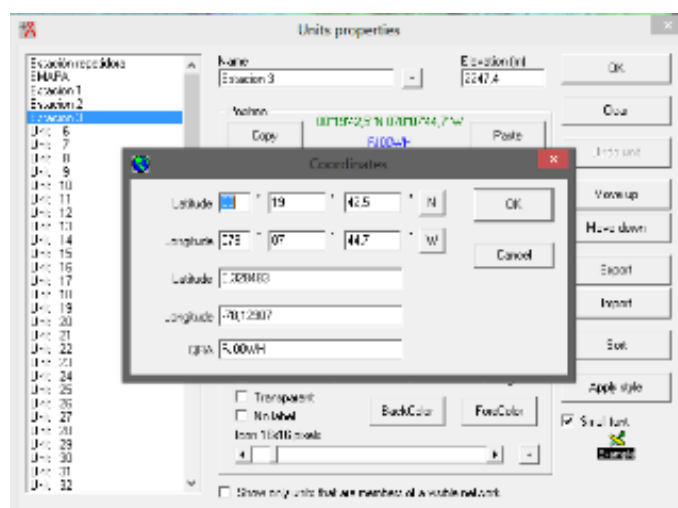


Figura 101. Fijación de la estación de bombeo # 3

## Estación repetidora

Se introduce las coordenadas de la estación de repetición, tanto latitud (N) y longitud (W), como lo mostrado en la figura 102.

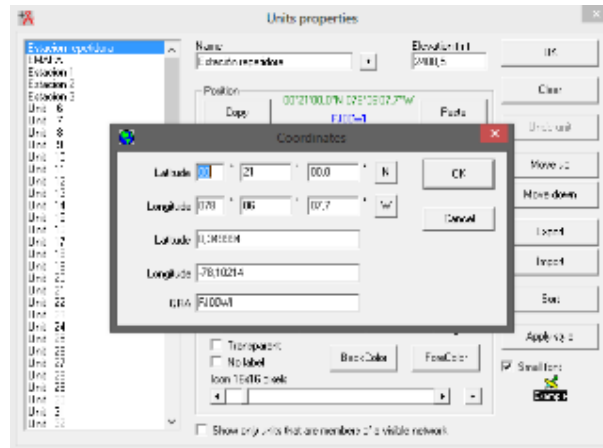


Figura 102. Fijación de la estación repetidora

## Oficina matriz EMAPA

Por último, la figura 103 muestra el ingreso de coordenadas de la oficina central de EMAPA, tanto latitud (N) y longitud (W).

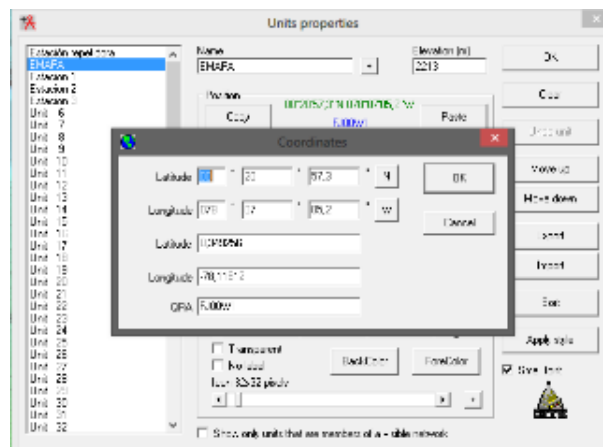


Figura 103. Fijación de la estación en Oficina Matriz EMAPA

Cuando ya se han fijado las estaciones se tendrá una pantalla como la siguiente (figura 104), en donde se muestra las estaciones y la topografía del terreno.

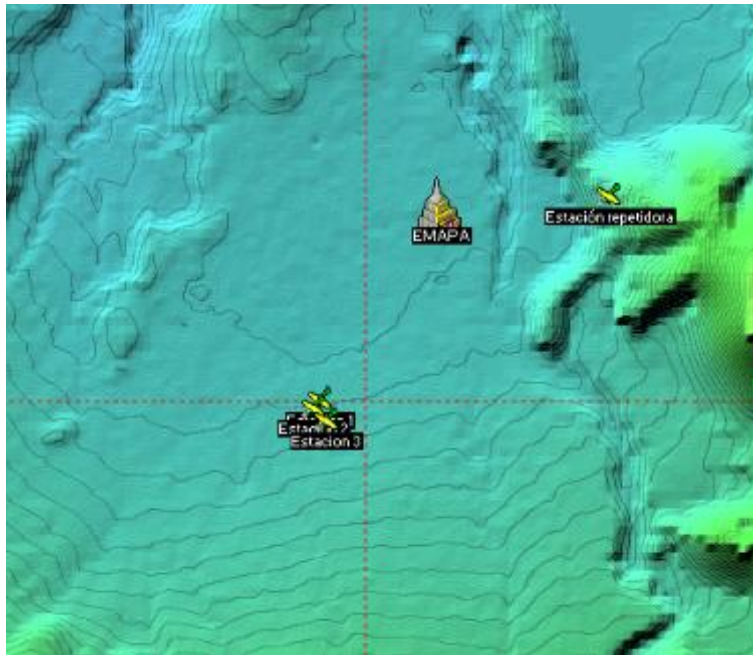


Figura 104. Ubicación cartográfica de los emplazamientos

### 3.2.2.5.2. Configurar el enlace

Existen diferentes etapas al momento de configurar el enlace en cualquier simulador y esta es una de ellas donde hay varias pestañas con diferentes finalidades cada una:

- **Parámetros**

Esta opción permite definir cada enlace y sus características, como la frecuencia máxima y mínima, se puede comprobarlo en la figura 105.

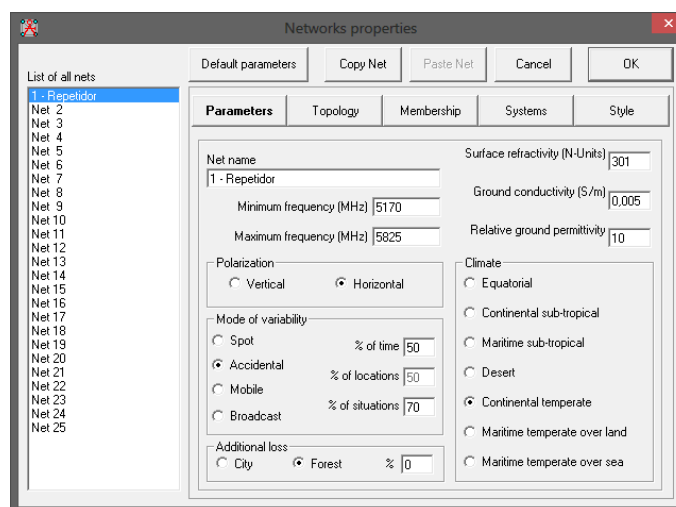


Figura 105. Definición de características del enlace

## ▪ Topología

Se define el tipo de red, en este caso enlace punto a multipunto, en este caso maestro/esclavo, como lo señala en la figura 106.

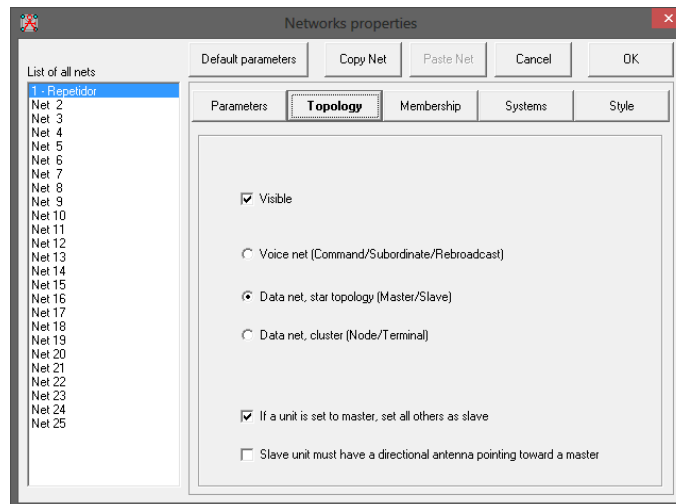


Figura 106. Tipo de red

## ▪ Miembros

La figura 107 muestra cómo se agregan los integrantes del enlace, estaciones de bombeo a repetidor

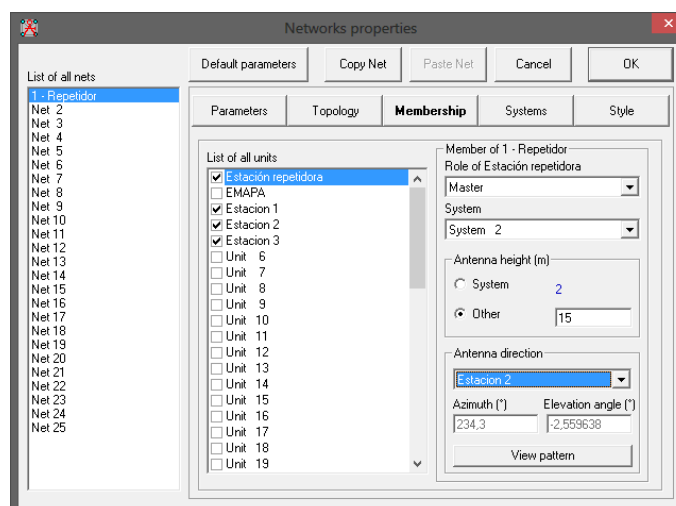


Figura 107. Los integrantes del enlace pmp

## ▪ Sistema

En la figura 108 se muestra como asignar diferentes características del sistema radiante, que ya fueron definidas como: potencia de transmisión, sensibilidad del equipo, ganancia de la antena, altura, pérdidas, etc.

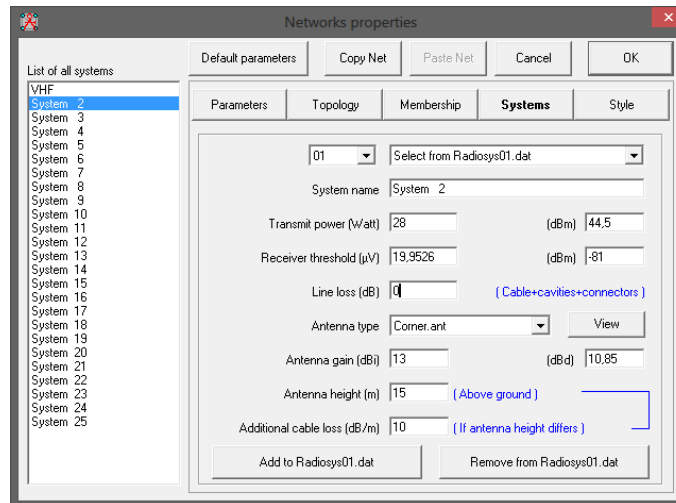


Figura 108. Características de sistema receptor

Para la estación de bombeo #1, se introducen los parámetros: potencia de transmisión, sensibilidad del equipo, ganancia de la antena, altura, pérdidas en conectores y cables, ver la figura 109.

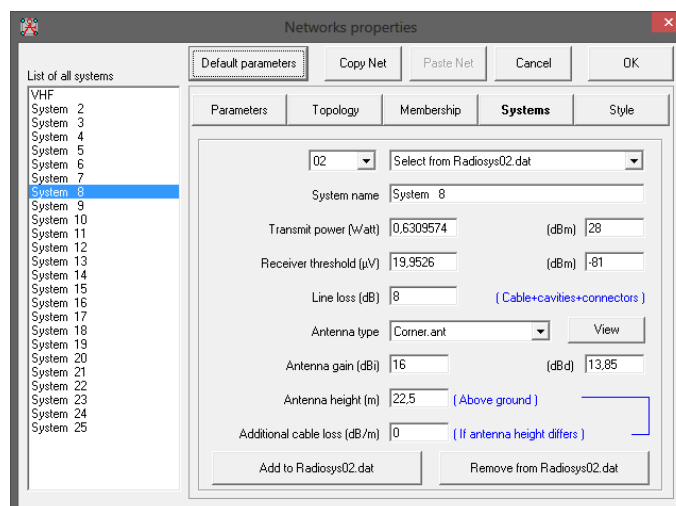


Figura 109. Características del sistema radiante estación de bombeo 1

Para la estación de bombeo #2, se introducen los parámetros: potencia de transmisión, sensibilidad del equipo, ganancia de la antena, altura, pérdidas en conectores y cables, consultar la figura 110.

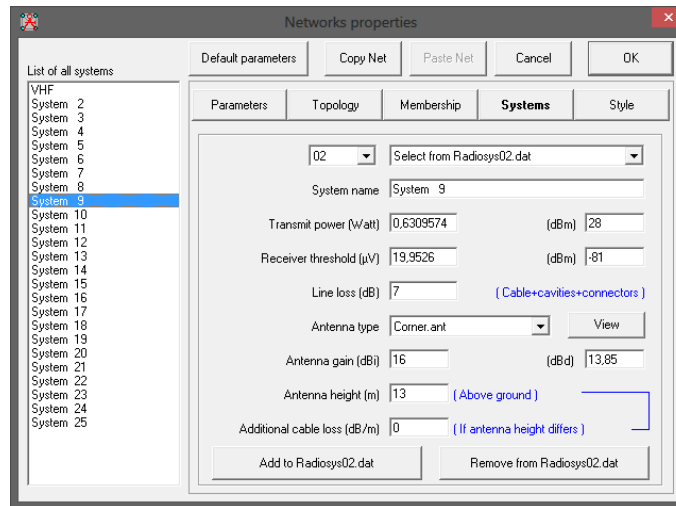


Figura 110. Características del sistema radiante estación de bombeo 2

La figura 111, es con respecto a la estación de bombeo #3, donde se introducen los parámetros: potencia de transmisión, sensibilidad del equipo, ganancia de la antena, altura, pérdidas en conectores y cables.

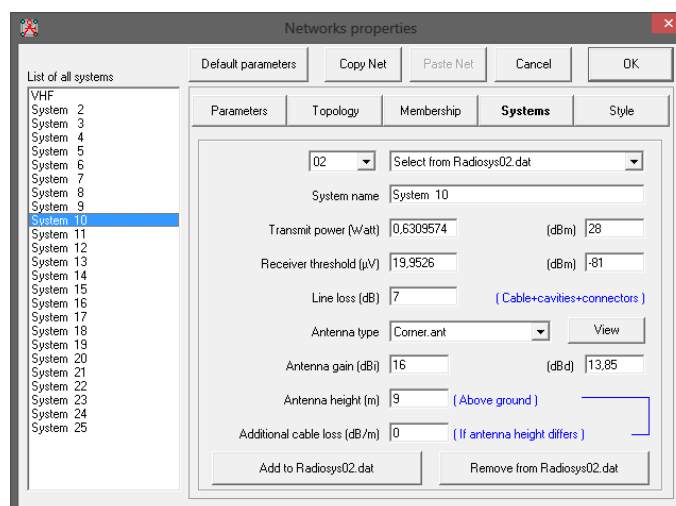


Figura 111. Características del sistema radiante estación de bombeo 3

Igual que para las estaciones ahora se configura los valores para estación repetidora: potencia de transmisión, sensibilidad del equipo, ganancia de la antena, altura, pérdidas en conectores y cables, valores que se pueden comprobar en la figura 112.

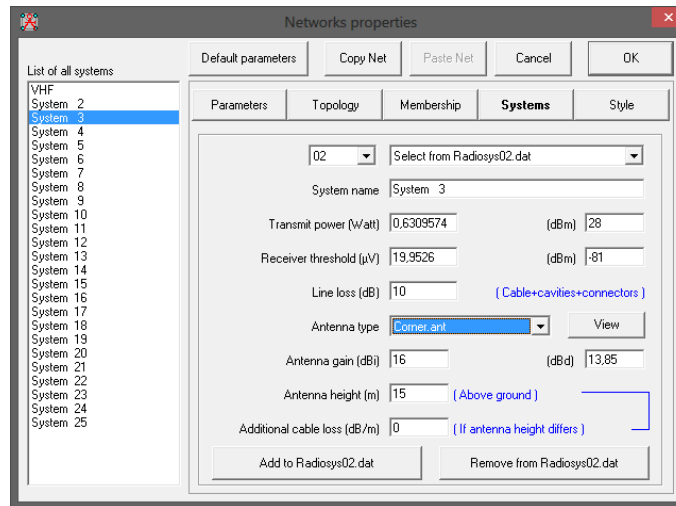


Figura 112. Características del sistema radiante estación repetidora

Por último, en la figura 113 se puede ver que se configura los valores para la estación de destino de los datos: potencia de transmisión, sensibilidad del equipo, ganancia de la antena, altura, pérdidas en conectores y cables.

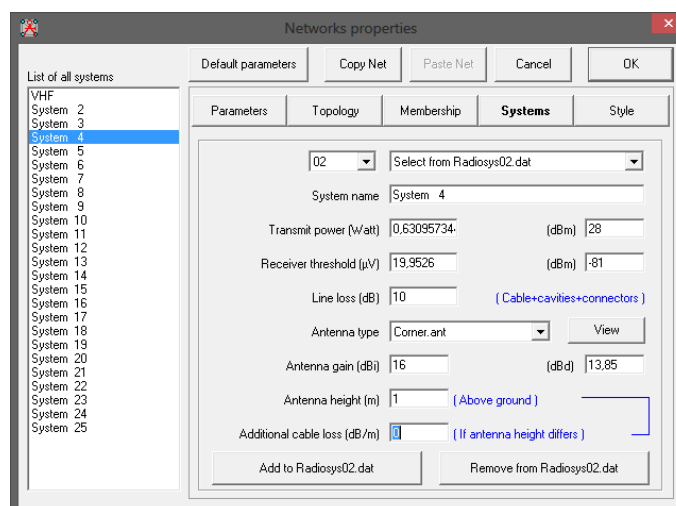


Figura 113. Características del sistema radiante estación matriz

### 3.2.2.5.3. Resultados

Los resultados del radio enlace se obtienen satisfactoriamente y se pueden ver en la figura 114 y se puede ir comparando los valores obtenidos mediante las formulas y las cantidades que entrega el simulador.

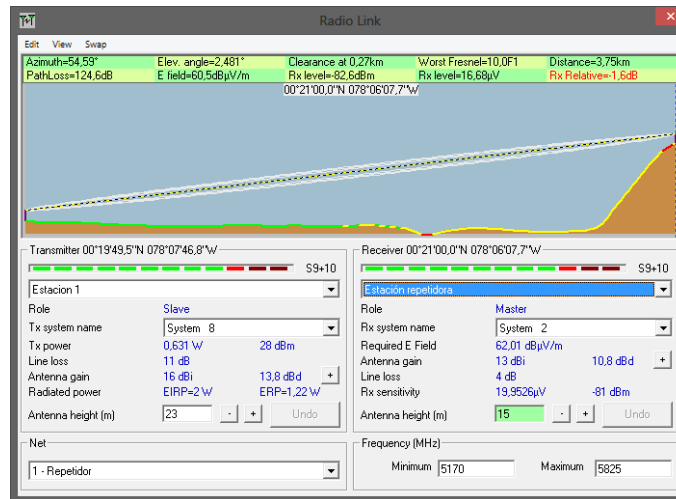


Figura 114. Resultado radio enlace, Estación de bombeo 1 - Repetidor

Se evidencia que colocando las antenas a la altura calculada en el diseño, efectivamente si hay línea de vista entre las estaciones de bombeo y el sistema repetidor; eso se puede diferenciar en la figura 115.

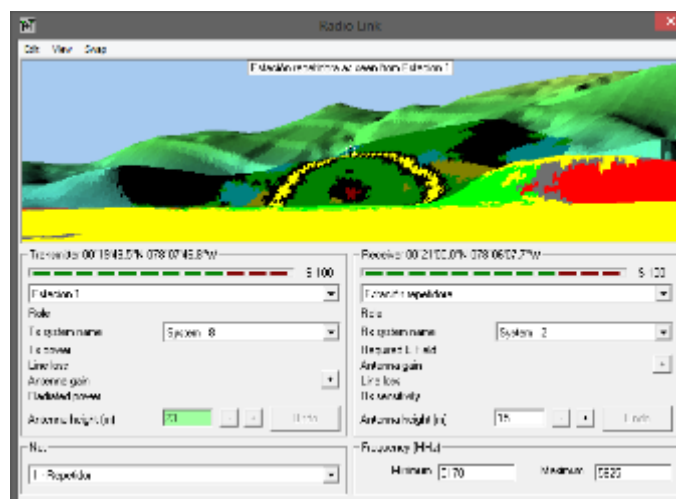


Figura 115. Línea de vista, Estación de bombeo 1 – Repetidor



El enlace se lleva a cabo satisfactoriamente entre las estaciones de bombeo y el repetidor, como lo evidencia la figura 116.

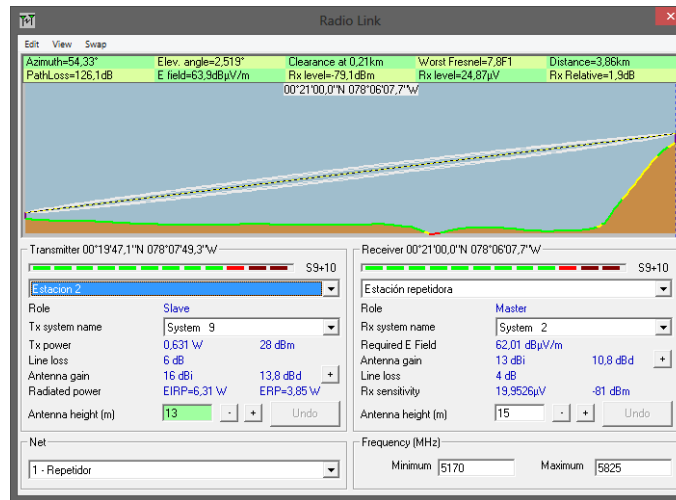


Figura 116. Resultado radio enlace, Estación de bombeo 2 - Repetidor

Se ve que hay línea de vista entre la estación de bombeo 2 y el sistema repetidor, en la figura 117.

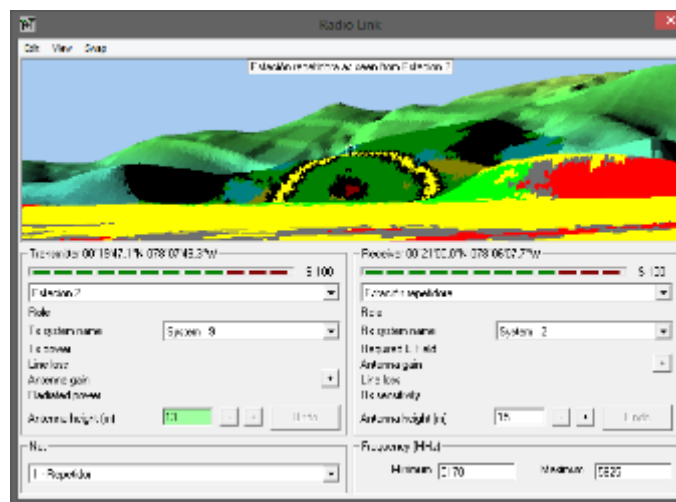


Figura 117. Línea de vista, Estación de bombeo 2 – Repetidor

El enlace se lleva a cabo satisfactoriamente entre las estaciones de bombeo y el repetidor, consultar la figura 118.

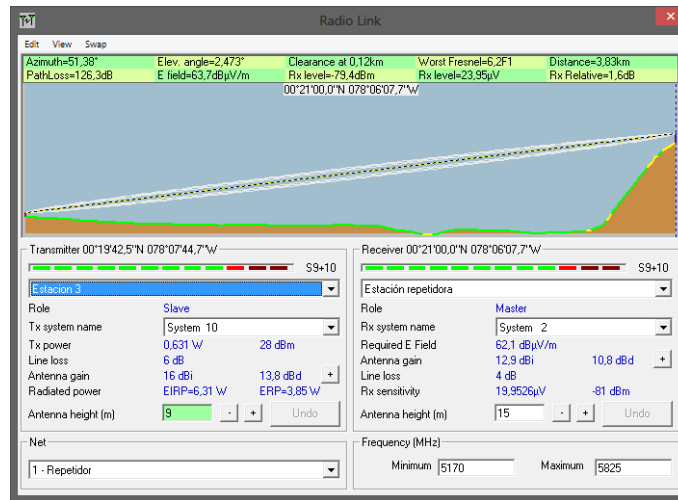


Figura 118. Resultado radio enlace, Estación de bombeo 3 - Repetidor

La figura 119, permite evidenciar línea de vista entre la estación de bombeo 3 y el sistema repetidor.

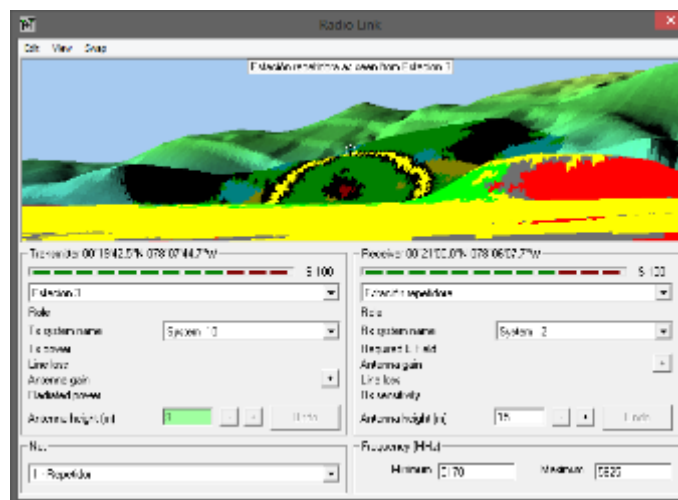


Figura 119. Línea de vista, Estación de bombeo 3 – Repetidor

El enlace se lleva a cabo satisfactoriamente entre las estaciones de bombeo y el repetidor, conforme lo indica la figura 120.

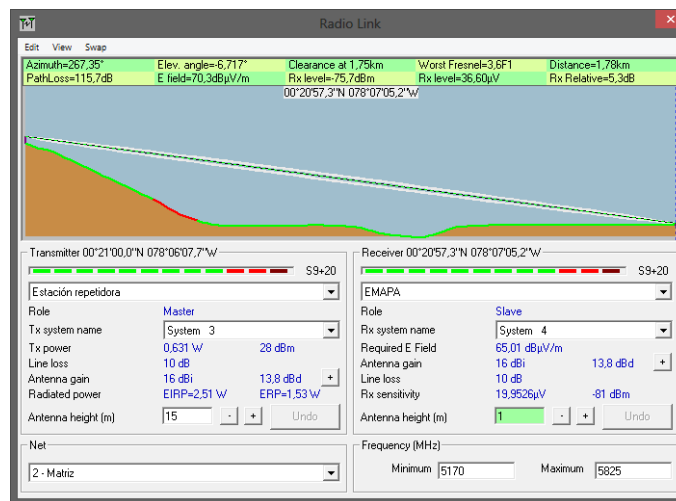


Figura 120. Resultado radio enlace, Repetidor - EMAPA

La antena sectorial, como su nombre lo indica es empleada para cubrir un área determinada, en este caso se emplea una antena sectorial de 90°, para ello se configura el ángulo de azimuth, mostrado en la figura 121.

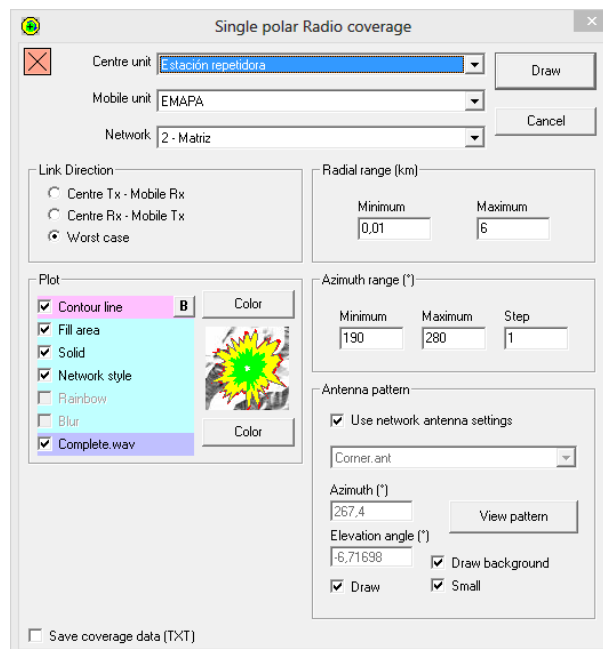


Figura 121. Configuración antena sectorial de 90°

En la figura 122, se comprueba como una antena sectorial de 90° configurada en modo repetidor sería suficiente para transportar el tráfico de las estaciones de bombeo.

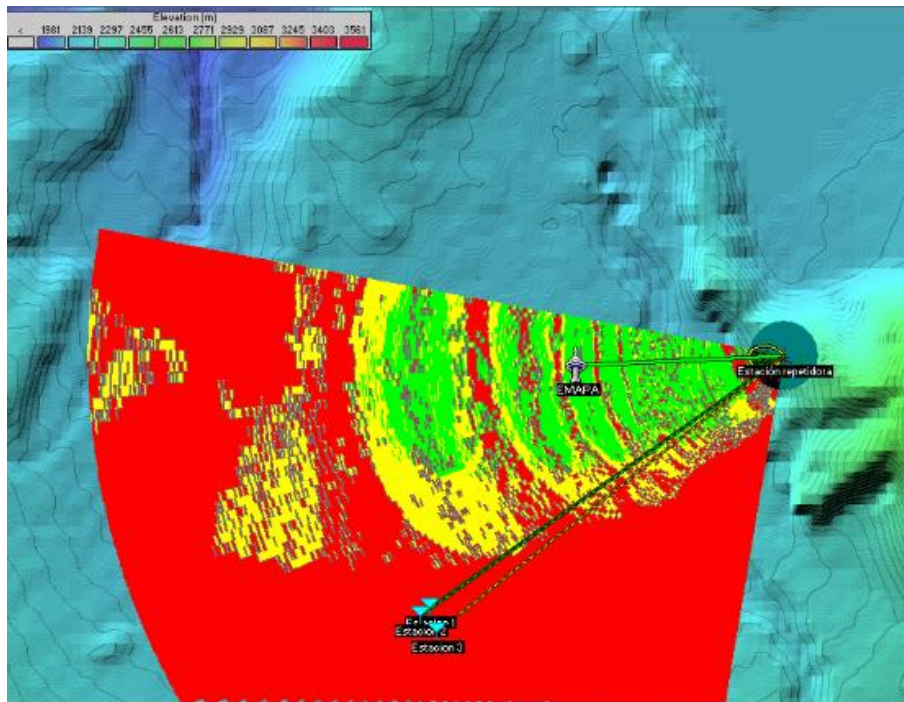


Figura 122. Área cubierta por la antena sectorial 90°

### 3.2.3. Ejecución de cambios

La última actividad del modelo de migración es la ejecución de cambios es decir la fase en donde se realizará el cambio de antenas, retiro de equipos y ejecución de los diferentes trabajos, el avance y cumplimiento del modelo de migración se lo puede verificar en la tabla 26.

Tabla 26. Proceso de migración de tecnología

Actividad	Estado
Ventajas del nuevo modelo	✓
Identificación y establecimiento de Soluciones	✓
Ejecución de Cambios	✓

Como se ha venido mencionando EMAPA-I es una empresa que busca mantener bajo estricto cuidado el proceso de “continuidad del negocio” por lo que se ha establecido que el horario y días propicios para efectuar los trabajos de reingeniería son los fines de semana y en lo posible horario fuera de oficina es decir a partir de las 17h00, de esta manera se cuida que el servicio que brinda EMAPA-I se mantenga dentro de los estándares de calidad, para ello se debe obedecer al siguiente itinerario mostrado en la tabla 27.

Tabla 27. Itinerario de trabajos a realizarse en las estaciones

<b>Estación de bombeo</b>	<b>Tipo de cambio</b>	<b>Horario Inicio</b>
3	Obra civil	Fin de semana
2	Obra civil	Fin de semana
1	Obra civil	Fin de semana
3	Sistema de climatización	Desde las 8h00
2	Sistema de climatización	Desde las 8h00
1	Sistema de climatización	Desde las 8h00
3	Sistema eléctrico y SPT	Desde las 17h00
2	Sistema eléctrico y SPT	Desde las 17h00
1	Sistema eléctrico y SPT	Desde las 17h00
3	Sistema de comunicaciones/Swap de antenas	Desde las 17h00
2	Sistema de comunicaciones/Swap de antenas	Desde las 17h00
1	Sistema de comunicaciones/Swap de antenas	Desde las 17h00
3	Instalaciones de seguridad	Desde las 8h00
2	Instalaciones de seguridad	Desde las 8h00
1	Instalaciones de seguridad	Desde las 8h00

Primero se comenta el orden en el que se efectúan los trabajos son desde la estación 3 y 2 hasta la 1, ya que la estación 1 es la de mayor importancia para la empresa, segundo el orden de los trabajos empezando desde la adecuación de las estaciones hasta las instalaciones de seguridad con sus respectivos horarios infringiendo mínimamente al impacto económico de la empresa.

## **CAPITULO IV**

### **4.1. COSTO – BENEFICIO**

En esta etapa del proyecto compete entregar un presupuesto referencial basado en el diseño propuesto anteriormente, además de ello se provee los costos de operación por parte

de profesionales y personal que trabajarán en las áreas de obra civil, telecomunicaciones, electricidad y ambientación.

#### 4.1.1. Planificación de recurso humano y tiempo

Para empezar a realizar los costos primero se debe planificar la ejecución de trabajos con el profesional y ayudante correspondiente. Los trabajos deben realizarse en las 3 estaciones simultáneamente, siguiendo tiempo preestablecido en la tabla 28.

Tabla 28. Estimación de tiempo y responsables - cuarto de equipos de telecomunicaciones

N°	Fases	Semanas				Responsables
		1	2	3	4	
1	Obra civil					Ing. Civil, 2 obreros
2	Instalación de techo falso y piso técnico					Ing. Civil, 2 obreros
3	Instalación del sistema eléctrico y puesta a tierra					Ing. Eléctrico, 1 obrero
4	Instalación del sistema de aire acondicionado					Ing. Eléctrico, 1 obrero
5	Instalación del sistema de comunicaciones					Ing. Electrónica y redes, 1 obrero

A continuación, se presenta la tabla 29 que estima los honorarios que recibirían los profesionales en cada área y los obreros.

Tabla 29. Salarios de responsables del proyecto - cuarto de equipos de telecomunicaciones

N°	Responsable	Horas trabajadas	Precio por hora	Total c/profesional
1	Ing. Electrónica y Redes de Comunicación	80	\$ 8,00	\$ 640,00
2	Ing. Eléctrico	80	\$ 8,00	\$ 640,00
3	Ing. Civil	80	\$ 8,00	\$ 640,00
4	Obrero 1	160	\$ 3,00	\$ 480,00
5	Obrero 2	80	\$ 3,00	\$ 240,00
Total				\$ 2640,00

#### 4.1.2. Análisis de costos – áreas del cuarto de equipos de telecomunicaciones

Los costos de materiales se los analizará tal cual el diseño que se planteó, para ello se empezará de la siguiente manera:

##### 4.1.2.1. Obra civil

Se determinan los costos referentes a la infraestructura física en la tabla 30.

Tabla 30. Costos de trabajos para estructura física

<b>OBRA CIVIL</b>			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Rampa metálica antideslizante	3	\$ 561,00	\$ 1683,00
Techo falso	136	\$ 7,50	\$ 1020,00
Piso falso (Incluye accesorios)	136	\$ 87,50	\$ 11900,00
<b>TOTAL</b>			\$ 14603,00



#### 4.1.2.2. Sistema eléctrico y puesta a tierra

En la tabla 31, se detalla el costo de los implementos que se usarían en el acondicionamiento eléctrico y las puestas a tierra de las 3 estaciones.

Tabla 31. Costos del sistema eléctrico y puesta a tierra

<b>SISTEMA ELÉCTRICO Y S.P.T.</b>			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Tubos LED 0.6 m	9	\$ 22,00	\$ 198,00
Barra TGB	3	\$ 82,50	\$ 247,50
Barra TMGB	3	\$ 82,50	\$ 247,50
Electrodo de puesta a tierra	3	\$ 368,00	\$ 1104,00
Tomacorrientes dobles	15	\$ 1,20	\$ 18,00
Tubo Conduit metálico 1 ½ pul. (c/tubo 3m)	14	\$ 11,38	\$ 159,32
Codos Conduit metálicos 1 ½ pul.	40	\$ 4,42	\$ 176,80
Cable AWG 4 (c/m)	180	\$ 2,58	\$ 464,40
Cable AWG 6 (c/m)	70	\$ 1,51	\$ 105,70
Cable AWG 8 (c/m)	160	\$ 1,03	\$ 164,80
Cable AWG 10 (c/m)	70	\$ 0,71	\$ 49,70
Cable AWG 12 (c/m)	200	\$ 0,70	\$ 140,00
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3075,72</b>

#### 4.1.2.3. Instalaciones de seguridad

Este aspecto del proyecto contiene todo lo referente a seguridad de acceso y protección contra siniestros, tanto para equipos como para personal que se encuentre laborando al interior del cuarto de equipos, la tabla 32 contiene toda la información económica.

Tabla 32. Costos de insumos para seguridad de acceso y extinción de incendios.

<b>INSTALACIONES DE SEGURIDAD</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Contenedor de agente limpio	3	\$ 134,10	\$ 402,30
Sensores ópticos multicriterio	6	\$ 89,73	\$ 538,38
Aspersores para agente limpio	6	\$ 36,56	\$ 219,36
Extintores manuales de agua pulverizada (capacidad 20 lb)	3	\$ 55,18	\$ 165,54
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1325,58</b>

#### 4.1.2.4. Aire acondicionado

La tabla 33, contiene los materiales a emplearse para la instalación del sistema de aire acondicionado.

Tabla 33. Costos del sistema de ambientación y contrafuego

<b>AIRE ACONDICIONADO</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Aire acondicionado 36000 BTU/H	3	\$ 1380,55	\$ 4141,65
Refrigerantes	3	\$ 50,18	\$ 150,54
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4292,19</b>

#### 4.1.2.5. Sistema de cableado estructurado y comunicaciones

En la tabla 34, se detallan los materiales para equipamiento del S.C.E., es decir los medios dentro de los cuales viaja el cable de datos y sus respectivos soportes.

Tabla 34. Costos del S.C.E.

<b>CABLEADO ESTRUCTURADO/COMUNICACIONES</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Ductos metálicos lisos de pared	15	\$ 26,30	\$ 394,50
Escalerillas metálicas	15	\$ 25,00	\$ 375,00
Bandeja metálica	9	\$ 26,00	\$ 390,00
Rack de telecomunicaciones	3	\$ 1142,00	\$ 3426,00
PDU para rack	3	\$ 26,00	\$ 78,00
Organizador de cables	3	\$ 33,81	\$ 101,43
Face plate simple	15	\$ 2,53	\$ 37,95
Jack Cat-6a	15	\$ 16,38	\$ 245,70
Cable Cat-6a FTP (c/m)	160	\$ 1,22	\$ 195,20
Tubo conduit PVC 3 pul.	14	\$ 4,37	\$ 61,18
Codos conduit PVC 3 pul.	42	\$ 0,75	\$ 31,50
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5336,46</b>

#### **4.1.2.6. Sistema inalámbrico**

El costo de los equipos que serán empleados en la reestructuración del sistema inalámbrico, conforme al diseño que ha sido propuesto, se describen en la tabla 35.

Tabla 35. Costos del equipamiento para sistema radiante

<b>SISTEMA INALÁMBRICO</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Antena – SXT SA 802.11ac–90°	1	\$ 204,70	\$ 204,70
Antenas – SXT	4	\$ 102,35	\$ 409,40
Pararrayos	3	\$ 1530,00	\$ 4590,00
Torreta autoportada (c/segmento)	15	\$ 220,00	\$ 3300,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 8504,10</b>

#### 4.1.2.7. Presupuesto total de los cuartos de telecomunicaciones

A continuación, se presenta la suma total de lo que equivaldrá implementar este proyecto por parte de EMAPA-I:

Tabla 36. Inversión total de EMAPA-I para implementar el proyecto

<b>TOTAL PRESUPUESTO REFERENCIAL (3 estaciones)</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Subtotal</b>
Obra civil	\$ 14603,00
Sistema eléctrico Y S.P.T.	\$ 3075,72
Aire acondicionado/Extintor de fuego	\$ 4307,19
Instalaciones de seguridad	\$ 1325,58
Cableado estructurado/Comunicaciones	\$ 5336,46
Sistema inalámbrico	\$ 8504,10
Salarios del personal	\$ 2640,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 39792,05</b>

#### **4.1.3. Análisis costo-beneficio del proyecto**

El elaborar el análisis costo-beneficio para EMAPA-I implica ir más allá que considerar únicamente los factores económicos, sino que se amplíe el análisis hacia aspectos sociales, procedimentales y empresariales; ya que vivimos en un mundo repleto de información y donde la automatización de procesos es una importante herramienta para incrementar la fuerza productiva, la información de toda empresa es un bien invaluable, es ahí donde radica la importancia del proyecto para EMAPA-I, sin la reingeniería del proyecto existen diversos problemas en la forma de trabajar del personal encargado de las estaciones de bombeo, lo que se busca es que haya un trabajo más eficiente ahorrando procesos monótonos y recursos de la empresa, que se pueden y deben automatizarse eliminando errores humanos y duplicidad de la información; se puede hablar que la medición automatizada de parámetros importantes en la industria es imprescindible para la gestión y planeación dando la facultad de justificar decisiones y documentarlas.

La propuesta tanto en la red de comunicaciones como del sistema inalámbrico que plantea es de gran importancia para los diferentes procesos y departamentos que utilizan estos datos, con este diseño se permite a las jefaturas y departamentos de la empresa tener la información instantáneamente sin necesidad de movilizar personal a cada una de las estaciones y ahí proceder a sacar los diferentes reportes; permitiendo así a EMAPA-I disponer ese personal, vehículos y recursos.

La reputación de la empresa mejora debido a que aumenta el nivel de satisfacción del cliente con respecto a la empresa, mediante una planificación, control y optimización de recursos; esto consiste en mejorar la calidad del servicio de agua potable ya que el sistema permite conocer datos importantes como: niveles de presión, averías en el sistema SCADA, contabilizar la cantidad de litros de agua, tarifación, calidad del líquido generar balances y

La escalabilidad prevista para 5 años es otra ventaja que obtendrá la empresa, ya que los medios de transmisión, cables, transductores y los elementos restantes, viajan sobre canaletas, están soportados adecuadamente o tienen diferentes tipos de protección como la puesta a tierra de seguridad y puesta a tierra atmosférica, todo esto extiende la vida útil del material y/o elemento y salvaguarda su integridad.

La reestructuración, reconfiguración y rediseño del sistema de comunicaciones en las estaciones, permite incorporarlas a la red de datos de la empresa que la componen además de la oficina central también estaciones que están geográficamente separadas de ésta.

Considerando las bases planteadas anteriormente se determina que el proyecto establece múltiples beneficios para la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Ibarra, por lo que su ejecución es viable mejorando así la calidad de vida de sus habitantes y trabajadores, permitiéndoles acceder a uno de los servicios vitales para el hombre el agua, su adecuado tratamiento, distribución y uso.

Después de haber llevado a cabo el diseño de la reestructuración de las estaciones de bombeo de EMAPA para concluir se procede a exponer las conclusiones de la reingeniería hacia una futura implementación y posteriormente las recomendaciones que se hacen a la empresa.

## CONCLUSIONES

Por medio de las normas EIA/TIA e ICREA-Std-131-2013 se conformó una base teórica consistente para solventó los requerimientos del proyecto, definiendo que la norma ICREA posee consideraciones que se adaptan de mejor manera a centros de procesamiento de datos y manejo de áreas de tecnología de información (ATI) a nivel de Latinoamérica, en lo que se refiere a obra civil, sistema de comunicaciones, seguridad, sistema eléctrico y sistema de aire acondicionado y ambientación.

Mediante el análisis de la situación actual se logró identificar diferentes falencias que afectan al procesamiento y transmisión de la información, como por ejemplo el sistema de comunicaciones no cuenta con el debido sistema de canalizaciones, en lo que respecta al sistema eléctrico no hay las debidas protecciones a tierra, en lo que se refiere al sistema de ventilación no existe el sistema de ambientación necesario, por último en lo referente al sistema de seguridad no se tiene el equipamiento de control de acceso y la etapa de detección/extinción de incendios; se puede destacar que este diseño entrega una serie de pasos bien organizados para que el personal técnico pueda identificar con exactitud los aspectos mencionados con el fin de que sean solventados al momento de implementar.

En este diseño se tomaron en cuenta, consideraciones al interior del cuarto de equipos de telecomunicaciones, tales como despejar el área donde se apostarán los equipos de TI, dotar de una buena distribución del SCE, conformar un sistema eléctrico robusto y un sistema de ventilación adecuado; una vez adecuado el sitio o cuarto para albergar los equipos, se

procede con la reingeniería del sistema inalámbrico es decir de toda su estructura como soportes de antenas, direccionamiento, presupuesto de potencia, ganancias y pérdidas.

Los factores que influyeron en la elección de los componentes de la red de comunicaciones en cada estación de bombeo son la velocidad de transmisión, ésta debe ser superior a 1000 Mbps esto permite que no se generen cuellos de botella en el procesamiento de información y el segundo es que sean compatibles con los dispositivos de transmisión de datos en la red LAN de EMAPA-I lo que permite establecer bases estables para la escalabilidad tecnológica.

Las razones por las cuales se empleó el estándar IEEE 802.11ac para la reingeniería del sistema inalámbrico fueron las siguientes: velocidad de transmisión (1.3Gbps) lo que ayuda para la implementación de aplicaciones que requieran un mayor flujo de información, manejo de la tecnología MIMO, incremento del ancho de banda, compatibilidad con versiones anteriores, entregando de esta manera mayor adaptabilidad a las cada vez más grandes exigencias del medio tecnológico.

El análisis económico del proyecto incluyó no solamente el factor financiero o los costos que conlleva la implementación del mismo, sino prioritariamente los beneficios que obtendrán a futuro los departamentos de la empresa y la población a la cual se está dando el servicio, que es en realidad donde se debe enfocar el estudio de resultados.

Al ser una empresa pública que brinda servicios agua potable a la ciudadanía y el agua el líquido imprescindible para la vida, EMAPA debe manejar un concepto de excelencia en lo referente al manejo del agua en sus diferentes estaciones y llevar a cabo un proyecto de este tipo, el costo que se ha estimado para ejecutar el proyecto no es considerado como un gasto sino como una inversión.



## RECOMENDACIONES

El espacio que ha destinado EMAPA-I para las estaciones de bombeo debe ser readecuado, porque contiene estructura ajena al proceso de telecomunicaciones como tuberías de agua; recordando que la norma detalla que en el interior del cuarto de telecomunicaciones debe existir equipos y estructura destinada únicamente para este fin, es decir el procesamiento de información.

Tomar en cuenta que el trabajo en las áreas que se detallan es un trabajo conjunto que está programado para ser escalable en los próximos cinco años de manera que cuando se efectúe la implementación se debe realizar de la manera más profesional, de preferencia por personal calificado en la rama.

En el diseño del sistema radiante se detectó que debe haber una holgura en los valores del FSL (pérdidas en el espacio libre) de entre 5dB a 10 dB, debido a que se pueden presentar pérdidas en la potencia de la señal por la topografía del terreno, condiciones climáticas, distancia de los conductores o conectores, etc.

Si bien es cierto que en las normas EIA/TIA no se ahonda mucho en el tema del control de accesos, es válido que se pueda valer de otra norma como la ICREA, que entrega indicaciones más detalladas de las áreas que se gestionan en una ATI y cuarto de equipos de telecomunicaciones.

Se debe ser minucioso y profesional en lo que respecta al diseño del sistema eléctrico y puesta a tierra, porque la eficiencia energética y disponibilidad de las operaciones en el cuarto de equipos de telecomunicaciones tales como: acceso al sistema SCADA, transmisión de información del estado de las válvulas y control de las mismas, dependen en gran medida de las instalaciones eléctricas.

Al diseñar una red inalámbrica en donde exista una topografía de suelo irregular se sugiere analizar e investigar un tema muy útil que es la “Ingeniería del Trayecto”, entrega algunas pautas a considerar para tener los mejores resultados en proyectos de la misma clase, como compensación, distancia de despeje, porcentaje mínimo de aceptación de la zona de Fresnel.

Poner a disposición del personal de mantenimiento las configuraciones, los planos y diagramas de conexión de los equipos de forma que cuando se necesite hacer trabajos de sostenimiento o expansión se tenga conocimiento de la red, para evitar causar daños o caídas al sistema, interrumpiendo la continuidad del negocio.

Se propone que para una operación del sistema radiante dentro del marco de lo legal se completen los formularios propuestos por el ARCOTEL, para modulación digital en banda ancha; ya que es el organismo rector en materia de telecomunicaciones para la República del Ecuador.

Las sugerencias realizadas para cada uno de los cuartos de equipos de telecomunicaciones, en las 3 estaciones de bombeo; pueden ser empleadas en otras estructuras similares que tiene la empresa.

## REFERENCIAS

ACECO TI. (2013). *Soluciones End-to-End*. Recuperado el 15 de 08 de 2015, de Aceco TI:  
[www.acecoti.com.br](http://www.acecoti.com.br)

Butler, J. (2013). *Redes Inalambricas en los Paises en Desarrollo* (Vol. 4). Copenhagen.

Cañas, J. (2003). *Introducción a las Redes Inalambricas*.

Carlo, P. (17 de 03 de 2011). *Materiales de Apoyo para entrenadores en redes Inalámbricas*.  
 Obtenido de International Centre for Theoretical Physics:  
[http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/06-Configuracion\\_de\\_AP-es-v1.8-notes.pdf](http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/06-Configuracion_de_AP-es-v1.8-notes.pdf)

Castro, D. F. (2014). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CUARTO DE TELECOMUNICACIONES PARA LE EMPRESA PUNTONET S.A. UBICADO EN LA ZONA NORTE DE QUITO. QUITO.*

COMITE EJECUTIVO DEL CODIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCION. (15 de Julio de 1996). *NEC-10*. Obtenido de Instalaciones eléctricas en bajo voltaje: <http://www.cicp-ec.com/pdf/4.%20INST.ELECTROMECC3%81NICAS-1.pdf>

Corrales, L. P. (Diciembre de 2007). *Interfaces de Comunicación Industrial*. Obtenido de Dpto. de Automatización y Control Industrial:  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>

EIA-310. (2016). *The server RACK FAQ*. Obtenido de <https://www.server-racks.com/eia-310.html>

EMAPA-I. (2014). [www.facebook.com/emapaibarra](http://www.facebook.com/emapaibarra). Obtenido de [https://www.facebook.com/emapaibarra/info?tab=page\\_info](https://www.facebook.com/emapaibarra/info?tab=page_info)

Escuder, M. (2014). *TIPOS DE FUEGO. COMO ELEGIR EL MEJOR EXTINTOR DE INCENDIOS*. Obtenido de EXPOWER: <http://www.expower.es/extintores-tipos-fuego.htm>

Escudero Pascual, A. (2007). *Estándares en Tecnologías Inalámbricas*.

HVACR. (Diciembre de 2010). *Sistema de Aire Acondicionado de Precisión para Telecomunicaciones*.

Obtenido de MUNDO HVACR:  
<https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2009/04/sistemas-de-aire-acondicionado-de-precision-para-salas-de-computo-y-comunicaciones/>

ICREA, I. C. (2013). *ICREA-Std-131-2013* (Segunda ed.). Mexico D.F., Coyoacán, Mexico.

Joskowicz, J. (2013). *Cableado Estructurado*. Montevideo.

Joskowicz, J. (2013). *CABLEADO ESTRUCTURADO. Comunicaciones corporativas unificadas*.  
 Universidad de la República, Montevideo.

LOGICALIS, G. (2015). *802.11ac, la evolución de WiFi en redes corporativas*. Madrid. Obtenido de  
<http://www.la.logicalis.com/knowledge-share/articulos/802.11ac-la-evolucion-de-wifi-en-redes-corporativas/>

MIKROTIK. (2014). *mANTBox 19s*. Obtenido de Product Especifications:  
<http://routerboard.com/RB921GS-5HPacD-19S>

Muñoz, F. (2014). *“REDES AD HOC”*.

Murillo Tipán, A. (2014). *Diseño de un Datacenter para el ISP ECUAONLINE S.A*. Quito.

Onofre, D. (2015). *DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DEL DATA*. Ibarra.

Ramón, C. A. (2014). *Estudio y diseño de una red inalámbrica para dotar servicios de telecomunicaciones*. Quito.

RAMOS RAMOS, V. M. (Marzo de 2014). *Análisis del desempeño de redes inalámbricas en malla para soportar tráfico*. Obtenido de Propuesta de investigación para el programa de maestría del PCyTI: <http://pcyti.izt.uam.mx/proyectos/14I/2014P17.pdf>

REFECOL. (2013). *Refrigerantes ecológicos SA*. Obtenido de [www.refecol.com.ec](http://www.refecol.com.ec)

Respaldo de energía. (2011). *Capítulo 3*. Obtenido de <http://electroinstrumen.jimdo.com/app/download/10830709477/plantas+de+emergencia.pdf?t=1431554148>

Rodriguez, D. (Diciembre de 2012). *Proceso de Site Survey para Instalacion de equipos en sitios de Telecomunicaciones*. Mexico, D.F. Obtenido de Instituto Politecnico Nacional.

Romero, C., & De Castro, C. (2013). *Introduccion a SCADA*. Obtenido de Interfaz Hombre Maquina.

San Miguel, J. (2005). *Norma ANSI EIA TIA 942*. Obtenido de ACADEMIA: [https://www.academia.edu/8739940/Norma\\_ANSI\\_EIA\\_TIA\\_942](https://www.academia.edu/8739940/Norma_ANSI_EIA_TIA_942)

TIA-569. (2004). *Commercial Building Telecommunications Cabling Standard*. Hochiminh.

TIA-942. (2005). *Telecommunications Infrastructure Standard*. USA.

Vela Remache, P. A. (2015). *Estudio y diseño de una radio enlace para transmisión de datos, e internet en frecuencia libre*. Quito.

## INDICE DE ACRÓNIMOS

**ANSI:** American National Standards Institute

**SCE:** Sistema de cableado estructurado

**BTU:** British Thermal Unit – Unidad de Energía Inglesa

**AWG:** American Wire Gauge Standard – Calibre de cable estadounidense

**UPS:** Uninterrupted power supplies – Suministro de energía ininterrumpible

**MTU:** Master Thermal Unit – Unidad terminal maestra

**RTU:** Remote Terminal Unit – Unidad terminal remota

**PDU:** Power Distribution Unit – Unidad de distribución de poder

**TMGB:** Telecommunications Main Ground Busbar – Barra de tierra de telecomunicaciones principal.

**TGB:** Telecommunications Ground Busbar – Barra de tierra de telecomunicaciones

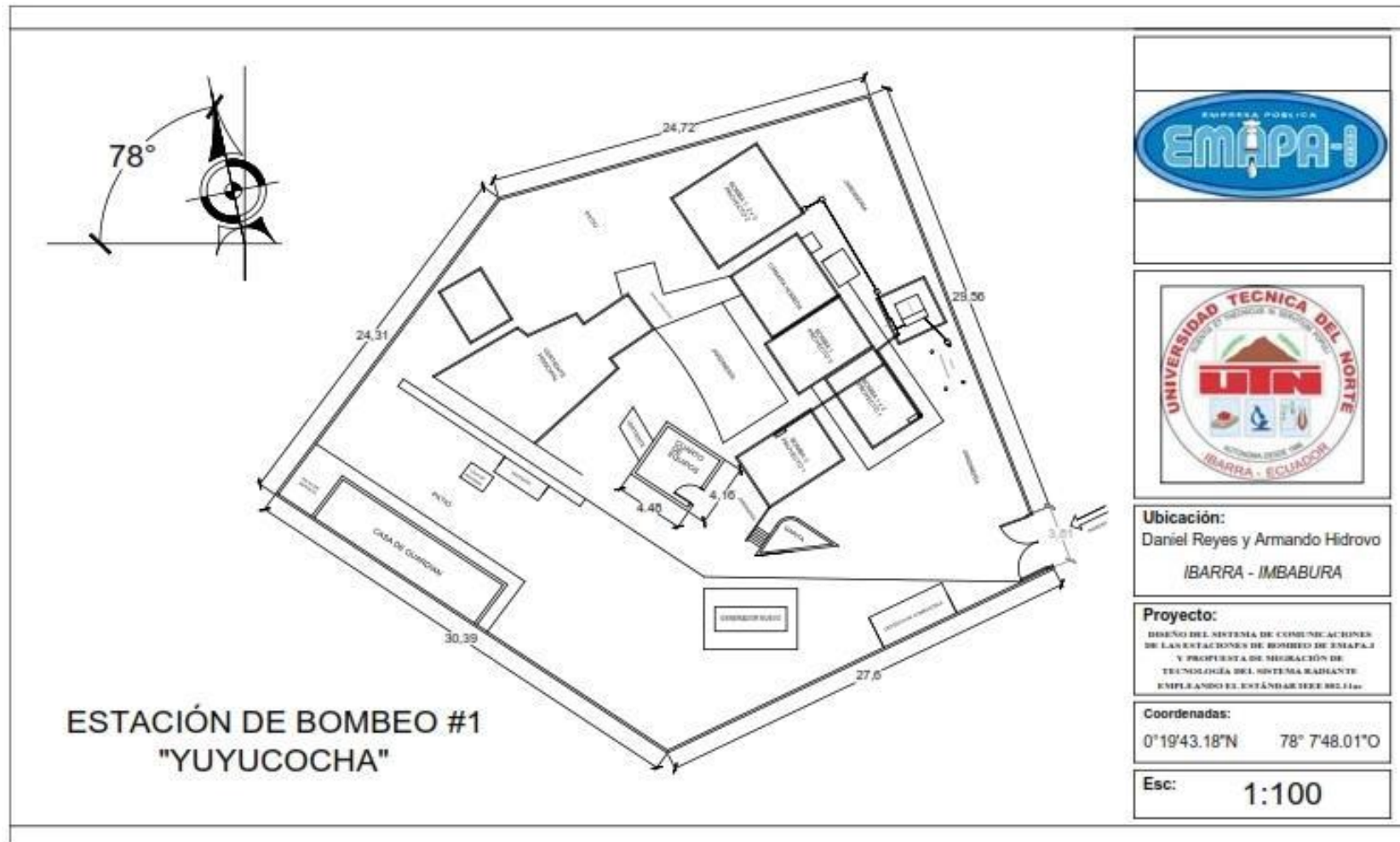
**PoE:** Power Over Ethernet – Alimentación a través de Ethernet

**ATI:** Área de Tecnologías de Información

**PIRE:** Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

# ANEXOS

## ANEXO A



*Figura A-1. Ubicación de la estación de bombeo # 1*



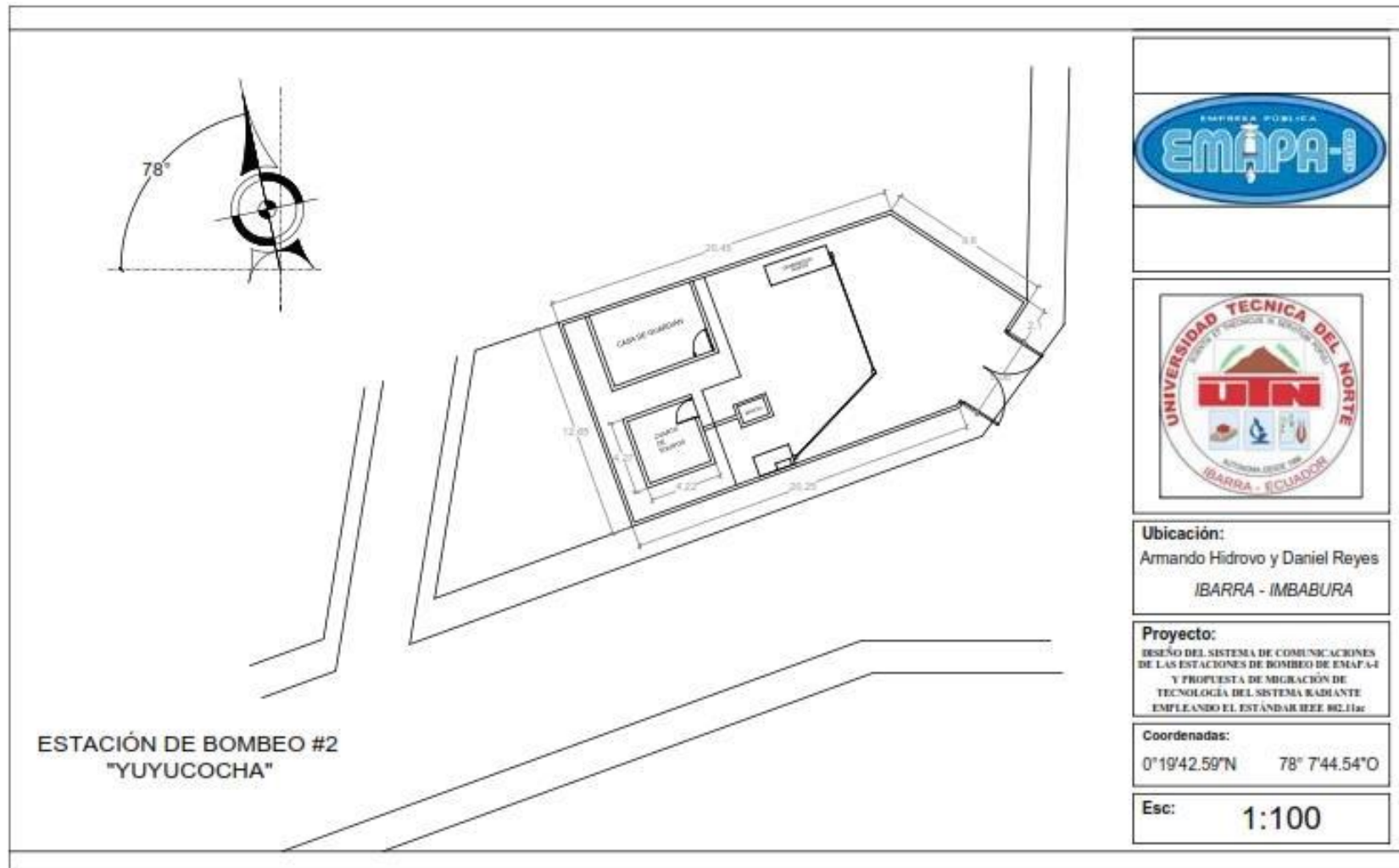


Figura A-2. Ubicación de la estación de bombeo # 2

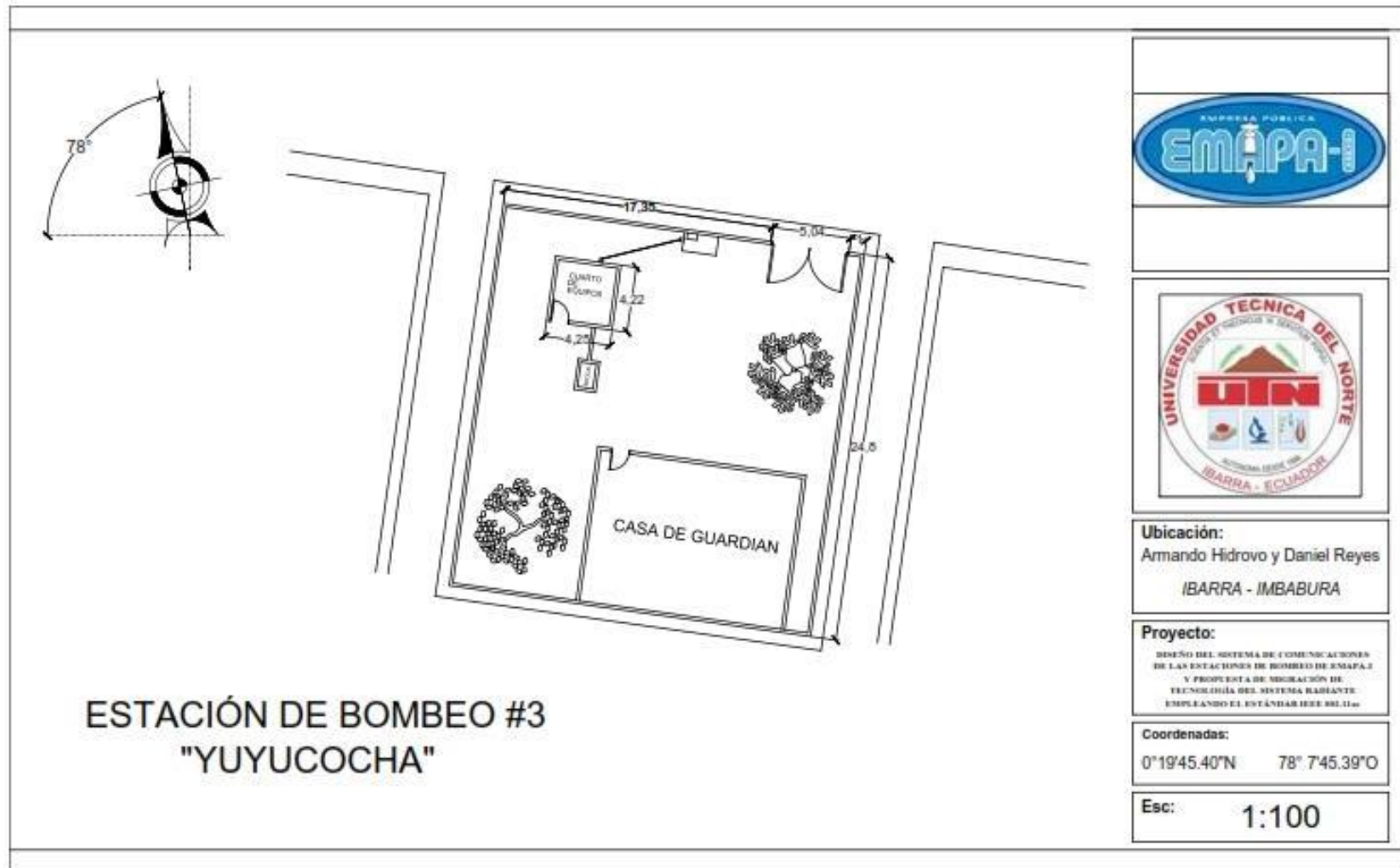


Figura A-3. Ubicación de la estación de bombeo # 3

## ANEXO B

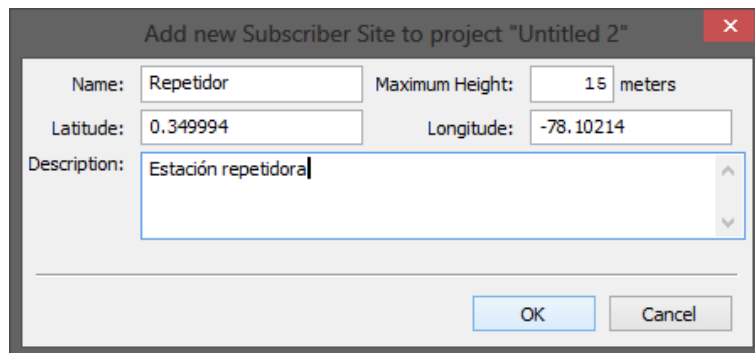
### B.1. SIMULACIÓN LINK PLANNER

De forma adicional y para verificar la veracidad de los resultados obtenidos en el simulador Radio Mobile se complementará con el empleo de otro simulador llamado “LINK PLANNER”

#### B.1.1. Definición y fijación de estaciones

En LINK PLANNER se debe hacer una distinción entre un “NETWORK SITE” y un “SUBSCRIBER SITE”, la diferencia entre uno y otro es que el network site contiene a los HUBs, Access Points, Repeaters es decir todos los equipos que se encargan de brindar un tipo de servicio; mientras que en el subscriber site están las estaciones que reciben el servicio. Los equipos que se encuentran en el network site como “MASTER” y los equipos del subscriber site como “SLAVE”.

Estación repetidora: se encuentra en la parte del network site, el ingreso de datos de verifica en la figura B-1.



The image shows a dialog box titled "Add new Subscriber Site to project 'Untitled 2'". It contains the following fields and values:

Field	Value
Name	Repetidor
Maximum Height	15 meters
Latitude	0.349994
Longitude	-78.10214
Description	Estación repetidora

Buttons: OK, Cancel

Figura B-1. Definición de la estación master – LINK PLANNER

Oficina de Matriz EMAPA: se encuentra en la parte del subscriber site, el ingreso de datos para la estación se puede verificar en la figura B-2.

Figura B-2. Definición de la estación EMAPA-I – LINK PLANNER

Estación de bombeo # 1: se encuentra en la parte del subscriber site, se ingresan los datos mostrados en la figura B-3.

Figura B-3. Definición de la estación de bombeo 1 – LINK PLANNER

Estación de bombeo # 2: se encuentra en la parte del subscriber site, se ingresan los datos requeridos en la figura B-4.

Figura B-4. Definición de la estación de bombeo 2 – LINK PLANNER

Estación de bombeo # 3: se encuentra en la parte del subscriber site, los datos requeridos se muestran en la figura B-5.

Add new Subscriber Site to project "Untitled 2"

Name: Estacion3 Maximum Height: 9 meters

Latitude: 0.328483 Longitude: -78.12907

Description: Estación de bombeo # 3

OK Cancel

Figura B-5. Definición de la estación de bombeo 3 – LINK PLANNER

Fijación de estaciones: las estaciones ya están definidas, figura B-6.

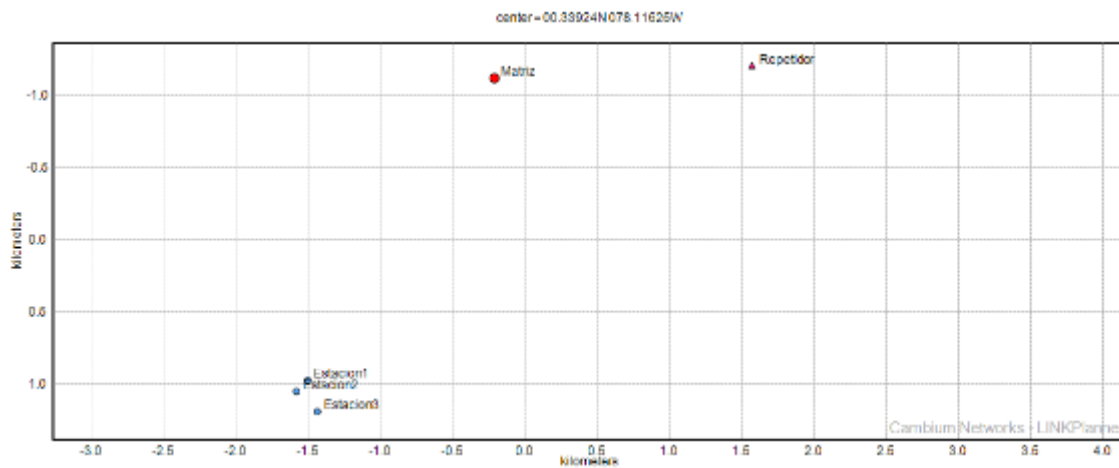


Figura B-6. Fijación de las estaciones – LINK PLANNER

Definir un HUB, para LINK PLANNER es la definición del lugar donde se encuentran uno o más puntos de acceso (AP), en este caso el sitio que se definió antes como repetidor, figura B-7.

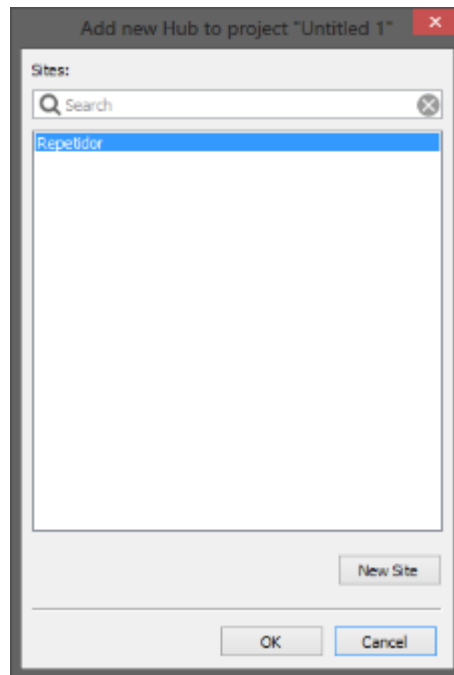


Figura B-7. Configuración de HUB – LINK PLANNER

Configurar la antena que hará el papel de repetidor, es decir la antena que está en la localidad del mirador “San Miguel Arcángel”

Ahora es necesario configurar las características del sitio que trabaja como AP, es decir que se deben definir distancia, ganancia, sensibilidad, pérdidas, etc; consultar figura B-8.

Access Point Equipment									
Region and Equipment Selection									
Band	Product	Country	Sync Input	Encryption Variant					
5.8 GHz	PMP450	India	AutoSync	Any					
PMP450 Configuration									
Bandwidth	Color Code	Range Units	SM Range	Frame Period	Downlink Data	Contention Slots	Broadcast Repeat Count	Total Virtual Circuits	
20 MHz	30	kilometers	3.5 km	2.5 ms	75 %	3	0	0	
Max: 3 mi.									
Antenna Configuration									
Antenna Selection			Antenna Height	Cable Loss	Antenna Azimuth	Antenna Tilt	Beam Width		
Cambium Networks 90° 5 GHz Sector Antenna (17.0dBi)			15 meters	9.4 dB	234 °	-2.5 °	90°		
(Max height at site is 15.0 m)									
Power									
EIRP	Power	SM Receive Target Level	Interference? <input type="checkbox"/>						
30 dBm	22 dBm	-72 dBm							
(Limit is 36 dBm) (Max Power is 22 dBm)									

Figura B-8. Ingreso de parámetros del AP (Punto de Acceso) – LINK PLANNER

Una vez configurado el ángulo de azimuth y el ángulo de inclinación, ya están las estaciones dentro del área de cobertura, como lo indica la figura B-9.

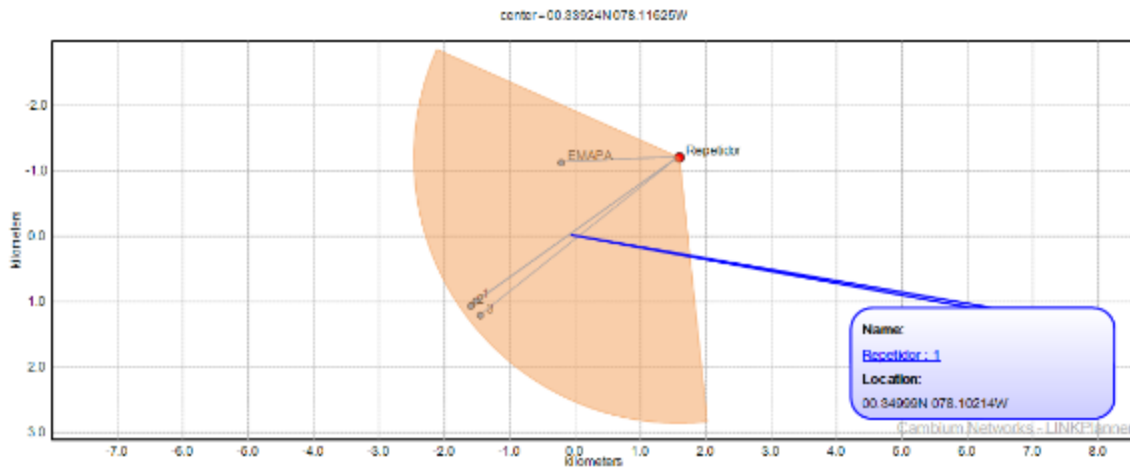


Figura B-9. Area de cobertura, sectorial de 90° – LINK PLANNER

Este software presenta muchas ventajas, como la de ser gratuito y permite visualizar los enlaces en google earth, como se muestra en la figura siguiente:

El enlace se lleva a cabo satisfactoriamente, y se lo analiza tramo por tramo:

Tramo 1: el radio enlace en el tramo 1, se lleva a cabo satisfactoriamente como lo muestra la figura B-10.

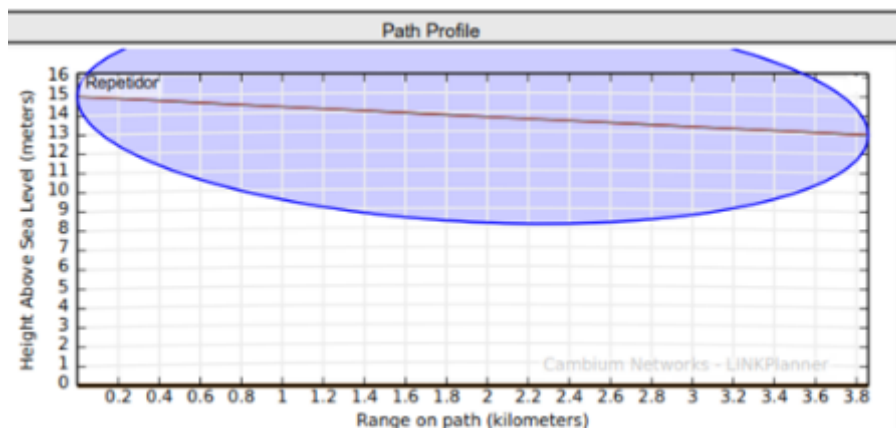


Figura B-10. Radioenlace tramo 1 – LINK PLANNER

Tramo 2: el radio enlace en el tramo 2, se lleva a cabo satisfactoriamente como lo muestra la figura B-11.

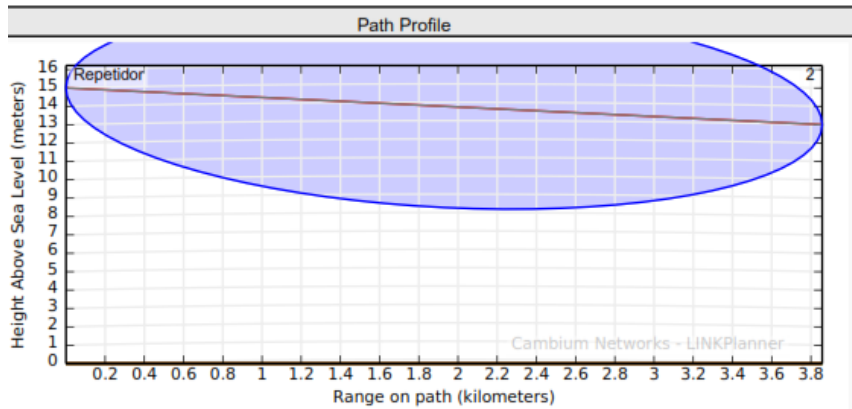


Figura B-11. Radioenlace tramo 2 – LINK PLANNER

Tramo 3: el radio enlace en el tramo 3, se lleva a cabo satisfactoriamente como lo muestra la figura B-12.

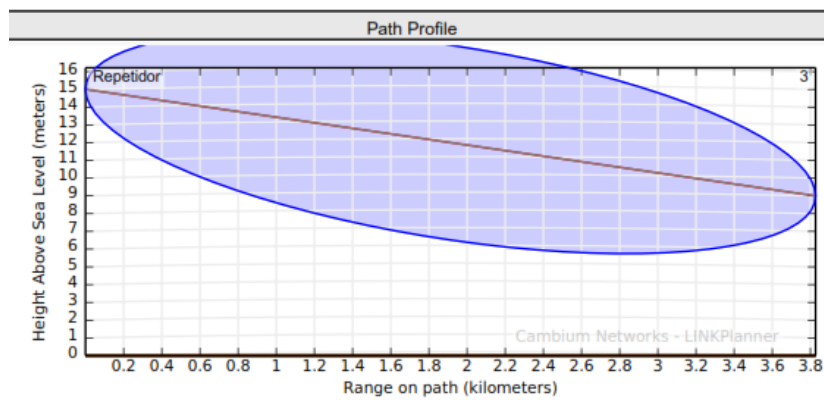


Figura B-12. Radioenlace tramo 3 – LINK PLANNER

Tramo 4: el radio enlace en el tramo 4, se lleva a cabo satisfactoriamente como lo muestra la figura B-13.

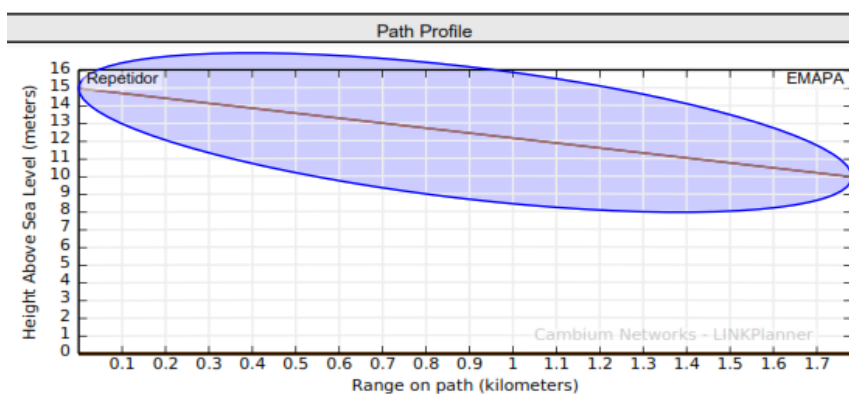


Figura B-13. Radioenlace tramo 4 – LINK PLANNER



### B.1.1.2. Obtención de resultados

Hay un pequeño margen de error entre los cálculos hechos con las fórmulas, pero el valor obtenido es casi similar en la parte del nivel de señal recibido y las pérdidas en el espacio libre.

#### Tramo 1

Link Summary	
<b>Lowest Mode Availability :</b>	<b>3.3503 %</b>
System Gain Margin :	-1.16 dB
Free Space Path Loss :	119.20 dB
Gaseous Absorption Loss :	0.05 dB
Excess Path Loss :	0.00 dB
Total Path Loss :	119.24 dB

Figura B-14. Resultados de radioenlace tramo 1 – LINK PLANNER

#### Tramo 2

Link Summary	
<b>Lowest Mode Availability :</b>	<b>99.9751 %</b>
System Gain Margin :	2.89 dB
Free Space Path Loss :	119.44 dB
Gaseous Absorption Loss :	0.05 dB
Excess Path Loss :	0.00 dB
Total Path Loss :	119.49 dB

Figura B-15. Resultados de radioenlace tramo 2 – LINK PLANNER

#### Tramo 3

Link Summary	
<b>Lowest Mode Availability :</b>	<b>99.9751 %</b>
System Gain Margin :	2.89 dB
Free Space Path Loss :	119.44 dB
Gaseous Absorption Loss :	0.05 dB
Excess Path Loss :	0.00 dB
Total Path Loss :	119.49 dB

Figura B-16. Resultados de radioenlace tramo 3 – LINK PLANNER

Tramo 4

Link Summary	
<b>Lowest Mode Availability : 99.9994 %</b>	
System Gain Margin :	5.93 dB
Free Space Path Loss :	112.73 dB
Gaseous Absorption Loss :	0.02 dB
Excess Path Loss :	0.00 dB
Total Path Loss :	112.75 dB


Figura B-17. Resultados de radioenlace tramo 4 – LINK PLANNER

## ANEXO C

## C.1. FORMULARIOS


## C.1.1. FORMULARIO 2A

Tabla C-1. Formulario 2A - ARCOTEL

		<b>FORMULARIO DE INFORMACIÓN TÉCNICO PARA SOLICITAR PERMISOS DE RED PRIVADA</b>				<b>ST- 2A</b> Elab.: DGGST	
<b>2) CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA)</b>							
PUNTO A PUNTO ( )				PUNTO A MULTIPUNTO ( X )			
<b>3) COBERTURA (Provincias, ciudades o poblaciones que cubre el sistema solicitado)*</b>							
IMBABURA, IBARRA, YUYUCOCHA							
<b>4) CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA, SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATELITE, COBRE Y/O FIBRA ÓPTICA)*</b>							
No. ESTACIONES	No. REPETIDORES	No. ENLACES FÍSICOS		ENLACES INALÁMBRICOS		No. TOTAL DE ENLACES	
		COBRE	FIBRA ÓPTICA	FIJO MÓVIL POR SATELITE	MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA		
4	1				X	4	
<b>5) FORMULARIOS QUE SE DEBEN ADJUNTAR</b>							
<b>SISTEMA DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)</b>							
FORMULARIO RC-1B FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL				( X )			
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS				( X )			
FORMULARIO RC-9A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMOBA (ENLACES PUNTO-PUNTO)				( )			
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA				( X )			
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO				( X )			
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMOBA (SISTEMA PUNTO-MULTIPUNTO)				( X )			
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI				( X )			
<b>SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATELITE (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)</b>							
FORMULARIO RC-1A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL				( )			
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS				( )			
FORMULARIO RC-11A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS FIJO POR SATELITE				( )			
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA				( )			
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO				( )			
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI				( )			


## C.1.2. FORMULARIO RC-1B

Tabla C-2. Formulario RC-1B - ARCOTEL

		<b>FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL</b> (SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA)		<b>RC - 1B</b> Elab.: DGGER Versión: 02
				1) No. Registro:
<b>SOLICITUD:</b>				
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	<input type="checkbox"/> ( M ) REGISTRO <input checked="" type="checkbox"/> RENOVACION <input type="checkbox"/> MODIFICACION			
3) TIPO DE SISTEMA:	<input type="checkbox"/> ( PR ) <input checked="" type="checkbox"/> PRIVADO <input type="checkbox"/> EXPLOTACION			
<b>DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:</b>				
4) <b>PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL</b>				
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	CI:	
5) CARGO:				
<b>PERSONA JURIDICA</b>				
6) NOMBRE DE LA EMPRESA: EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE IBARRA				
7) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA: SERVICIO PUBLICO				RUC:
8) <b>DIRECCION</b>				
PROVINCIA:	CIUDAD:	DIRECCION:		
IMBABURA	IBARRA	ANTONIO JOSE DE SUCRE 7-77 Y PEDRO MONCAYO		
e-mail: info@emapalbarra.gob.ec		CASILLA:	TELEFONO / FAX: 062-951-670 / 062-955-410	
9) <b>CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TÉCNICO)</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:	
NARVÁEZ	PUPIALES	SANDRA KARINA		
e-mail: sknarvaez@ufn.edu.ec		CASILLA:	TELEFONO / FAX:	
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No):		FECHA: 01/07/2015	FIRMA	
10) <b>CERTIFICACION Y DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación				
<b>Declaro que:</b>				
<ol style="list-style-type: none"> <li>En caso de que el presente sistema cause interferencia a sistemas debidamente autorizados, asumo el compromiso de solucionar a mi costo, dichas interferencias, o en su defecto retirarme de la banda.</li> <li>Acepto las interferencias que otros sistemas debidamente autorizados acusen al presente sistema.</li> </ol>				
NOMBRE: ING. MANUEL ARTURO FUENTES RUALES - M.B.A.		FECHA: 01/07/2015	FIRMA	
11) OBSERVACIONES:				


## C.1.3. FORMULARIO RC-3A

Tabla C-3. Formulario RC-3A - ARCOTEL

		<b>FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS</b>		<b>RC - 3A</b> Elab.: DGGER Versión: 02	
				<sup>1)</sup> Cod. Cont:	
<sup>2)</sup> <b>CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS</b>					
CARACTERISTICAS TECNICAS		ANTENA 1	ANTENA 2		
CODIGO DE ANTENA:		A1	A2		
MARCA:		Mikrotik	Mikrotik		
MODELO:		RBSXTG-5HPacD	RBSXTG-5HPacD		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		5725 - 5850	5725 - 5850		
TIPO:		Parabólica	Parabólica		
IMPEDANCIA (ohmios):		36,5	36,5		
POLARIZACION:		Vertical/Horizontal	Vertical/Horizontal		
GANANCIA (dBd):		13,66	13,66		
DIÁMETRO (m):		0,14	0,14		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		54,6	54,3		
ANGULO DE ELEVACION (°):		2,48	2,51		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		23	13		
<sup>2)</sup> <b>CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS</b>					
CARACTERISTICAS TECNICAS		ANTENA 3	ANTENA 4		
CODIGO DE ANTENA:		A3	A4		
MARCA:		Mikrotik	Mikrotik		
MODELO:		RBSXTG-5HPacD	RBSXTG-5HPacD-SA		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		5725 - 5850	5725 - 5850		
TIPO:		Parabólica	Parabólica		
IMPEDANCIA (ohmios):		36,5	36		
POLARIZACION:		Vertical/Horizontal	Vertical/Horizontal		
GANANCIA (dBd):		13,66	10,65		
DIÁMETRO (m):		0,14	0,14		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		51,4	267,4		
ANGULO DE ELEVACION (°):		2,47	-6,71		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		9	15		
<sup>2)</sup> <b>CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS</b>					
CARACTERISTICAS TECNICAS		ANTENA 5	ANTENA 6		
CODIGO DE ANTENA:		A5			
MARCA:		Mikrotik			
MODELO:		RBSXTG-5HPacD			
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		5725 - 5850			
TIPO:		Parabólica			
IMPEDANCIA (ohmios):		36,5			
POLARIZACION:		Vertical/Horizontal			
GANANCIA (dBd):		13,66			
DIÁMETRO (m):		0,14			
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		67,4			
ANGULO DE ELEVACION (°):		6,7			
ALTURA BASE-ANTENA (m):		20			
<b>NOTA:</b> Se debe adjuntar las copias de los catálogos de las mencionadas antenas.					

## C.1.4. FORMULARIO RC-2A

Tabla C-4. Formulario RC-2A - ARCOTEL

		<b>FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES</b>		<b>RC - 2A</b> Elab.: DRE Versión: 02	
				1) Cod. Cont.:	
<b>ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES</b>					
<b>2) ESTRUCTURA 1</b>					
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: Torre autoportada en una edificación			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2237		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: S1			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 23		
<b>3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:</b>					
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)		
Imbabura	Ibama	Ciudadela Municipal, Yuyucocha, Calle Daniel Reyes	LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
			0° 19' 49,55"N	78° 7' 46,76"W	
<b>4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:</b>					
PUESTA A TIERRA <input checked="" type="checkbox"/> SI ( X ) <input type="checkbox"/> NO ( )		PARARRAYOS <input type="checkbox"/> SI ( X ) <input type="checkbox"/> NO ( )			
OTROS (Describe):					
<b>5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:</b>					
LINEA COMERCIAL <input type="checkbox"/> ( X )		GENERADOR <input type="checkbox"/> ( )		BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/> ( )	
EXISTE RESPALDO <input type="checkbox"/> SI ( X ) <input type="checkbox"/> NO ( )					
TIPO DE RESPALDO					
GENERADOR <input type="checkbox"/> ( )		BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/> ( )		UPS <input checked="" type="checkbox"/> ( X )	
OTRO: _____					
<b>6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: EMAPA</b>					
<b>2) ESTRUCTURA 2</b>					
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: Torre autoportada en una edificación			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2241		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: S2			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 13		
<b>3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:</b>					
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)		
Imbabura	Ibama	Ciudadela Municipal, Yuyucocha, Calle Armando Hidrovo	LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
			0° 19' 47,1"N	78° 7' 46,3"W	
<b>4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:</b>					
PUESTA A TIERRA <input checked="" type="checkbox"/> SI ( X ) <input type="checkbox"/> NO ( )		PARARRAYOS <input type="checkbox"/> SI ( X ) <input type="checkbox"/> NO ( )			
OTROS (Describe):					
<b>5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:</b>					
LINEA COMERCIAL <input type="checkbox"/> ( X )		GENERADOR <input type="checkbox"/> ( )		BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/> ( )	
EXISTE RESPALDO <input type="checkbox"/> SI ( ) <input type="checkbox"/> NO ( )					
TIPO DE RESPALDO					
GENERADOR <input type="checkbox"/> ( )		BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/> ( )		UPS <input checked="" type="checkbox"/> ( X )	
OTRO: _____					
<b>6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: EMAPA</b>					
<b>2) ESTRUCTURA 3</b>					
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: Torre autoportada en una edificación			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2248		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: S3			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 9		
<b>3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:</b>					
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)		
Imbabura	Ibama	Ciudadela Municipal, Yuyucocha, Calle Hernán Gonzáles de Saa	LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
			0° 19' 42,5" N	78° 7' 44,7" W	
<b>4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:</b>					
PUESTA A TIERRA <input checked="" type="checkbox"/> SI ( X ) <input type="checkbox"/> NO ( )		PARARRAYOS <input type="checkbox"/> SI ( X ) <input type="checkbox"/> NO ( )			
OTROS (Describe):					
<b>5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:</b>					
LINEA COMERCIAL <input type="checkbox"/> ( X )		GENERADOR <input type="checkbox"/> ( )		BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/> ( )	
EXISTE RESPALDO <input type="checkbox"/> SI ( ) <input type="checkbox"/> NO ( )					
TIPO DE RESPALDO					
GENERADOR <input type="checkbox"/> ( )		BANCO DE BATERIAS <input type="checkbox"/> ( )		UPS <input checked="" type="checkbox"/> ( X )	
OTRO: _____					
<b>6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: EMAPA</b>					

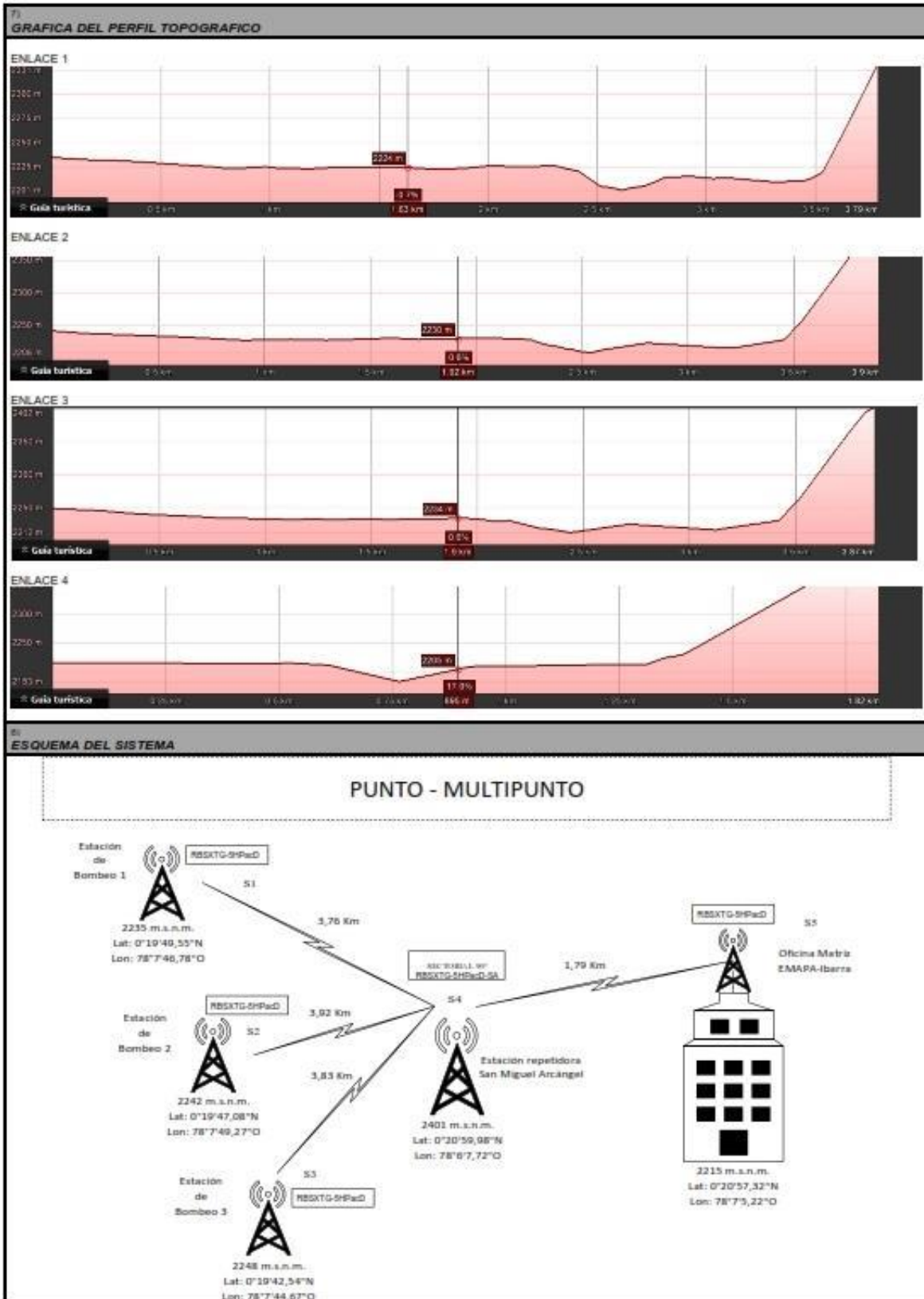
2) ESTRUCTURA 4				
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: Torre autosostenida en una edificación			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2400	
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: 54			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 15	
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:				
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
Imbabura	Ibama	Pitorato, Loma de Alto Reyes, via a Yuracucito	LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
			0° 20' 59,95"N	78° 6' 7,72"W
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:				
PUESTA A TIERRA		PARARRAYOS		
SI ( X ) NO ( )		SI ( X ) NO ( )		
OTROS (Describe):				
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:				
LINEA COMERCIAL ( X )		GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( X ) NO ( )
TIPO DE RESPALDO				
GENERADOR ( )		BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( X )	OTRO: _____
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: EMAPA				

2) ESTRUCTURA 3				
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: Empotrada en una edificación			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2215	
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: 55			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 20	
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:				
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
Imbabura	Ibama	Antonio José de Sucre 7-77 y Pedro Moncayo	LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
			0° 20' 57,32"N	78° 7' 9,22"W
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:				
PUESTA A TIERRA		PARARRAYOS		
SI ( X ) NO ( )		SI ( X ) NO ( )		
OTROS (Describe):				
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:				
LINEA COMERCIAL ( X )		GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( X ) NO ( )
TIPO DE RESPALDO				
GENERADOR ( )		BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( X )	OTRO: _____
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: EMAPA				











## C.1.7. FORMULARIO RC-15A

Tabla C-7. Formulario RC-15A - ARCOTEL

		<b>FORMULARIO PARA ESTUDIO DE EMISIONES DE RNI (CÁLCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)</b>			<b>RC- 15A</b> RNI - TI
Fecha:					
<b>1) USUARIO:</b>					
NOMBRE DE LA EMPRESA:		EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE IBARRA			
DIRECCIÓN:		ANTONIO JOSE DE SUCRE 7-77 Y PEDRO MONCAYO			
<b>2) UBICACION DEL SITIO:</b>					
PROVINCIA	CIUDAD/CANTON	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	
IMBABURA	IBARRA	IBARRA CENTRO	0° 20' 57,32"N	78° 7' 5,22"W	
<b>3) Slim, a CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO):</b>					
FRECUENCIAS MHz	Slim OCUPACIONAL (W/m <sup>2</sup> )		Slim POBLACIONAL (W/m <sup>2</sup> )		
5725 - 5850	50		10		
<b>4) CÁLCULO DE R<sup>2</sup></b>					
Altura h (m)	20,00		$R = \sqrt{(X^2 + (h - d)^2)}$		
DISTANCIA X (m)		VALOR CALCULADO PARA R (m)			
2		19,40			
5		19,90			
10		21,73			
20		27,8			
50		53,58			
<b>5) CÁLCULO DE PIRE (considere caso ideal)</b>					
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)	GANANCIA MÁXIMA DE LA ANTENA (dBi)		VALOR DE PIRE (W)		
1,25	13		25,11		
<b>6) CÁLCULO DEL SLIM TEORICO</b>					
Slim = PIRE / (π * R <sup>2</sup> )					
DISTANCIA (m)	VALOR DE (π * R <sup>2</sup> )		VALOR DE Slim (W/m <sup>2</sup> )		
2	1182,36		0,02123		
5	1244,10		0,02018		
10	1483,43		0,01692		
20	2427,94		0,01034		
50	9022,30		0,002783		
<b>7) CERTIFICACIÓN DEL PROFESIONAL TÉCNICO (RESPONSABLE TÉCNICO)</b>					
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva					
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:		
Narváez	Pupiales	Sandra Karina			
E-MAIL:	CASILLA:	TELEFONO / FAX:			
sknarvaez@utn.edu.ec					
DIRECCIÓN / CIUDAD / CALLE Y No.:	FECHA:		FIRMA		
	01/07/2015		_____		
<b>8) CERTIFICACIÓN DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA AUTORIZADA</b>					
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación					
NOMBRE:	FECHA:		FIRMA		
ING. MANUEL ARTURO FUENTES RUALES M.B.A.	01/07/2015		_____		

ANEXO D

D.1. PROFORMAS



**CERELECTRIC**  
IMPORTADORES DE MATERIAL ELECTRICO Y ELECTRODOMESTICOS  
**ING. ANDRES NAPOLEON ENRIQUEZ CERON**  
Matriz y Establecimiento: GALO PLAZA 5-174 Y VICTOR GOMEZ JURAJUC  
 (Frente a Fybeca)  
 Tel: 2 631 141 / 2 953 786 Cel: 0992 402 535 / 0992 733 484  
 importadoracerelectrico@yahoo.com andreccc@hotmail.es  
 IBAÑEA - ECUADOR


**PROFORMA**  
RUC: 0401349949001


0000478

---


Cliente...: DASH BELL      Fecha Emisión...: 30/06/2016  
 RUC...: ESTELIAFRYS ID      Fecha Vencimiento...: 30/06/2016  
 Dirección: ALUMBRADO SEGUN EL DISEÑO DEL PROYECTO      Vendedor...: ROSA CRISTIANI  
 Tel...: 0991382741      Control Interno: 0000060

Código	Detalle	Cantidad	Unitario	v/total
1662	CABLEADO 1/2" 1/2" METALICO	100.00	1.93	193.00
0000	CABLE GALVANIZADO DE 1 1/2"	40.00	4.42	176.80
04M	CABLEADO THHN #4 (7HILOS) ELECTROCARBES	180.00	2.58	464.40
04M	CABLEADO THHN #4 (7HILOS) ELECTROCARBES	70.00	1.51	105.70
05VU	CABLEADO THHN #6 (7HILOS) INCHALE NEGRO	150.00	1.05	157.50
FLE10N	CABLEADO 2 HILOS THHN #10 300V METALICO	2.00	23.85	47.70
FLE12R	CABLEADO 2 HILOS THHN #12 300V ROLLO CABLE	2.00	36.80	73.60






**CERELECTRIC**  
RUC: 0400530747001  
 BANCO PRODUBANCO  
 CTA. CTE: 1014382244



TARIFA 02:



TARIFA 194:


Son: UN MIL CUATROCIENTOS CIN 94/100 DOLARES.

DESCUENTO:	0.000
SUBTOTAL:	1,228.460
+ 14% I.V.A:	171.990
+ FLETE:	0.000
<b>TOTAL:</b>	<b>1,400.440</b>

ENTREGUÉ CONFORME

---

Acceptamos todas sus Tarjetas de Crédito



RECIBÍ CONFORME

Figura D-1. Proforma sistema eléctrico



PROFORMA N.- 01164

Quito, 28 de junio del 2016.

Señor:  
**DANY MELO GUZMAN**  
 Presente.-

De mis consideraciones.-

La presente tiene por objeto cotizar a usted, 1 equipo de aire acondicionado tipo split bajo el siguiente detalle:

CANT.	DETALLE	VALOR U.	VALOR T.
1	A/A SPLIT PARED 36.000 BTU/H 220V/R-22 "WESTINGHOUSE"	1.390,30	1.390,30
1	A/A SPLIT PARED 36.000 BTU/H 220V/R-410 "EVERWELL"	1.390,55	1.390,55
1	A/A SPLIT PARED 36.000 BTU/H 220V " LG "	2.875,32	2.875,32

\* Todos los precios no incluyen IVA.

Tres opciones en cuanto a marca de equipo.

**Condiciones Comerciales:**

Forma de pago: Contado contra-entrega.  
 Validez de la oferta: 15 días.

Equipos y Servicios "SCHWEITZER", está en capacidad de suministrar los repuestos y accesorios para el buen funcionamiento de los equipos en forma ágil.

Esperando que la oferta sea de su aceptación, cualquier duda o consulta, solicitamos nos haga llegar en el menor tiempo posible, nos despedimos, muy gustosos de poder atenderlos.

*Viviana Schweitzer.*  
 Equipos y Servicios  
 "SCHWEITZER"

De los Pinos E13-136 entre Guayacanes y César Terrán  
 Sector "El Eden" (Solca) • Telf.: 02-3-281675  
 Fax: 02-2-405037 • Cel.: 09 7 836-826

jschweitzer23@andinanet.net

Figura D-2. Proforma sistema de aire acondicionado

**PROCITEL S. A.**

RUC: 1791800427001

QUITO: America 2729 y Las Casas Oficina: 11 Teléfonos: 593 2 2908 026 / 593 2 2540 316 / 593 2 3200 506 Fax: 593 2 3200 549

CELULARES: 593 9 9925 034 / 593 9 9665 030

E-MAIL: gerencia@procitel.com.ec APARTADO POSTAL: 170518

COTIZADO A		PROFORMA No. QCE-533-CT-001		
Cliente	UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE	PROYECTO		
RUC/CI		VARIOS EQUIPOS		
Atención	DANNY FABRICIO MELO GUZMAN			
Cargo				
Dirección				
Teléfono				
E-mail	<a href="mailto:dfmeloo@utn.edu.ec">dfmeloo@utn.edu.ec</a>			
FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE PRESENTACIÓN	REALIZADO POR	VENDEDOR	DIVISION COMERCIAL
23-Jun-16	27-Jun-16	JIGR	VENTAS1	INSTALACIONES
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	Piso falso de 61x61 cm FOBO para 3 cuartos de 4x3 m2 Incluye accesorios de instalación	106	\$ 87.50	\$ 9,275.00
2	Rampa de acceso 100x120x30 cm.	3	\$ 561.00	\$ 1,683.00
3	Corte de piso con protector pasacable	9	\$ 137.50	\$ 1,237.50
4	Ductos con tapa marca DEXON 100x45x200	6	\$ 26.30	\$ 157.80
5	Rack cerrado 87 plgs. 2200x800x1000 mm. Con malla metálica	3	\$ 1,142.00	\$ 3,426.00
6	Multitoma horizontal 4 tomas dobles para 19 plgs.	3	\$ 26.00	\$ 78.00
7	Patch panel 24 puertos modular blindado negro	3	\$ 123.00	\$ 369.00
8	Organizador Horizontal 2 UR 60x80	3	\$ 33.81	\$ 101.43
9	Face plate 2 puertos blanco	15	\$ 2.53	\$ 37.95
10	Conector RJ45 Jack Categoría 6A azul	30	\$ 16.38	\$ 491.40
11	Cable FTP 4 pares Categoría 6A Hubbell	186	\$ 1.22	\$ 226.92
12	Split consola de pared Panasonic Inverter 24000 BTUH 220 VAC-1PH-60 Hz. (R-410A) Incluye accesorios de instalación	3	\$ 4,620.00	\$ 13,860.00
13	Barra de Tierra de Cobre con perforaciones de 10x30x0,5	3	\$ 82.50	\$ 247.50
14	Electrodo de Puesta a Tierra	3	\$ 368.00	\$ 1,104.00
15	Pararrayo Marca Ingesco Modelo Pdc 6.4	3	\$ 1,530.00	\$ 4,590.00
SUB-TOTAL				\$ 36,885.50
IVA				\$ 5,163.97
TOTAL				\$ 42,049.47

**CONDICIONES**

Servicio tecnico: Servicio tecnico 7X24X365  
 Garantía Técnica: 1 año contra defectos de fabricación  
 Tiempo de Entrega: 8 días laborables  
 Forma de Pago: 60% anticipo, 40% contraentrega  
 Validez de la Oferta: 30 días desde la fecha de la presentación



RECIBIDO PROCITEL S.A.

Pararrayos / Supresores de Transientes (Sobrevoltaje y Sobrecorriente) / UPS / Acondicionador de Tierra  
 Sistemas de Comunicación / Sistemas de Seguridad / Baitzas  
 Generación de Energía Eléctrica / Herramientas y Materiales para Telecomunicaciones  
 Cuartos y Estructuras para Equipos Eléctricos y de Telecomunicaciones

Figura D-3. Proforma sistema de comunicaciones y obra civil