

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL**

**TEMA:**

***“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA UTILIZANDO EL  
ESTÁNDAR 802.11 AC. (CASO DE ESTUDIO UTM)”***

***Segundo Mero***

**Quito – 2017**

## **AUTORÍA**

Yo, **Segundo Álvaro Mero García**, portador de la cédula de ciudadanía No. **1312320722**, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se he respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

---

*Segundo Álvaro Mero García*

## Índice de contenido

AUTORÍA .....	i
Índice de contenido.....	ii
Índice de tablas .....	v
Índice de figura.....	vi
1. Introducción .....	1
2. Justificación.....	2
3. Antecedentes .....	3
4. Objetivos .....	5
4.1. Objetivo General.....	5
4.2. Objetivos Específicos .....	5
5. Desarrollo Caso de Estudio .....	6
5.1. Situación actual de la red inalámbrica de la UTM.....	6
5.1.1. Localización física del caso de estudio .....	6
5.1.2. Análisis de la infraestructura de red .....	7
5.1.3. Esquema físico y lógico de la infraestructura de red.....	8
5.1.4. Equipos de comunicación de datos .....	11
5.1.5. Análisis y monitoreo de la red.....	16
5.2. Análisis comparativo entre el estándar 802.11ac y 802.11n.....	19
5.2.1. Técnica MIMO (Múltiple Input Múltiple Output) .....	27
5.2.2. MU-MIMO (Multiple-User Multiple-Input Multiple-Output).....	28
5.3. Evaluación técnica de los equipos y tecnologías a utilizarse en la propuesta de diseño de la red inalámbrica. ....	30
5.3.1. Requerimientos de los equipos.....	31
5.3.1.1. Antenas.....	31
5.3.1.2. Estación Transmisora .....	34
5.3.1.3. Estación receptora .....	36

5.3.2.	Equipos seleccionados para la propuesta .....	39
5.4.	Diseño de la red inalámbrica utilizando el estándar 802.11ac .....	43
5.4.1.	Análisis del diseño .....	43
5.4.2.	Enlace punto a multipunto.....	44
5.4.3.	Diseño de la red inalámbrica .....	45
5.4.4.	Simulación del enlace punto a multipunto .....	46
5.4.4.1.	Ubicación de Equipos receptores .....	46
5.4.4.2.	Ubicación del Equipo transmisor .....	47
5.4.4.3.	Distancia entre equipo transmisor y equipos receptores .....	48
5.4.4.4.	Simulación enlace TIC – Biblioteca.....	49
5.4.4.5.	Simulación enlace TIC – Departamento de comunicación .....	50
5.4.4.6.	Simulación enlace TIC – Departamento de Evaluación.....	51
5.4.4.7.	Simulación enlace TIC – Departamento de Financiero.....	52
5.4.4.8.	Simulación enlace TIC – Departamento de Parque automotor .....	53
5.4.4.9.	Simulación enlace TIC – Departamento de Rectorado .....	54
5.4.4.10.	Simulación enlace TIC – Oficinas de Docentes .....	55
5.4.4.11.	Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas Edf.N°1.....	56
5.4.4.12.	Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas Edf.N°2.....	57
5.4.4.13.	Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias Humanísticas y Sociales.....	58
5.4.4.14.	Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias Informáticas.....	59
5.4.4.15.	Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas.....	60
5.4.4.16.	Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias de la Salud .....	61
5.4.4.17.	Simulación enlace TIC – Facultad Filosofía Letras y Ciencias de la Educación.....	62
5.4.4.18.	Simulación enlace TIC – Instituto de Ciencias Básicas-ICB .....	63
5.4.4.19.	Simulación enlace TIC – Instituto de Investigación.....	64
5.4.4.20.	Simulación enlace TIC – Instituto de Posgrado .....	65
5.4.4.21.	Simulación enlace TIC – Instituto de Suelos .....	66
5.4.5.	Presupuesto referencial .....	67
6.	Conclusiones y Recomendaciones .....	68
6.1.	Conclusiones .....	68

6.2. Recomendaciones .....	69
Bibliografía: .....	70

---

## Índice de tablas

Tabla 1: Distribución de los IDF en la Universidad .....	12
Tabla 2: Equipos, servicios y aplicaciones .....	15
Tabla 3: Funciones del 802.11ac .....	26
Tabla 4: Características del Modelo R5AC-PTMP .....	40
Tabla 5: Características del Modelo NBE-5AC-19 .....	42
Tabla 6: Presupuesto Referencial .....	67

## Índice de figura

Figura 1: Ubicación Universidad Técnica de Manabí .....	6
Figura 2: Áreas de la Universidad Técnica de Manabí.....	7
Figura 3: Dirección de Tecnología de Información y Comunicaciones .....	7
Figura 4: Esquema de la infraestructura de red .....	8
Figura 5: Distribución y despliegue de la fibra óptica.....	9
Figura 6: Instalación de equipos marca Ubiquiti .....	10
Figura 7: Esquema lógico de la red .....	10
Figura 8: Topología de la Universidad Técnica de Manabí .....	11
Figura 9: Trafico de paquetes en la red .....	16
Figura 10: Información del análisis del tráfico de la red .....	17
Figura 11: Analisis de los protocolos utilizados.....	17
Figura 12: Estabilidad en la conexión de la Universidad Técnica de Manabí....	18
Figura 13: Evolución del estándar IEEE 802.11 .....	19
Figura 14: Niveles del modelo OSI .....	20
Figura 15: Capa física de IEEE 802.11 .....	20
Figura 16: Transmisión MIMO .....	29
Figura 17: Operación de banda ancha .....	31
Figura 18: Características y Tipos de antena.....	31
Figura 19: Característica a Cisco Aironet.....	32
Figura 20: Características antenas marca Mikro Tik.....	33
Figura 21: Características antenas Ubiquiti Airmax.....	33
Figura 22: Requerimientos del equipo transmisor.....	34
Figura 23: Características Rocket5ac Lite.....	35

---

Figura 24: Características Rocket5ac PtP .....	35
Figura 25: Características Rocket5ac PtMP .....	36
Figura 26: Requerimientos de la estación cliente .....	37
Figura 27: Características Modelo Airmax NanoBeam 5AC-19.....	37
Figura 28: Características Modelo Airmax PowerBeam 5AC-500 .....	38
Figura 29: Modelo: R5AC-PTMP .....	40
Figura 30: Modelo: NBE-5AC-19 .....	41
Figura 31: Torre de Comunicaciones de la UTM .....	43
Figura 32: Enlace Torre de Comunicaciones - Edificaciones.....	44
Figura 33: Diseño de la Red Inalámbrica .....	45
Figura 34: Ubicación de equipos receptores.....	47
Figura 35: Distancia entre TX y Rx.....	48
Figura 36: Enlace TIC - Biblioteca.....	49
Figura 37: Enlace TIC – D. Comunicación .....	50
Figura 38: Enlace TIC-D. Evaluación. ....	51
Figura 39: Enlace TIC-D. Evaluación. ....	52
Figura 40: Enlace TIC – D. Parque automotor .....	53
Figura 41: Enlace TIC – D. Rectorado .....	54
Figura 42: Enlace TIC – Oficinas de Docentes .....	55
Figura 43: Enlace TIC – FCAE – N°1 .....	56
Figura 44: Enlace TIC – FCAE – N°2.....	57
Figura 45: Enlace TIC – FCHS .....	58
Figura 46: Enlace TIC – FCI .....	59
Figura 47: Enlace TIC – FCMQ .....	60
Figura 48: Enlace TIC – FCS .....	61

Figura 49: Enlace TIC – Filosofía Letras y Ciencias de la Educación .....	62
Figura 50: Enlace TIC – Instituto de Ciencias Básicas .....	63
Figura 51: Enlace TIC – Instituto de Investigación.....	64
Figura 52: Enlace TIC – Instituto de Posgrado .....	65
Figura 53: Enlace TIC – Instituto de Suelos.....	66

## 1. Introducción

El objetivo de este trabajo está en proponer el diseño de una red inalámbrica utilizando el estándar IEEE 802.11ac para la Universidad Técnica De Manabí. Se consideró el uso de la metodología descriptiva aplicando los métodos del nivel teórico del conocimiento tales como: el análisis y síntesis, el histórico lógico e hipotético deductivo en el abordaje teórico del tema. Asimismo, se usó el análisis documental como método empírico, permitiendo la identificación de los referentes teóricos-conceptuales del tema objeto de investigación. Igualmente se aplicaron las técnicas de la entrevista a personal responsable de la administración de la red como parte del diagnóstico, lo que contribuyó a la caracterización del escenario de investigación en dos momentos, y el método de la observación para determinar los sitios en los cuales se colocaron los equipos inalámbricos. Para brindar un mecanismo o método alternativo referente a la comunicación de datos y, con ello, a los diferentes recursos y servicios que se ofertan en la universidad, entre los que se destacan: el sistema de matrículas, plataforma virtual, correo institucional, bibliotecas virtuales, entre otros; se propuso utilizar la tecnología Ubiquiti consistente en puntos de acceso que cubren la zona de cada edificio, los que son de fácil administración y gestión, permitiendo ejecutar mantenimiento de forma sencilla. Como resultado se destaca la factibilidad de la comunicación de docentes y estudiantes que actualmente pueden hacer uso de los recursos y servicios antes mencionados a partir de la propuesta realizada. Entre las conclusiones más notables se puede mencionar la oportunidad de combinar tecnologías actuales con las existentes que, sin la utilización de recursos costosos, puedan mejorar la calidad de los servicios a docentes y estudiantes, lográndose una comunicación efectiva.

## 2. Justificación

Las ventajas que proporcionan las redes inalámbricas radican en la combinación de una tecnología eficaz con el uso del espectro, muy encauzada a la expansión de redes locales de pequeño tamaño, un entorno regulatorio que provee su libre uso, una lógica fácilmente integrable y de muy bajo coste, y una interoperabilidad de equipos generalmente exitosa. Con este trabajo de investigación se pretende mejorar la infraestructura tecnológica en cuanto a conectividad inalámbrica y servicios virtuales que la Universidad Técnica de Manabí ofrece, implementando una red multipunto, que proporcione cobertura a todo el campus universitario.

La propuesta tecnológica de diseñar una red inalámbrica utilizando el estándar IEEE 802.11ac constituye un método alternativo de comunicación para evitar la falta de conectividad y generar incomodidades en tareas como publicación de notas, clases virtuales o la simple comunicación mediante correos electrónicos. Con la misma, se puede conseguir la interconectividad entre todas las edificaciones pertenecientes al campus central de la UTM, obteniendo un radio de cobertura hasta un máximo de 90-100 metros, mayor velocidad de transmisión, alcanzando los 1.3 Gbps gracias al movimiento de información vía tres flujos de 433Mbps cada uno, logrando la seguridad de las comunicaciones y asegurando la funcionabilidad de los servicios tecnológicos que se ofrecen a la comunidad universitaria.

Cabe mencionar que el estándar 802.11ac utiliza la banda 5GHz que ofrece mayor estabilidad a la conexión por tener más canales sin interferencias, Otras mejoras consisten en la ampliación del ancho de banda hasta 160 MHz (40 MHz en las redes 802.11n), hasta 8 flujos MIMO (4 en 802.11n) y modulación de alta densidad, 256-QAM (64-QAM en 802.11n).

### 3. Antecedentes

La tecnología inalámbrica está presente en la sociedad desde finales de 1979 a inicios de 1980 aunque de manera desordenada, debido a que cada fabricante desarrollaba sus propios modelos, generando por ende dificultades a los otros. (Esteinou, 2003)

A finales de los años 90, compañías como Lucent, Nokia o Symbol Technologies, se reunieron para crear una asociación conocida como WECA (Wireless Ethernet Compatibility), que en 2003 pasó a llamarse Wi-Fi Alliance, cuyo objetivo, era no sólo el fomento de la tecnología Wifi, sino establecer estándares para que los equipos dotados de esta tecnología inalámbrica fueran compatibles entre sí. (Andujar, 2010)

En abril de 2000 se establece la primera norma: Wifi 802.11b, que utilizaba la banda de los 2.4GHz y que alcanzaba una velocidad de 11Mbps. Tras esta especificación llegó 802.11a, que generó algunos problemas entre Estados Unidos y Europa por la banda que se utilizaba (5 GHz). Mientras que en Estados Unidos esta banda estaba libre, en Europa estaba reservada para fines militares, situación que paralizó un tanto esta tecnología inalámbrica, sobre todo teniendo en cuenta que la mayoría de los fabricantes de dispositivos (norteamericanos en su mayor parte), tardaron en reaccionar ante la imposibilidad de vender sus productos en el viejo continente. Tras muchos debates se aprobó una nueva especificación, 802.11g, que al igual que la “b” utilizaba la banda de los 2,4GHz pero multiplicaba la velocidad hasta los 54Mbps. (Amoroso, 2010)

Llegado el momento en que tres especificaciones diferentes conviven en el mercado, se da el caso de que son incompatibles, por lo que el siguiente paso fue crear equipos capaces de trabajar con las tres, saltando “en caliente” de unas a otras, y lanzado soluciones que se etiquetaban como “multipunto”. Cuando se da este caso la banda

de los 5GHz, anteriormente reservada para usos militares, se habilitó para usos civiles, lo que fue un gran adelanto no sólo porque es ese momento ofrecía la mayor velocidad, sino porque no existían otras tecnologías inalámbricas, como Bluetooth, Wireless USB o ZigBee que utilizan la misma frecuencia. En la actualidad se está inmerso en la especificación 802.11n, que trabaja a 2,4GHz a una velocidad de 108 Mbps, una velocidad que gracias a diferentes técnicas de aceleración, es capaz de alcanzar 802.11g. (Amoroso, 2010)

Una de las curiosidades de la especificación 802.11n es que los productos han llegado al mercado antes de aprobarse el estándar, denominándose Draft-N, lo que hace referencia a que están sujetos al borrador y no al estándar definitivo.

Actualmente se vive una revolución tecnológica, se encuentran innovaciones inimaginables en todos los espacios y ambientes tanto públicos como privados. Este factor influye en las instituciones y las hace necesitar de constantes actualizaciones de equipos tecnológicos. Las invenciones suponen muchas ventajas como el abaratamiento de costos en procesos que se manejan a diario y además se desarrollan nuevas capacidades que permiten la competencia en el mercado laboral. (De la Rosa, 2012)

## **4. Objetivos**

### **4.1. Objetivo General**

Diseñar una red inalámbrica utilizando el estándar 802.11ac para la UTM

### **4.2. Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la red inalámbrica de la UTM.
- Estudiar y realizar el análisis comparativo entre el estándar 802.11 ac y 802.11 n.
- Realizar una evaluación técnica de los equipos y tecnologías a utilizarse en la propuesta de diseño de la red inalámbrica.
- Diseñar una red inalámbrica utilizando el estándar 802.11ac.

## 5. Desarrollo Caso de Estudio

### 5.1. Situación actual de la red inalámbrica de la UTM.

#### 5.1.1. Localización física del caso de estudio

El caso de estudio se desarrolló en la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la región costa del Ecuador, perteneciente a la provincia de Manabí, cantón Portoviejo la misma que se encuentra ubicada en la parroquia “12 de Marzo” sector Av. José María Urbina y calle Che Guevara.



**Figura 1:** Ubicación Universidad Técnica de Manabí  
**Elaborado por:** Autor de la tesis

El campus central de la Universidad Técnica de Manabí está conformado por varias edificaciones en las que funcionan varias entidades o dependencias tales como facultades, institutos, laboratorios, departamentos administrativos y académicos, que brindan diferentes servicios en la institución. La siguiente figura describe de manera enumerada la ubicación de las áreas en mención.



**Figura 2:** Áreas de la Universidad Técnica de Manabí

**Elaborado por:** Autor de la tesis



**Figura 3:** Dirección de Tecnología de Información y Comunicaciones

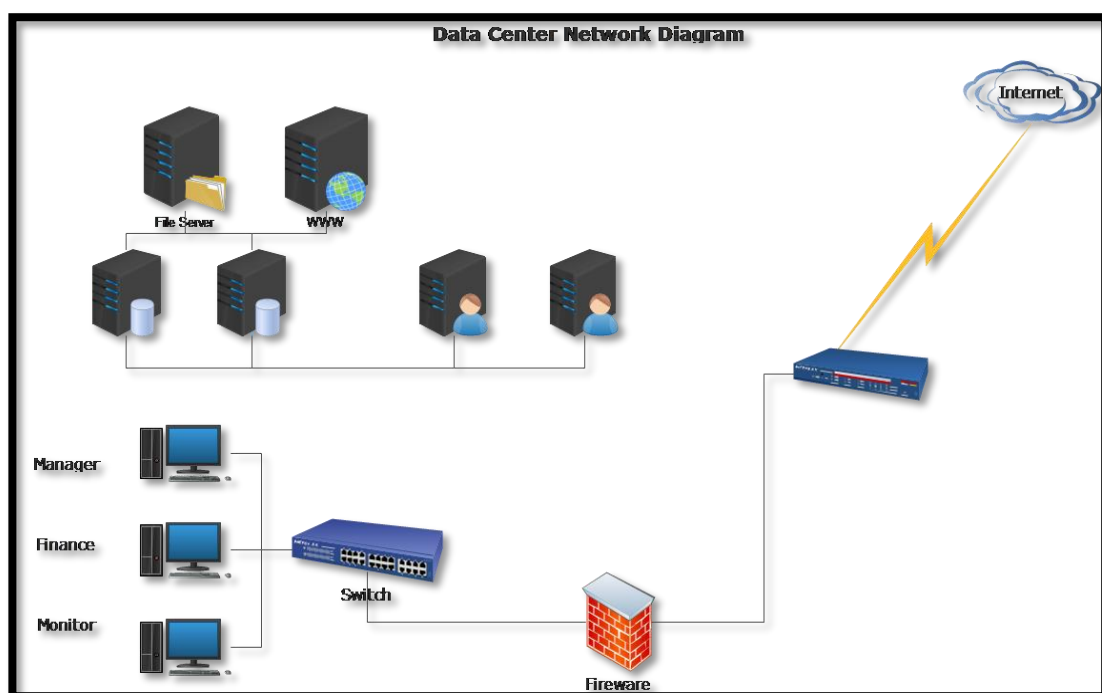
**Elaborado por:** Autor de la tesis

### 5.1.2. Análisis de la infraestructura de red

La Universidad Técnica de Manabí cuenta con un Data Center adecuado para el procesamiento y almacenamiento de la información de forma automatizada, para lo cual dispone de una infraestructura tecnológica adecuada con hardware, software y personal capacitado para desempeñar las actividades requeridas para el correcto funcionamiento de los servicios que ofrece.

### 5.1.3. Esquema físico y lógico de la infraestructura de red

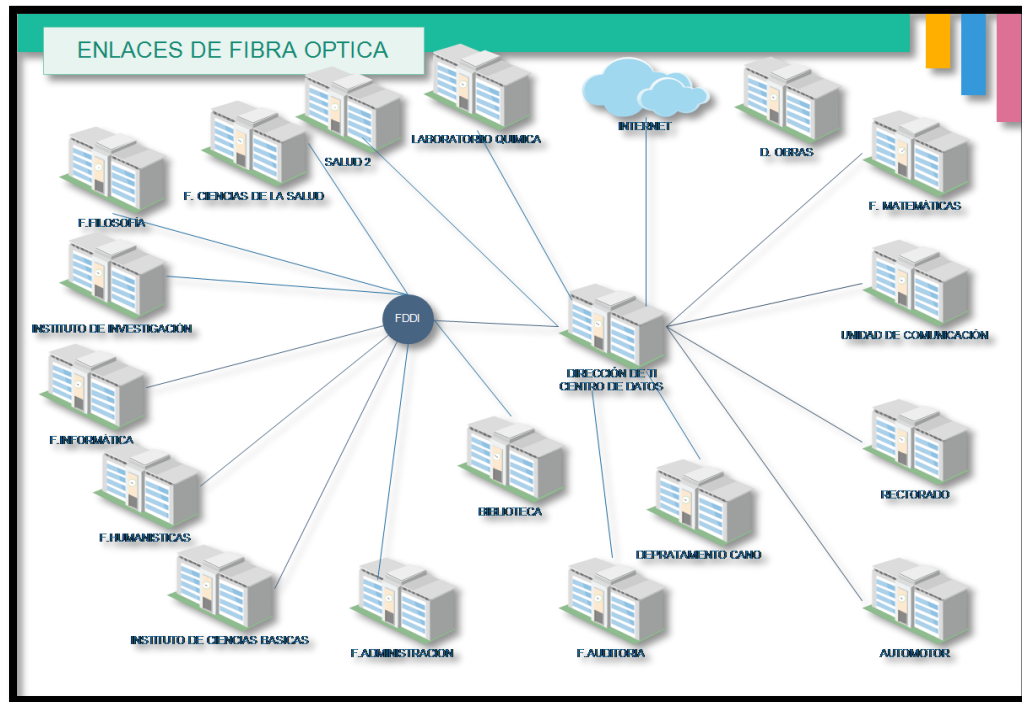
La unidad de tecnologías de la información y comunicación (TIC) de la Universidad Técnica de Manabí, es la encargada de administrar, monitorear, analizar, realizar el mantenimiento de aplicaciones y equipos de comunicación como switch, routers, cortafuegos, además cuenta con una red de datos que utiliza como medio de transmisión la fibra óptica, posee 320Mbps de ancho de banda, el cual es suministrado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.



**Figura 4:** Esquema de la infraestructura de red

**Elaborado por:** Autor de la tesis

El esquema físico de la infraestructura de red de la UTM muestra la distribución y despliegue de la fibra óptica a todas las edificaciones del campus.



**Figura 5:** Distribución y despliegue de la fibra óptica

**Elaborado por:** Autor de la tesis

Todas las dependencias cuentan con puntos de red que permiten el acceso a internet por medio de equipos alámbricos instalados y configurados de manera correcta. Además, existen puntos de acceso inalámbricos ubicados en lugares técnicamente analizados brindando cobertura y conectividad a los servicios en línea que ofrece la universidad, entre ellos los siguientes: sistemas de gestión académica, sistema de matriculación, plataforma virtual, biblioteca virtual, servidor de correo electrónico, ftp, repositorios, internet, etc.

En los puntos de acceso inalámbricos se utilizan equipos marca Ubiquiti, con su línea de productos UniFi 802.11ac





En la tabla # se muestra la descripción de los equipos IDF, su ubicación y áreas a las que provee conexión.

**Tabla 1:** Distribución de los IDF en la Universidad

**Elaborado por:** Autor de la tesis

EDIFICIO	IDF	DISPOSITIVO	ÁREAS A LA QUE PROVEEN CONEXIÓN
FINANCIERO	S Financiero	Switch D-Link Des-3526 Router TL-WR841N	Planta baja, Consejo Universitario
		Switch TP-Link TL-SG 2452 Router Gandstream	Planta baja
SALA DE DOCENTE 1	S Sala D1	Switch TP-Link TL-SG 2452 Router Gandstream	Segunda planta
		Switch TP-Link TL-SG 2452 Router Gandstream	Tercer planta
PARQUE AUTOMOTOR	S Parque Automotor	Switch TP- Link TL-SF1048 Router TP-link modelo TL- WR741ND	Planta baja
		Switch FEP-32008T-1 Router D-Link DIR-655	Segunda planta S Cultura S Escuela Educación Física
DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTU RA FÍSICA	S Departamento de infraestructura física	Switch SuperStack3 4500 3CR17561-91 Router NEXXT ARN02304U1	Planta baja
UNIDAD DE COMUNICACIÓN	S Unidad de Comunicación	Switch SuperStack3 4500 3CR17561-91	S Rectorado S Becas

		Router TP-Link TL-WR841ND	S Imprenta
			Laboratorio de Ingles
			CPAI
		Switch HP JG923A 1920-16G	
SALA DE DOCENTE 3	S Sala D3	Switch HP JG927A 1920-48G	Planta baja
		Switch HP JG927A 1920-48G	Segunda planta
		Switch HP JG927A 1920-48G	Tercer planta
			S Laboratorio Informática de Medicina
		Switch HP V1910 16g Je005A	S Sección de Medicina
			S Bienestar Estudiantil
SALA DE DOCENTE 2	S Sala D2 (Postgrado)	Switch HP V1910 48g Je009A	Planta baja
		Switch HP V1910 48g Je009A	Segunda planta
		Switch HP V1910 48g Je009A	Tercer planta
FACULTAD DE FILOSOFIA	S Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación	No Hay	Segunda plata
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD	S Facultad de Ciencia de la Salud	Switch D-link Des-1016D Switch D-link DES-1008A	S Escuela Artística S Escuela de Idioma S Torre
FACULTAD DE CIENCIAS INFORMATICAS	S Interno FCI	Switch SF300-24 Switch SF200-24	Plata baja Segunda plata Tercer plata
FACULTA DE CIENCIAS	S Fcae	Switch TP-Link TL-SG1016	Planta baja-Laboratorios Fcae

ADMINISTRATIVAS Y ECONOMICAS		DES	Fcae
		Switch D-Link DES-1016D	
		Switch D-Link DGS-1008P	
		Router Air 802.n11 Wireless	
		Switch Cisco SG300-20	S Facultad de Ciencias Humanísticas
AUDIO VISUAL	S Audio visual	Switch D-Link Des 1024D	
		Router D-Link Dir-619L	S Instituto de Ciencias Básicas
		Switch Cisco SG200-26	
BIBLIOTECA CENTRAL	S Biblioteca Central	Cisco 2500 series Wireless Controller	Planta baja
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS	S FCMFQ	No Hay	-----

Los dispositivos de comunicación que brindan el servicio de distribución principal (MDF) están ubicados en el centro de datos de la UTM, bajo la responsabilidad del Ing. José Valencia director de la unidad de tecnologías de la información y comunicación. En la tabla # se muestra la descripción de los equipos, servicios y aplicaciones que conforman el MDF de la Universidad Técnica de Manabí.

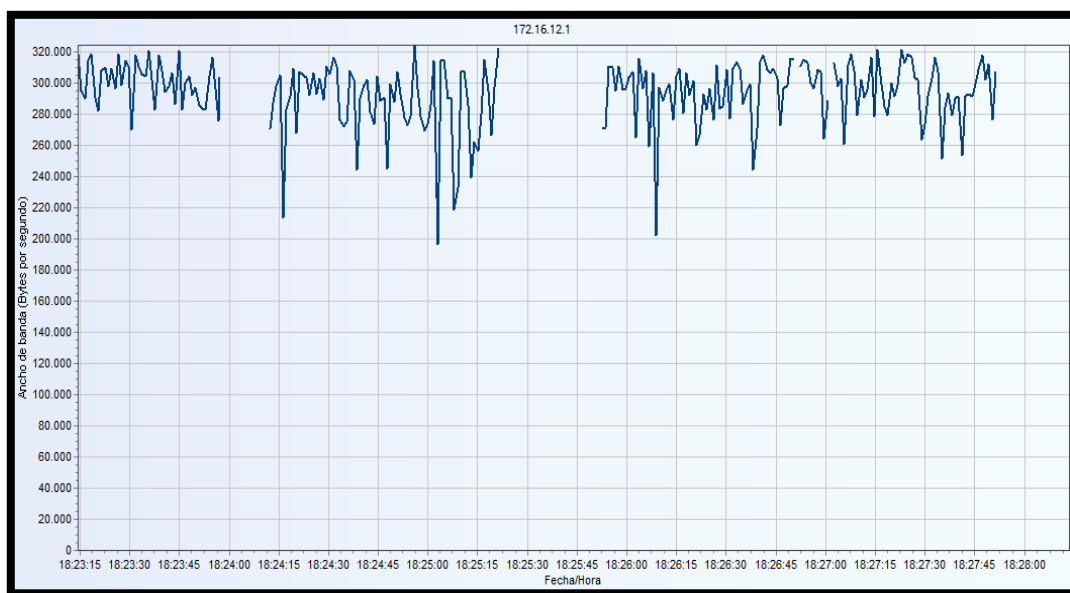
**Tabla 2:** Equipos, servicios y aplicaciones**Elaborado por:** Autor de la tesis

<b>EQUIPOS</b>	<b>APLICACIONES Y SERVICIOS</b>
Switch D-Link DGS-1224 UTP 10/100/1000 y 2 puertas base 1000Mbps tipo SFP	Distribución de internet
Switch Baseline 2250 - SFP plus 3CBLSF50H 48 puertos, 10 base T y 100 base T	Distribución de internet
SERVIDOR BLADE Flex System de IBM	Sistema de Gestión Académica SGA
	Sistema de inscripciones SI-UTM
	Sistema de agendamiento de citas médicas BIENESTAR ESTUDIANTIL
	Sistema de prácticas pre profesionales y pasantías SCPPP
	Sistema de planificación y control académico SPCA
	Órgano de difusión universitario SEGUIMOS AVANZANDO
	Repositorio digital universitario D- SPACE
	Seguimiento de graduados e inserción laboral SSGIL
	Departamento de inclusión, equidad social y general DIEGS
	Unidad educativa experimental universitario UEEU
IBM SERVIDOR SYSTEM X 220 7906AC1 / Y8486 06MXWY7	servicio de correo electrónico universitario ZIMBRA
IBM SERVIDOR SYSTEM X 240 7906AC1 / Y8486 06MXWY4	Servicios de sistemas del departamento financiero
IBM SERVIDOR SYSTEM X 240 7906AC1 / Y8486 06MXWY6	Página web de la universidad
IBM STORAGE Storwize V3700 2072-24C 78ZZ06F	Servidor fci.utm.edu.ec Server-PT

### 5.1.5. Análisis y monitoreo de la red

En el presente trabajo de titulación se realizó el monitoreo a la red de datos de la UTM, para realizar esta actividad se utilizó la herramienta Axence netTools la cual permitió comprobar ancho de banda y el tráfico de paquetes del enlace con el proveedor CNT.

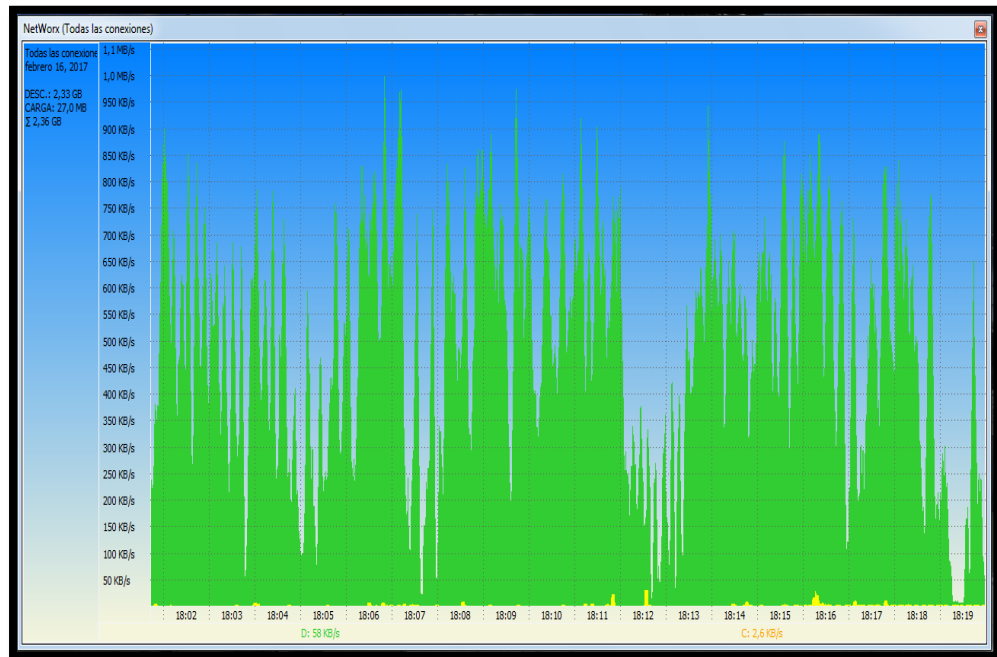
El análisis del ancho de banda determinó que el valor máximo de la tasa de transferencia de datos fue de 2'624.240 bit/s y que el valor mínimo fue 50.728 bit/s, obteniendo un valor promedio de 2'198.806 bit/s. Los paquetes enviados fueron 5.557, los recibidos 3.196 y los perdidos 2.833.



**Figura 9:** Trafico de paquetes en la red

**Elaborado por:** Autor de la tesis

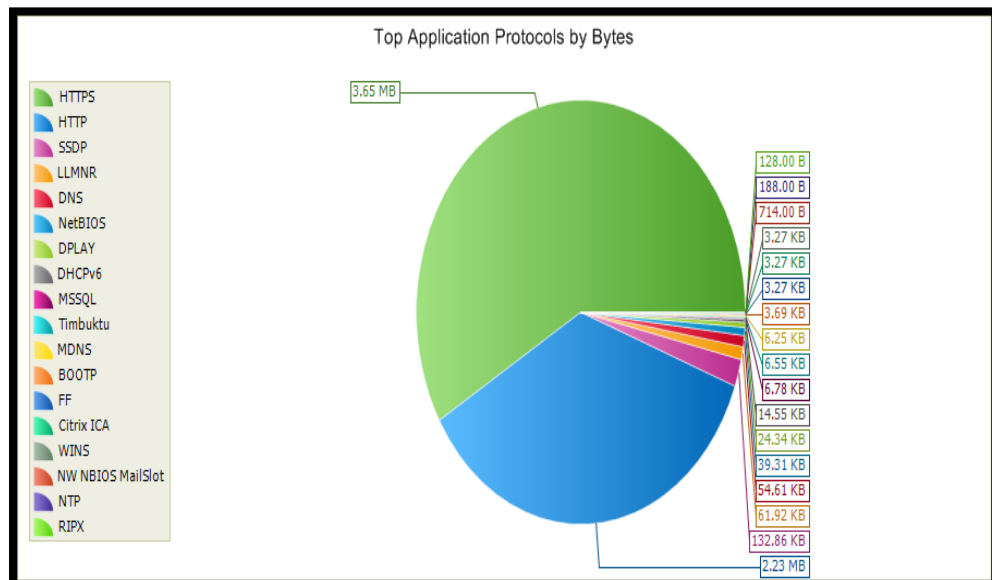
La herramienta NetWorx proporciono datos en tiempo real en la figura # se puede observar que el máximo valor de tráfico de carga fue 27,0 MB, el valor máximo de tráfico de descarga fue 2,33 GB, estableciendo el promedio de 2,36 GB.



**Figura 10:** Información del análisis del tráfico de la red

**Elaborado por:** Autor de la tesis

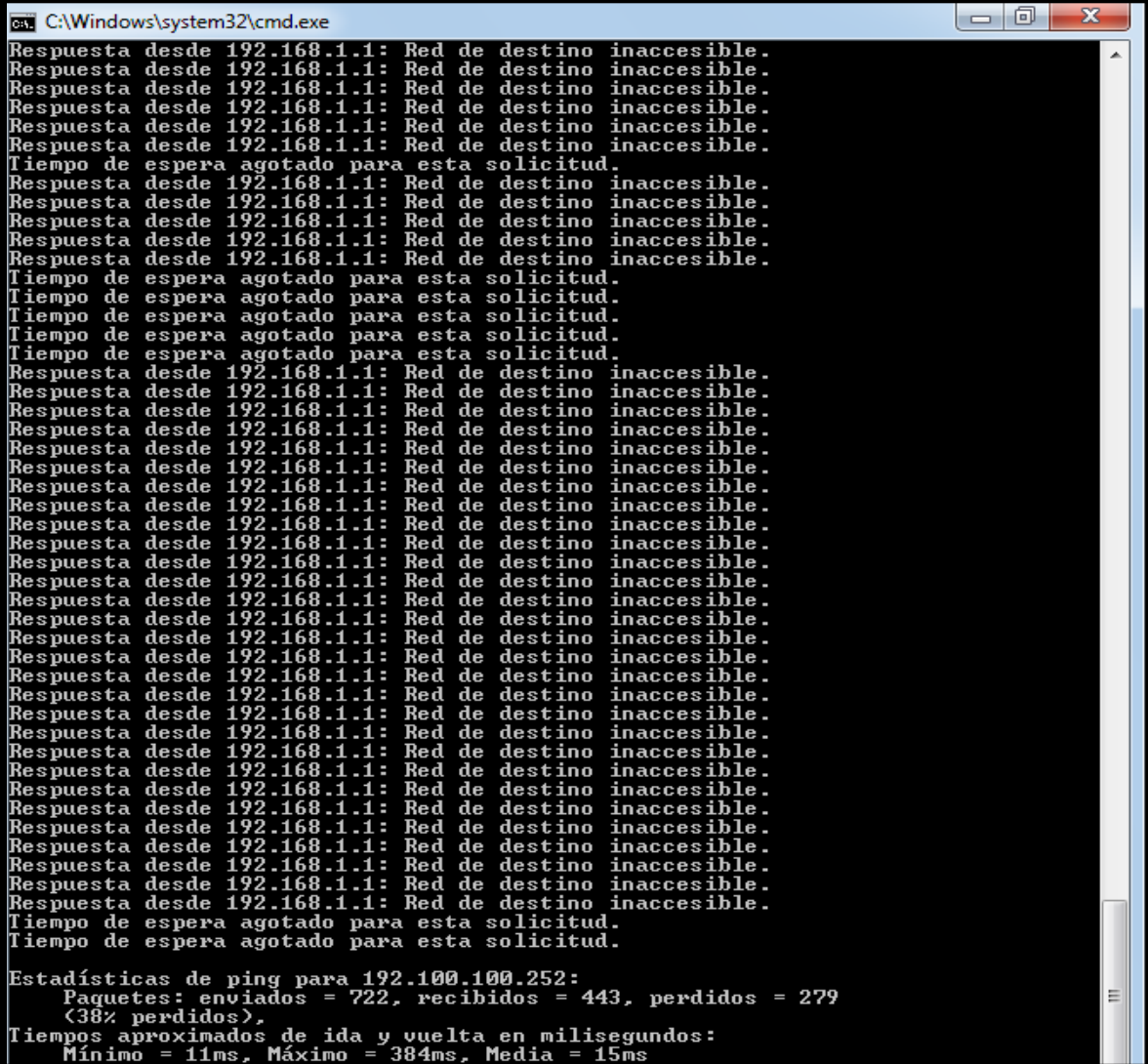
El análisis de los protocolos utilizados por la red de datos de la UTM, determinó que el protocolo más utilizado es HTTPS, seguido de HTTP, SSDP, LLMNR, DNS, NETBIOS y otros protocolos.



**Figura 11:** Analisis de los protocolos utilizados

**Elaborado por:** Autor de la tesis

La ejecución del programa CMD de Microsoft determinó que la conexión de red no es estable, existen pérdidas de paquetes, saturación, tiempo de espera agotado. En la figura # se muestra los resultados de la ejecución el comando ping 192.100.100.252 -l 10000. Los paquetes enviados fueron 722, recibidos 443, perdidos 279 esto equivale al 38% del total de paquetes.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Respuesta desde 192.168.1.1: Red de destino inaccesible.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Estadísticas de ping para 192.100.100.252:
  Paquetes: enviados = 722, recibidos = 443, perdidos = 279
  (38% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 11ms, Máximo = 384ms, Media = 15ms
```

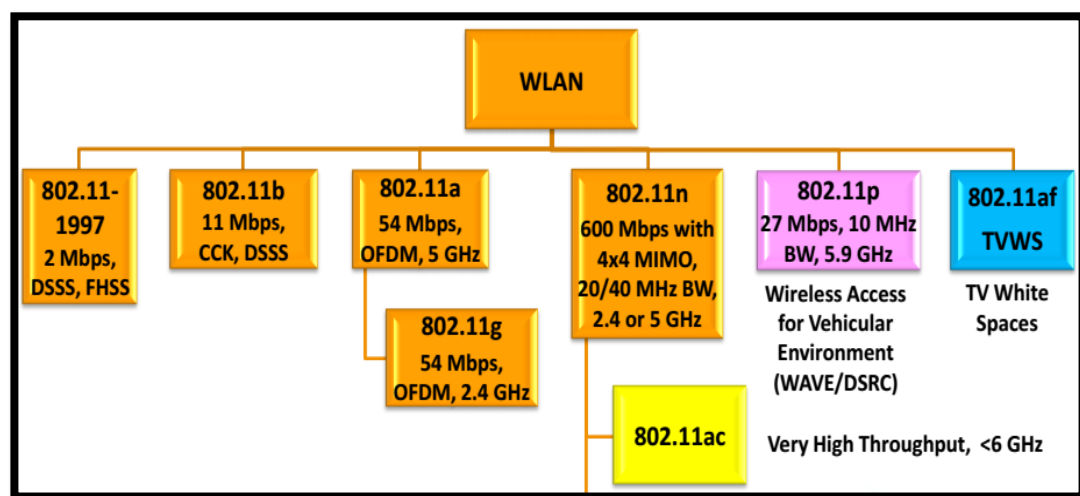
**Figura 12:** Estabilidad en la conexión de la Universidad Técnica de Manabí

**Elaborado por:** Autor de la tesis

## 5.2. Análisis comparativo entre el estándar 802.11ac y 802.11n.

El presente trabajo de investigación tiene planteado como uno de sus objetivos específicos la descripción de la funcionalidad proporcionada por el estándar para redes inalámbricas en los servicios de telecomunicaciones. El proceso evolutivo que inicia a partir del estándar IEEE 802.11, pasando por IEEE 802.11b / g / n, llevado a definir el estándar IEEE 802.11ac.

### Evolución del estándar IEEE 802.11

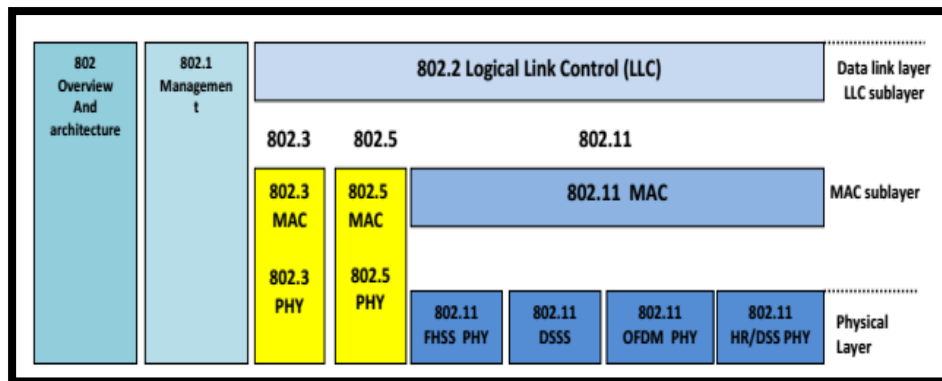


**Figura 13:** Evolución del estándar IEEE 802.11

**Elaborado por:** Autor de la tesis

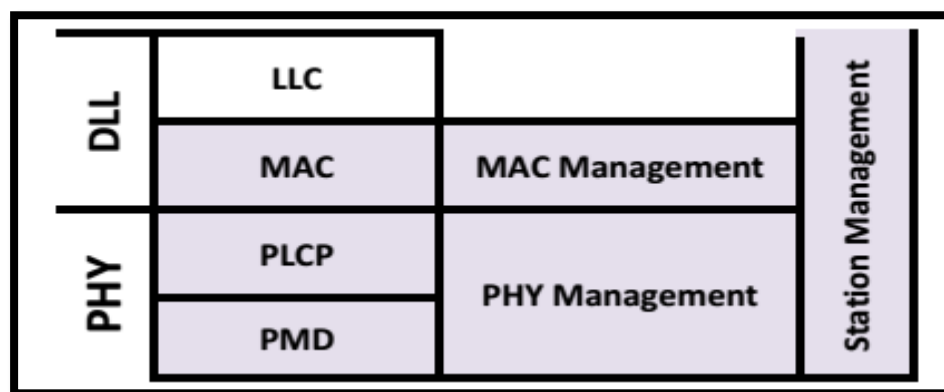
IEEE 802.11 define un conjunto de normas para las redes de área local inalámbrica (WLAN) redes, que utilizan la tecnología inalámbrica en lugar de una conexión por cable. Este estándar, fue desarrollado por el grupo 11 del comité IEEE 802 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), encargado por la ISO (Organización Internacional de Normalización) para desarrollar estándares para las redes de área local (LAN) y metropolitana (MAN), los cuales se determinan por la capa de control de acceso al medio (MAC) y la capa física (PHY) para WLAN.

En concreto, los 802.11 estándar define sólo los dos niveles más bajos del modelo ISO /OSI dividiéndolos en subniveles (subcapas), como se muestra en las siguientes figuras



**Figura 14:** Niveles del modelo OSI

**Elaborado por:** Autor de la tesis



**Figura 15:** Capa física de IEEE 802.11

**Elaborado por:** Autor de la tesis

Como se muestra en la Figura 14, la capa física 802.11 se divide en dos subcapas: PLCP (Procedimiento Convergencia de capa física) y la PMD (Medio Físico dependiente); mientras que el MAC (Medium Access Control) es parte de la segunda DLL de nivel (Data Link Layer).

**“PLCP (procedimiento de convergencia de capa física).-** Realiza la función de adaptación de datos para la comunicación entre la capa física y la capa MAC. Es decir, traduce el marco de la MAC, denominada MAC Unidad de Datos de Protocolo (MPDU), en el formato adecuado para la transmisión.” (Naso, 2016)

**“PMD (dependiente del medio físico).-** Se ocupa de la transmisión y recepción de señales entre dos estaciones de Radio Frecuencia (RF). En particular, el PMD realiza la modulación y demodulación de la señal de acuerdo con las especificaciones proporcionadas por el estándar. Además, la capa MAC debe proporcionar una indicación de la actividad de transmisión en el medio, utilizando el mecanismo de detección de portadora (detección de portadora).” (Naso, 2016)

**“MAC (control de acceso medio).-** La capa MAC es responsable de la gestión y control de los procedimientos de acceso a los canales, direccionamiento a la capa de enlace, comprobación de errores, fragmentación y reensamblaje de la trama. Cuando las estaciones estándar 802.11 comparten el mismo medio de transmisión existe la posibilidad de que se produzcan colisiones en caso de que dos o más estaciones transmiten al mismo tiempo.” (Naso, 2016)

**“DCF (Función de Coordinación Distribuida).-** Acceso múltiple por detección de portadora y prevención de colisiones, (CSMA / CA) con confirmación (ACK). En este protocolo, cada estación que tiene datos para transmitir debe comprobar si otra estación está transmitiendo en ese momento (Carrier Sense), y si encuentra un "canal" ocupado espera. Cuando el medio está libre de la estación que se va a transmitir se espera que el medio permanece así durante un período fijo de tiempo (DIFS: Distribuido de inter-espacio), al final de la cual no transmite inmediatamente, sino que espera durante un intervalo de tiempo aleatorio (calculado mediante el algoritmo backoff) antes de enviar los datos en el canal.” (Naso, 2016)

**“PCF (función de coordinación de puntos).-** Este servicio, a diferencia de la primera, tiene una función de coordinación centralizada. El PCF prevé la presencia de un nodo llamado Coordinador Point (PC), que normalmente coincide con el punto de acceso, que tiene la tarea de asignar, de vez en cuando, el derecho a emitir. El PC, que actúa como un clásico del sistema de sondeo realiza el sondeo periódico de todas las estaciones y sólo la estación que envía el paquete de sondeo tiene el derecho de transmitir los datos. Debido a que puede transmitir solamente la estación de parada no pueden producirse las colisiones de paquetes POLL.” (Naso, 2016)

**“IEEE 802.11.-** Las normas más aceptadas de la familia de IEEE 802.11 son actualmente las b, a, y g. Todas ellas han alcanzado los mercados masivos con productos de costo accesibles. Otras enmiendas son [c-f], [h-j], n y s que son correcciones, actualizaciones o extensiones de las anteriores. Describiremos un poco las b, a, g, s y n en esta sección.” (Itrainonlines.org, 2016)

**“IEEE 802.11b.-** IEEE 802.11b incluye mejoras del estándar original 802.11 para el soporte de tasas de transmisión más elevadas (5,5 y 11 Mbit/s). IEEE 802.11b usa el mismo método de acceso y la misma técnica DSSS definidas en el estándar IEEE 802.11 original. Un dispositivo basado en IEEE 802.11b puede transmitir hasta 11 Mbit/s, y reducirá automáticamente su tasa de transmisión cuando el receptor empiece a detectar errores, sea debido a la interferencia o a la atenuación del canal, cayendo a 5,5 Mbit/s, después a 2, hasta llegar a 1 Mbit/s, cuando el canal sea muy ruidoso. Las tasas de transmisiones de datos más bajas son menos sensibles a la interferencia y a la atenuación puesto que están utilizando un método más redundante para codificar los datos (las exigencias de

relación de señal y ruido son menos exigentes a tasas de transferencias de datos más bajas). (Itrainonlines.org, 2016)

**“IEEE 802.11<sup>a</sup>.**- De la misma manera que IEEE 802.11b, esta enmienda utiliza el mismo protocolo de base que el estándar original. El IEEE 802.11a funciona en la banda de los 5 GHz y utiliza OFDM, una técnica de modulación que permite una tasa de transmisión máxima de 54 Mbit/s. Usando la selección adaptativa de velocidad, la tasa de datos cae a 48, 36, 24, 18, 12, 9 y 6 Mbit/s a medida que se experimentan dificultades en la recepción. 802.11a tiene 12 canales sin solapamiento, de los cuales 8 están dedicados para el uso en interiores y los 4 restantes son para enlaces exteriores. 802.11a no es interoperable con 802.11b, porque usan bandas de frecuencia distintas, pero existen equipos que trabajan con ambos estándares (2 radios). La frecuencia de 5 GHz introduce mayor atenuación en la transmisión en exteriores y es también absorbida en mayor grado por paredes y otros objetos, por lo que en general tiene menor alcance que la de 2,4 GHz; sin embargo, esto se puede compensar a veces utilizando antenas exteriores de mayor ganancia. Hoy en día, 802.11a no ha alcanzado la difusión que tiene el 802.11b, por haber llegado más tarde al mercado. La banda de 5 GHz no está disponible en todos los países aunque está aumentando el número de administraciones que la permiten.” (Itrainonlines.org, 2016)

**“IEEE 802.11g.**- En junio de 2003, se ratificó una tercera enmienda al estándar 802.11 con la denominación de IEEE 802.11g y funciona en la misma banda del 802.11b. Usa la misma técnica de modulación que el 802.11a (OFDM) por lo tanto funciona con una tasa máxima de transferencia de datos de 54 Mbit/s. Para asegurar la interoperabilidad con el 802.11b, en las tasas de datos de los 5,5 y los

11 Mbps se revierte a CCK+DSSS (como 802.11b) y usa DBPSK/DQPSK + DSSS para tasas de transferencias de 1 y 2 Mbps. La interoperabilidad 802.11g con 802.11b es una de las razones principales de su masiva aceptación. Sin embargo, sufre el mismo problema en 802.11b con respecto a interferencia (demasiados puntos de acceso urbanos) puesto que funcionan en la misma banda de frecuencia.” (Itrainonlines.org, 2016)

**“IEEE 802.11s.-** IEEE 802.11s es el estándar en desarrollo para redes Wi-Fi malladas, también conocidas como redes Mesh. La malla es una topología de red en la que cada nodo está conectado a uno o más nodos. De esta manera es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos. Según la normativa 802.11 actual, una infraestructura Wi-Fi compleja se interconecta usando LANs fijas de tipo Ethernet. 802.11s pretende responder a la fuerte demanda de infraestructuras WLAN móviles con un protocolo para la autoconfiguración de rutas entre puntos de acceso mediante topologías multisalto. Dicha topología constituirá un WDS (Wireless Distribution System) que deberá soportar tráfico unicast, multicast y broadcast. Para ello se realizarán modificaciones en las capas PHY y MAC de 802.11 y se sustituirá la especificación BSS (Basic Service Set) actual por una más compleja conocida como ESS (Extended Service Set). En noviembre de 2006 aparecieron los primeros borradores que serían votados en enero de 2007. Aún así, se prevé que la publicación del estándar se demore, como mínimo, hasta octubre de 2008, aunque los detalles técnicos podrán estar acabados a mediados de ese año.” (Itrainonlines.org, 2016)

**“IEEE 802.11n.-** La última enmienda del 802.11 es IEEE 802.11n2 que apunta a alcanzar una tasa teórica de 540 Mbit/s que sería 40 veces más rápida que la de

802.11b y 10 veces más que la de 802.11a o la 802.11g. La norma 802.11n aprovecha muchas de las enmiendas previas pero la gran diferencia es la introducción del concepto de MIMO (Multiple Input, Multiple Output), múltiples-entradas múltiples-salidas. MIMO implica utilizar varios transmisores y múltiples receptores para aumentar la tasa de transferencia y el alcance. Muchos expertos afirman que MIMO es el futuro de las redes inalámbricas.” (Itrainonlines.org, 2016)

“**IEEE 802.11e.**- Con el estándar 802.11e, la tecnología IEEE 802.11 soporta tráfico en tiempo real en todo tipo de entornos y situaciones.. Su objetivo es introducir nuevos mecanismos a nivel de la capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de QoS (Quality of Service), por lo que es de importancia crítica para aplicaciones sensibles a retrasos temporales como la VoIP y el streaming multimedia. Gracias a este estándar será posible, por ejemplo, utilizar aplicaciones de VoIP o sistemas de videovigilancia de alta calidad con infraestructura inalámbrica. Para cumplir con su objetivo, IEEE 802.11e emplea una nueva técnica llamada HCF (Hybrid Coordination Function), que define dos formas de acceder al canal, EDCA y HCCA, cada una de las cuales puede llevar asociadas varias clases de tráfico.” (Itrainonlines.org, 2016)

“**IEEE 802.11i.**- Este estándar está dirigido a batir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación, especialmente en WEP. El estándar abarca los protocolos 802.1x, TKIP (Protocolo de Claves Integra – Seguras – Temporales), y AES (Estándar de Cifrado Avanzado). Se implementa un subconjunto de este estándar en WPA y totalmente en WPA2. El estándar 802.11i fue ratificado en Junio de 2004.” (Itrainonlines.org, 2016)

**“IEEE 802.11ac.-** El estándar IEEE 802.11ac fue desarrollado por el Grupo de Tareas (TGac), el proyecto 2.0 lanzado en enero de 2012 y finalizó en diciembre de 2013, planteando como objetivo mínimo de "muy alto rendimiento" de 1 Gbps. El grupo de tareas Wi-Fi Alliance que define los requisitos del mercado para 802.11ac. La mayoría de los productos son chipsets de doble banda 802.11n / 802.11ac. Los chipsets 1x1 802.11ac fueron dominantes hasta 2015 cuando fue superado por chipsets 2x2 y 3x3 y 4x4.” (Itrainonlines.org, 2016)

### “Cambios y mejoras para 802.11ac

- Canales más amplios
- Modulación de orden superior
- Más flujos espaciales y antenas (hasta 8)
- Multi-usuario MIMO” (Itrainonlines.org, 2016)

**Tabla 3:** Funciones del 802.11ac

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

FUNCIÓN	OBLIGATORIO	OPCIONAL
Canal de Banda ancha	20 MHz, 40 MHz, 80 MHz	160 MHz, 80+80 MHz
Tamaño FFT	64, 128, 256	512
Subportadoras de datos / pilotos	52 / 4, 108 / 6, 234 / 8	468 / 16
Tipo de modulación	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	256QAM
MCS soportado	0 to 7	8 and 9
Flujos espaciales y MIMO	1	2 to 8, Tx beamforming, STBC Multi-user MIMO (MU-MIMO)
Modo de funcionamiento / formato PPDU	Very high throughput / VHT	

### **Canal 802.11ac**

- Funciona sólo en la banda de 5-6 GHz, no en la banda de 2,4 GHz
- Soporte obligatorio para canales de 20, 40 y 80 MHz
- 40 MHz igual que 802.11n. 80 MHz tiene más de 2x subportadoras de datos: 80 MHz tiene 234 Subportadoras de datos + 8 pilotos frente a 108 subportadoras de datos + 6 pilotos para 40 MHz.
- Soporte opcional para transmisiones contiguas de 160 MHz y no contiguas de 80 + 80 MHz transmisión y recepción. La asignación de tonos de 160 MHz es la misma que dos canales de 80 MHz.

#### **5.2.1. Técnica MIMO (Múltiple Input Múltiple Output)**

MIMO es el uso de múltiples antenas tanto en el transmisor y el receptor; esta técnica permite transmitir el flujo de datos mediante su división en fragmentos más pequeños, también conocidos como "secuencias espaciales", cada uno de los cuales lleva datos de forma independiente de los otros "flujos espaciales" que se envían simultáneamente en diferentes antenas que utilizan para su ventaja el fenómeno de desvanecimiento por trayectos múltiples sin necesidad de más ancho de banda o consumir más energía.

En las comunicaciones inalámbricas, hasta el momento, desvanecimiento por trayectos múltiples ha sido siempre un enemigo que limita la aplicación de esta tecnología. De hecho, para un enlace de radio clásica (del entorno del hogar, oficinas, instalaciones públicas, etc.) No es realista asumir la línea de propagación de supuestos visión (LOS), a saber, que la propagación se lleva a cabo desde el emisor hasta el receptor sin obstáculos en la ruta de señal; de hecho, al contrario es a menudo las antenas que participan en una comunicación no se pueden ver

directamente debido a obstáculos entre los dispositivos. La señal, chocando de estos obstáculos, se somete a reflexiones que siguen diferentes caminos (desvanecimiento multitrayecto) distintos de a y que sale de fase en el receptor con diferentes retardos, atenuar y la distorsión de la señal global.

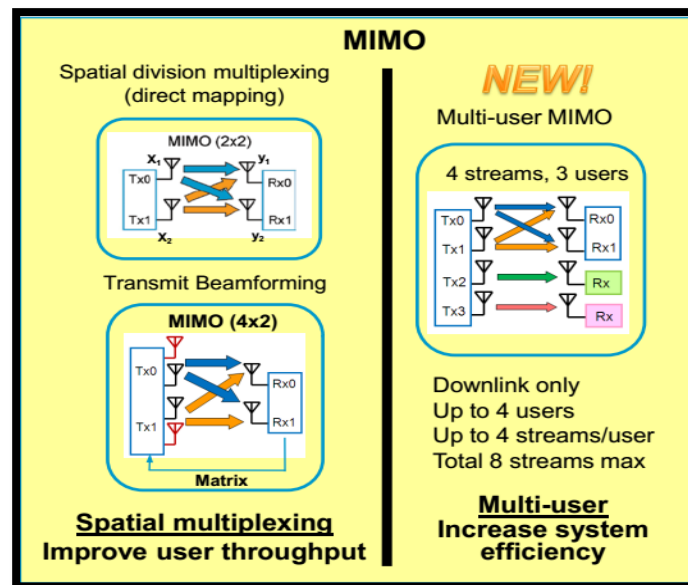
### **5.2.2. MU-MIMO (Multiple-User Multiple-Input Multiple-Output)**

MU-MIMO es una adición de la funcionalidad del proyecto 802.11ac que mejora la velocidad de transmisión de múltiples estaciones del punto de acceso, lo que permite un punto de acceso para servir a los flujos de datos independientes a varios clientes a la vez: hasta un máximo de 4 estaciones cliente (STA ) diferentes, cada uno con dos antenas de recepción atendida por un AP con 8 antenas; sin MU-MIMO, el AP debe multiplexar los 4 STA y bien necesitar uno a la vez, lo que reduce el rendimiento en un factor de 4.

Esta técnica es fundamental para que las redes 802.11ac para lograr velocidades de datos del orden de Gigabit. La operación MU-MIMO es similar a la de la técnica 802.11n MIMO, que transmite hasta un máximo de 4 corrientes a un dispositivo a la vez, excepto por el hecho de que las transmisiones se llevan a cabo en las antenas receptoras de diferentes dispositivos: se define de un máximo de 8 flujos espaciales divididas en hasta 4 clientes diferentes y permite un terminal para transmitir o recibir señales hacia y desde múltiples usuarios en la misma banda de frecuencias simultáneamente.

Por lo tanto, se deduce que, por ejemplo, en una transmisión MIMO de un solo usuario transmita 3 secuencias espaciales un usuario debe tener 3 antenas en recepción, mientras que en MU-MIMO 3 secuencias espaciales puede ser

comunicado simultáneamente a 3 usuarios diferentes con una única antena que reduce drásticamente la complejidad de las redes domésticas.



**Figura 16:** Transmisión MIMO

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

La técnica MU-MIMO requiere la optimización de la tecnología beamforming, ya implementado en IEEE 802.11n, que es la capacidad para enfocar la energía de la señal en una dirección dada que hace 802.11ac más robusto a la interferencia y, por lo tanto, más fiable que sus predecesores.

Con las mejoras introducidas en la beamforming, aplicable a todos los dispositivos con múltiples antenas, las corrientes en las que se divide la señal, que llegan al receptor siguiendo diferentes rutas, que son administrados y mantenidos por los transmisores en fase, para permitir un acoplamiento constructiva, para generar una señal más fuerte al receptor: las antenas de transmisión múltiples se centran de manera óptima y se combinan las energías de las corrientes de señal que debe transmitirse a las antenas del dispositivo de destino en lugar de desperdiciar energía en todas direcciones.

Sin la tecnología de beamforming, debido al desvanecimiento por trayectos múltiples, llegarían en el receptor fuera de fase cancelar entre sí.

802.11ac define su propia beamforming: el método AP transmite una señal (paquete especial), dicho "sonando", que contiene la dirección de la AP y el beneficiario final, el lado de recepción para hacer una estimación de canal, teniendo en cuenta de todas las imperfecciones presentes entre el transmisor y el receptor. Una vez que sus receptores de evaluación de canales múltiples antenas harán que sea conocido por el lado de transmisión (retroalimentación).

Más claramente, cada destinatario "medida" la conexión desde el AP a sí mismo, permitiendo, de este modo, al transmisor para dirigir con precisión el haz al receptor para el que se pretende evitar rutas ineficientes, aumentando, por lo tanto, la fiabilidad de la conexión entre AP y STA (cliente), y la capacidad de maximizar (portadora) y la cobertura de la conexión, supresión de las anomalías a nivel de receptor individual causada por la transmisión no destinado a un cliente en particular. Por lo tanto, cada cliente recibe sus datos sin la interferencia de transmisiones enviadas simultáneamente a otros clientes.

### **5.3.Evaluación técnica de los equipos y tecnologías a utilizarse en la propuesta de diseño de la red inalámbrica.**

Los dispositivos de comunicación a utilizar en el diseño de la red inalámbrica punto a multipunto (PMTP) son, estaciones receptoras o equipo local del cliente (CPE), antenas y una estación base (BS) para la transmisión de datos. La selección de los dispositivos se realizará de acuerdo a los requerimientos de diseño entre los cuales tenemos la distancia desde el nodo central hasta los nodos clientes, velocidad, potencia máxima del transmisor. Además, se trabajará en la frecuencia 5,8GHz

teniendo como ganancia máxima 23dBi y 30dBm de potencia de trasmisión dando cumplimiento con la reglamentación establecida por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL).

En la figura #17 se muestran los requerimientos de operación de banda ancha en el Ecuador, los siguientes parámetros están dispuestos por el marco regulatorio de las telecomunicaciones en nuestro país.

Parámetros	Valor máximo	Unidades
Distancia entre Tx y Rx de los enlaces.	0, 19 hasta 1,12	Km
Potencia de Tx establecida por ARCOTEL	30	dBm
Ganancia de antena Tx establecida por ARCOTEL	23	dBi
Ganancia de antena Rx establecida por ARCOTEL	23	dBi
Frecuencia	5,8	GHz

**Figura 17:** Operación de banda ancha  
**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.3.1. Requerimientos de los equipos

#### 5.3.1.1. Antenas

En esta tesis se propuso utilizar antenas que soporten conexión punto a multipunto, con una ganancia máxima de 23 dBi, polaridad y alcance máximo de 1,2 Km. En la figura #18 se describe los tipos y características más importantes de una antena que deben ser consideradas al momento de implementar el diseño.

Características / Tipos	Direccional	Omnidireccional	Sectorial
Comunicación	Punto a punto	Punto multipunto	Punto multipunto
Escalable	No	Si	Si
Ganancia	Hasta 25dBi	Hasta 14dBi	Hasta 20dBi
Alcance	Largo	Corto	Medio

**Figura 18:** Características y Tipos de antena  
**Elaborado por:** Autor de la Tesis

Para el diseño de la red inalámbrica se propuso utilizar una antena omnidireccional que se ajusta a los requerimientos de nuestra propuesta, el equipo brindará una cobertura de 360° que permitirá la conectividad entre las 18 edificaciones del campus principal de la UTM, su alcance máximo es de 1,2 Km teniendo como referencia el punto con mayor distancia que es el edificio de oficinas para docentes con 695 metros, lo que indica que está dentro de los parámetros establecidos.

Otros requerimientos que se tomaron en cuenta en la selección de la antena fueron el soporte de banda 5GHz, modo de configuración, costo, soporte del estándar IEEE 802.11ac, y la implementación de un software de monitoreo y administración del equipo. A continuación, en la figura #19 se muestran características principales de las antenas marca Cisco.

<b>Cisco Aironet</b>	
<b>Sistema Operativo</b>	Cisco IOS
<b>Bandas</b>	2,4 GHz – 5 GHz
<b>Alimentación POE</b>	SI
<b>Interfaz de Red</b>	Ethernet
<b>Configuración</b>	Interfaz WEB Línea de comandos
<b>Estándares Inalámbricos</b>	802.11 a/b/g/n/ac

**Figura 19:** Característica a Cisco Aironet

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

En la figura #20 se muestran características principales de las antenas marca Mikro Tik.

<b>Mikrotik SXT</b>	
Sistema Operativo	RouterOS
Bandas	2,4 GHz – 5 GHz
Alimentación POE	SI
Interfaz de Red	Ethernet
Configuración	Winbox Interfaz WEB o por Línea de
Estándares Inalámbricos	802.11 a/b/g/n/ac

**Figura 20:** Características antenas marca Mikro Tik.

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

En la figura #21 se muestran características principales de las antenas marca Ubiquiti.

<b>Ubiquiti Airmax</b>	
Sistema Operativo	Software preinstalado en la antena AirOS
Bandas	2,4 GHz – 5 GHz
Alimentación POE	SI
Interfaz de Red	Ethernet
Configuración	Mediante LAN Controller sobre interfaz WEB
Estándares Inalámbricos	802.11 a/b/g/n/ac

**Figura 21:** Características antenas Ubiquiti Airmax

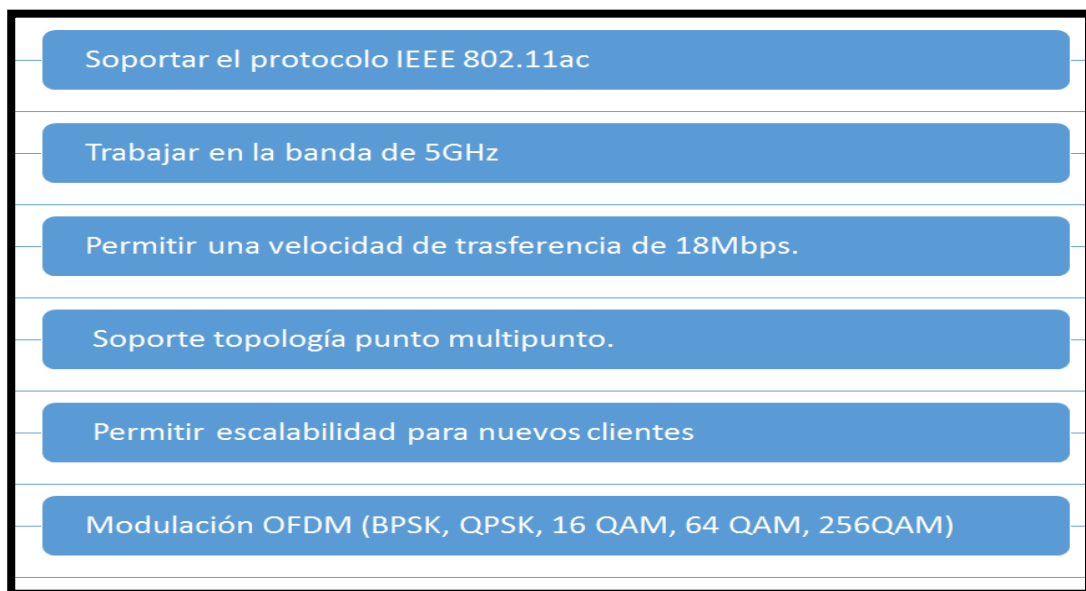
**Elaborado por:** Autor de la Tesis

Una vez realizado el análisis comparativo de las principales características y funciones de las tres marcas de antenas se logró determinar que el dispositivo que se ajusta a las necesidades técnicas y económicas de nuestra propuesta es la antena Ubiquiti Airmax. En el análisis costo/beneficio se determinó que la antena es de bajo costo en relación con las otras marcas, además este equipo incluye un sistema operativo

instalado lo cual permite configurar y administrar el dispositivo a través de una interfaz web, obteniendo como beneficio utilizar el software sin tener que pagar un valor adicional.

### 5.3.1.2. Estación Transmisora

Para la selección del equipo transmisor o estación base se establecieron algunos requerimientos tales como: frecuencia o banda en la que trabaja, protocolos soportados, potencia, modulación, velocidad de transmisión y el más importante soporte para conexiones punto a multipunto. En la figura # 22 se muestran los requerimientos necesarios para el diseño de la red inalámbrica.



**Figura 22:** Requerimientos del equipo transmisor

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

La selección del equipo transmisor se la realizó mediante un análisis comparativo de tres modelos de dispositivos marca Ubiquiti. En la figura #23,24 y 25 se describen características principales de los modelos Rocket5ac Lite, Rocket5ac PtP, Rocket5ac PtMP.

Rocket5ac Lite	
Topología	Punto a punto
Soporta 802.11ac	Si
Frecuencia	5GHz
Potencia	27dBm
Escalable	Si
Modulación OFDM (BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM, 256QAM)	Si
Conexión a una antena omnidireccional	Si

**Figura 23:** Características Rocket5ac Lite

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

En la figura #24 se describen características principales del modelo Rocket5ac PtP.

Rocket5ac PtP	
Topología	Punto a punto
Soporta 802.11ac	Si
Frecuencia	5GHz
Potencia	27dBm
Escalable	Si
Modulación OFDM (BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM, 256QAM)	Si
Conexión a una antena omnidireccional	Si

**Figura 24:** Características Rocket5ac PtP

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

En la figura #25 se describen características principales del modelo Rocket5ac PtMP.

Rocket5ac PtMP	
Topología	Punto a Multipunto
Soporta 802.11ac	Si
Frecuencia	5GHz
Potencia	27dBm
Escalable	Si
Modulación OFDM (BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM, 256QAM)	Si
Conexión a una antena omnidireccional	Si

**Figura 25:** Características Rocket5ac PtMP

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

“El análisis comparativo entre los equipos transmisores determinó que la estación base marca Ubiquiti modelo Rocket5ac PtMP cumple con los parámetros establecidos en el diseño de la red. Este dispositivo cuenta con la tecnología airMAX®ac para obtener el máximo rendimiento en enlaces inalámbricos, también cuentan con la tecnología airPrism™ para mejorar aún más el rendimiento de 5 GHz en áreas de alta densidad.” (Rocket, 2016)

### 5.3.1.3. Estación receptora

Para la selección del equipo receptor o estación cliente se establecieron algunos requerimientos tales como: frecuencia, protocolos soportados, potencia, modulación y ganancia. En la figura #26 se muestran los requerimientos necesarios para el diseño de la red inalámbrica.



**Figura 26:** Requerimientos de la estación cliente

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

La selección del equipo receptor se la realizó mediante un análisis comparativo de tres modelos de dispositivos marca Ubiquiti. En la figura #27, y 28 se describen características principales de los modelos AirMax NanoBeam 5AC-16, AirMax NanoBeam 5AC-19, PowerBeam 5AC-500.

Modelo	NBE-5AC-19
CPU	Atheros MIPS 74KC 720 MHz
Memoria RAM	128 MB DDR2
Memoria de Almacenamiento	8 MB
Ethernet	Un Puerto Gigabit Ethernet 10/100/1000 Mbit/s
Frecuencia de Operación	5150 - 5875 MHz
Ganancia de la Antena	19 dBi
Potencia de Tx	26 dBm
Sensibilidad de Rx	-96 dBm
LEDs	Led de encendido, Led para LAN, 4 Leds WLAN
Energía	24V, 0.5A GigE PoE
Máximo Consumo de Potencia	8.0 W
Temperatura de operación	-40 °C a 70 °C
Sistema Operativo	airOS 7

**Figura 27:** Características Modelo Airmax NanoBeam 5AC-19

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

Las características principales de los equipos AirMax NanoBeam 5AC-16 y modelo 5AC-19 son muy similares su diferencia radica en el parámetro de distancia, el NBE-5AC-16 con alcance de 10+Km, mientras que el NBE-5AC-19 tiene un alcance de 15+Km.

AirMax PowerBeam 5AC-500	
Soporta 802.11ac	Si
Frecuencia	5GHz
Potencia	26dBm
Escalable	Si
Modulación OFDM (BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM, 256QAM)	Si
Ganancia	27dBi

**Figura 28:** Características Modelo Airmax PowerBeam 5AC-500

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

“El análisis comparativo entre los equipos receptores determinó que la estación cliente marca Ubiquiti modelo AirMax NanoBeam 5AC-19 cumple con los requerimientos establecidos en el diseño de la red. Este dispositivo tiene incorporando un diseño industrial innovador con la tecnología propietaria AirMax® ac, el NanoBeam® ac es ideal para implementaciones CPE que requieren el máximo rendimiento desde la huella más pequeña posible.”  
(NanoBeam, 2016)

### 5.3.2. Equipos seleccionados para la propuesta

**“Estación base Ubiquiti Rocket AC - Modelo: R5AC-PTMP.-** Disponible en tres modelos, el Rocket® ac cuenta con la tecnología airMAX®ac para obtener el máximo rendimiento en enlaces inalámbricos. Los modelos PtP (punto a punto) y PtMP (punto a multipunto) también cuentan con la tecnología airPrism™ para mejorar aún más el rendimiento de 5 GHz en áreas de alta densidad.” (Rocket, 2016)

**“Desempeño de rendimiento.-** Los productos airMAX® ac ofrecen latencia mejorada, inmunidad al ruido, escalabilidad y un rendimiento de rendimiento significativamente mayor.” (Rocket, 2016)

**“Procesamiento superior.-** El motor airMAX® de Ubiquiti con IC personalizado mejora drásticamente la latencia TDMA y la escalabilidad de la red. El silicio personalizado proporciona capacidades de aceleración de hardware al programador airMAX, para soportar las altas velocidades de datos y la modulación densa usada en la tecnología airMAX ac.” (Rocket, 2016)

**“Integración Plug and Play.-** Las innovadoras antenas airMAX® ac presentan avances significativos en el rendimiento de aislamiento de haz y energía para una mayor capacidad de las redes airMAX.” (Rocket, 2016)

**“Tecnología Avanzada de Software.-** La tecnología airMax® de Ubiquiti está probada en millones de implementaciones en todo el mundo, exhibiendo el funcionamiento excepcional en ambientes al aire libre. El protocolo TDMA airMAX permite escalabilidad sin precedentes, alto rendimiento y baja latencia en redes multipunto sin licencia.” (Rocket, 2016)



**Figura 29:** Modelo: R5AC-PTMP

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

**Tabla 4:** Características del Modelo R5AC-PTMP

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

<b>Características</b>	
(Amoroso, 2010) (Andreu, 2014) (Esteinou, 2003)Dimensiones	198.5 x 86.4 x 44.1 mm (7.82 x 3.40 x 1.74")
Peso	295 g (10.41 oz)
Frecuencia de operación	Resto de mundo : 5470 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz
Interfaz de red	(1) 10/100/1000 Ethernet Port
Conectores RF	(2) RP-SMA (Waterproof)
LEDs	Power, LAN, (4) Signal Strength, (5) Reserved
Recinto	Outdoor UV Stabilized Plastic
Max. El consumo de energía	8.5W
Fuente de alimentación	24V, 0.5A Gigabit PoE Adapter (Included)
Método de potencia	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Temperatura de funcionamiento	-40 to 80° C (-40 to 176° F)
Humedad de funcionamiento	5 to 95% Noncondensing
Protección ESD / EMP	± 24KV Contact / Air for Ethernet
Choque y Vibraciones	ETSI300-019-1.4
Certificaciones	CE, FCC, I

**“Estación cliente CPE NanoBeam AC Modelo: NBE-5AC-19.-** Incorporando un diseño industrial innovador con la tecnología propietaria airMAX® ac, el NanoBeam® ac es ideal para implementaciones CPE que requieren el máximo rendimiento desde la huella más pequeña posible.” (NanoBeam, 2016)

**“Increíble rendimiento de la Antena "Beam".-** El factor de forma de la NanoBeam® ac presenta la mayor ganancia para su tamaño. La excelente directividad de haz del NanoBeam ac proporciona el mejor rendimiento en entornos de alto ruido.” (NanoBeam, 2016)

**“Instalación Plug and Play.-** El NanoBeam® ac se monta en una variedad de superficies incluyendo polos o paredes, y ofrece la libertad de alineación de tres ejes. No se requieren tornillos para montar postes, y sólo se requiere un solo tornillo de pared (no incluido) para montaje en pared.” (NanoBeam, 2016)

**“Kit de montaje en pared.-** Utilice el kit de montaje en pared NBE-WMK opcional para mejorar la estabilidad al montar el NanoBeam en una pared.” (NanoBeam, 2016)



**Figura 30:** Modelo: NBE-5AC-19

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

**Tabla 5:** Características del Modelo NBE-5AC-19**Elaborado por:** Autor de la Tesis

<b>Características</b>	
Dimensiones	140 x 140 x 54 mm (5.51 x 5.51 x 2.13")
Peso (montaje incluido)	320 g (11.3 oz)
Frecuencia de operación	Resto del mundo: 5150 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz
Ganancia	16 dBi
Interfaz de red	(1) 10/100/1000 Ethernet Port
Recinto	Outdoor UV Stabilized Plastic
Max. El consumo de energía	6W
Fuente de alimentación	24V, 0.5A Gigabit PoE Adapter (Included)
Método de potencia	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Carga del viento	21.4 N @ 200 km/h (4.8 lbf @ 125 mph)
Supervivencia del viento	200 km/h (125 mph)
Certificaciones	CE, FCC, IC
Montaje	Pole-Mount (Kit Included) Wall-Mount (Not Included)
Protección ESD / EMP	± 24kV Contact/Air
Temperatura de funcionamiento	-40 to 80° C (-40 to 176° F)
Humedad de funcionamiento	5 to 95% Noncondensing
Prueba de niebla salina	IEC 68-2-11 (ASTM B117), Equivalent: MIL-STD-810 G Method 509.5
Test de vibración	IEC 68-2-6
Prueba de choque térmico	IEC 68-2-14
Prueba UV	IEC 68-2-5 at 40° C (104° F) Equivalent: ETS 300 019-1-4
Prueba de lluvia con viento	ETS 300 019-1-4 Equivalent: MIL-STD-810 G Method 506.5

## 5.4. Diseño de la red inalámbrica utilizando el estándar 802.11ac

### 5.4.1. Análisis del diseño

En el caso de estudio se realizó la propuesta de diseñar una red inalámbrica utilizando el estándar IEEE 802.11ac, como mecanismo alternativo para la conectividad entre las 19 edificaciones del campus principal de la Universidad Técnica de Manabí, este enlace de datos multipunto permitirá restablecer la comunicación entre las diversas áreas de la institución ante cualquier evento que provoque la caída o pérdida de la comunicación en la red alámbrica.

En el análisis de la infraestructura tecnológica se pudo constatar que la UTM cuenta con una torre de comunicación que se encuentra ubicada estratégicamente en la terraza del edificio de oficinas de docentes N° 2, tiene 24 metros de altura, posee 6 antenas sectoriales y otros equipos de comunicación que brindan cobertura a todo el campus universitario. Además, desde ese punto se pudo determinar que existe línea de vista entre la torre y las edificaciones del campus central.

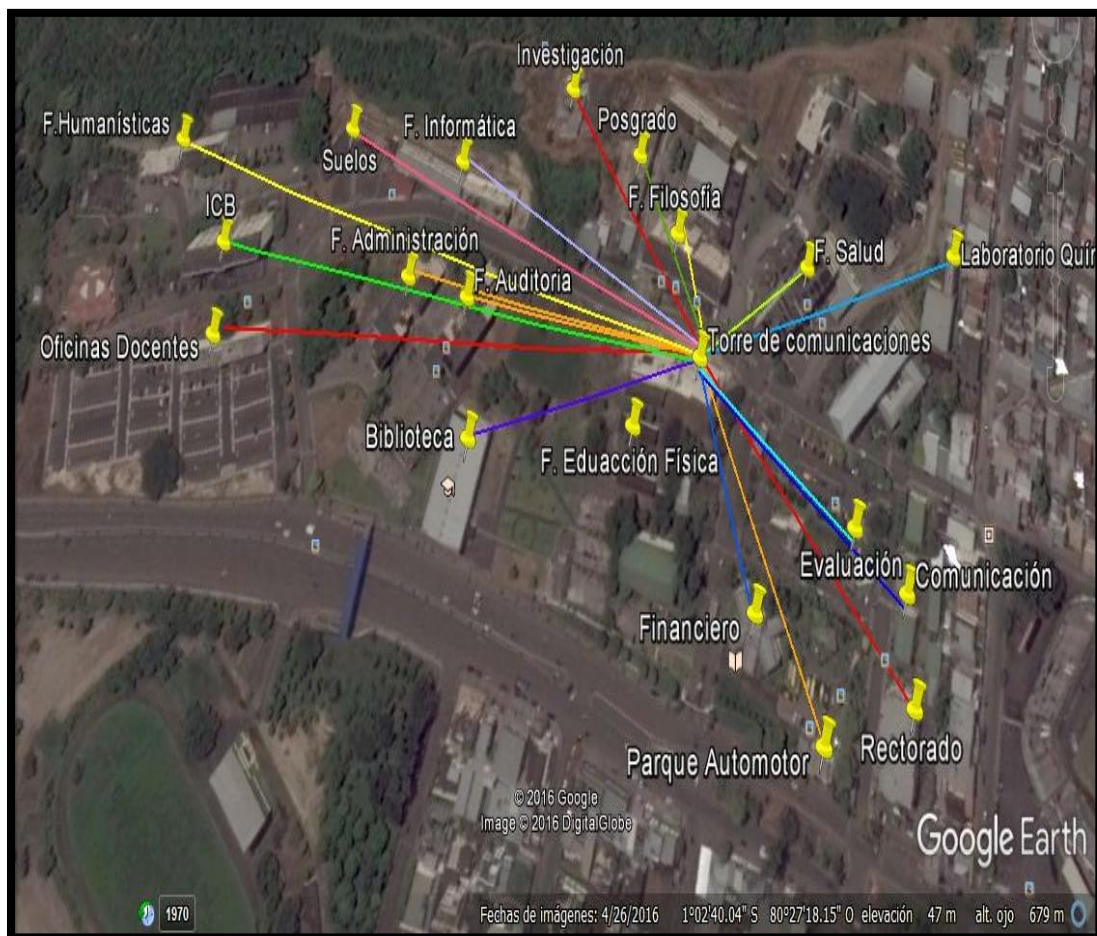


**Figura 31:** Torre de Comunicaciones de la UTM

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.2. Enlace punto a multipunto

El diseño de la red inalámbrica propuso instalar el nodo transmisor en la torre de comunicaciones y los nodos receptores en las diversas dependencias del campus universitario. A continuación, en la figura #32 se muestran los enlaces punto a multipuntos entre el dispositivo transmisor y los dispositivos receptores.



**Figura 32:** Enlace Torre de Comunicaciones - Edificaciones

**Elaborado por:** Autor de la Tesis



#### **5.4.4. Simulación del enlace punto a multipunto**

En el trabajo de titulación se utilizó el software radio Mobile para la simulación del radio enlace, esta herramienta es utilizada para predecir el rendimiento de un sistema de radio, aplica datos digitales de elevación del terreno para la extracción automática del perfil de trayectoria entre un emisor y un receptor. Estos datos se agregan a los parámetros del sistema, ambientales y estadísticos para alimentar el modelo de propagación radioeléctrica del Modelo de Terreno Irregular. Los datos de elevación también se utilizan para producir mapas virtuales en segundo plano. Los datos de elevación para la mayor parte del mundo están disponibles. “El software también ofrece vistas en 3D, vistas estereoscópicas y animación. Este software está disponible gratis en este sitio web.” (Coudé)

Para realizar la simulación se agregaron datos al sistema como la ubicación de los dispositivos, altura del transmisor, el medio ambiente, y los datos geográficos disponibles a través de google Earth. “El programa permitió analizar los diferentes enlaces, representar el área de cobertura de la red y lograr un rendimiento eficiente de la red.” (Montaño)

##### **5.4.4.1. Ubicación de Equipos receptores**

En este trabajo de titulación se propuso implementar los equipos receptores o CPE en la parte superior de cada edificación perteneciente al campus principal de la Universidad Técnica Manabí, es importante indicar que la mayoría de edificios constan de dos o tres niveles o pisos lo que permite tener línea de vista con el equipo transmisor. A continuación, en la figura # 34 se detalla las coordenadas de longitud y latitud de cada edificio donde se ubicará el equipo receptor.

EDIFICACIONES	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
FACULTADES/INSTITUTOS/DEPARTAMENTOS			
Biblioteca	1° 2'39.15"S	80°27'20.36"O	44m
Departamento de Comunicación	1° 2'48.99"S	80°27'15.64"O	42m
Departamento de Evaluación	1° 2'47.30"S	80°27'15.28"O	45m
Departamento de Financiero	1° 2'46.29"S	80°27'17.80"O	44m
Departamento de Parque automotor	1° 2'48.46"S	80°27'18.26"O	41m
Departamento de Rectorado	1° 2'49.55"S	80°27'16.69"O	40m
Edificio para oficinas de docentes	1° 2'33.09"S	80°27'23.42"O	43m
Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas Edf.N°1	1° 2'36.04"S	80°27'19.52"O	49m
Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas Edf.N°2	1° 2'37.60"S	80°27'18.73"O	48m
Facultad de Ciencias Humanística y Sociales	1° 2'29.68"S	80°27'21.95"O	55m
Facultad de Ciencias Informáticas	1° 2'36.19"S	80°27'17.25"O	55m
Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas	1° 2'46.51"S	80°27'9.78"O	48m
Facultad de Ciencias de La Salud	1° 2'43.85"S	80°27'12.26"O	52m
Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación	1° 2'41.41"S	80°27'14.20"O	59m
Instituto de Ciencias Básicas-ICB	1° 2'31.98"S	80°27'22.37"O	46m
Instituto de Investigación	1° 2'37.10"S	80°27'14.15"O	68m
Instituto de Posgrado	1° 2'39.12"S	80°27'13.41"O	65m
Instituto de Suelos	1° 2'32.81"S	80°27'18.73"O	55m

**Figura 34:** Ubicación de equipos receptores

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

#### 5.4.4.2. Ubicación del Equipo transmisor

El equipo transmisor se ubicará en la torre de comunicaciones que se encuentra instalada en el edificio de docentes N° 2, sus coordenadas son las siguientes:

- Latitud 1° 2'42.40"S
- Longitud 80°27'16.05"O
- Altitud 53m.

### 5.4.4.3. Distancia entre equipo transmisor y equipos receptores

A continuación, en la figura #35 se muestra la distancia que existe desde la torre de comunicaciones donde se encuentra instalará el equipo transmisor y las edificaciones donde se implementarán los equipos receptores.

EDIFICACIONES FACULTADES/INSTITUTOS/DEPARTAMENTOS	DISTANCIAS	
	METROS	KILOMETROS
Biblioteca	187	0.19
Departamento de Comunicación	183	0.18
Departamento de Evaluación	141	0.14
Departamento de Financiero	126	0.13
Departamento de Parque automotor	191	0.19
Departamento de Rectorado	214	0.21
Edificio para oficinas de docentes	387	0.39
Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas Edf.N°1	193	0.19
Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas Edf.N°2	238	0.24
Facultad de Ciencias Humanística y Sociales	455	0.45
Facultad de Ciencias Informáticas	223	0.22
Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas	224	0.22
Facultad de Ciencias de La Salud	107	0.11
Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación	69	0.1
Instituto de Ciencias Básicas-ICB	399	0.40
Instituto de Investigación	173	0.17
Instituto de Posgrado	112	0.11
Instituto de Suelos	316	0.32

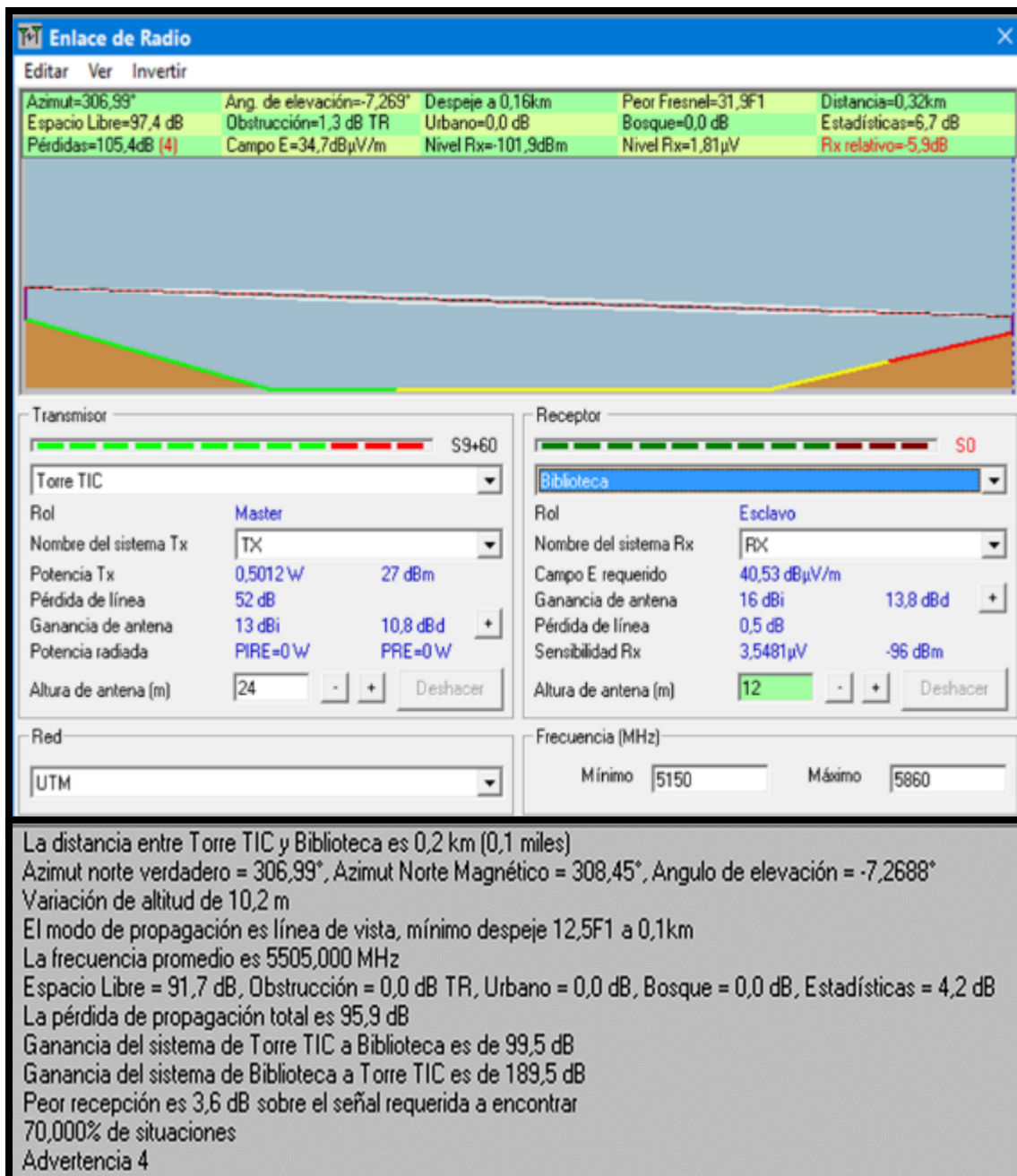
**Figura 35:** Distancia entre TX y Rx

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

Los datos que se muestran en las figuras #34 y #35 se lograron obtener por medio de la herramienta Google Earth la cual permitió establecer las coordenadas de los edificios donde se instalarán los equipos, además se pudo determinar que la distancia más larga entre un punto de conexión y otro es de 399 metros correspondiente al enlace ICB - TIC y que la distancia más corta es de 69 metros correspondiente al enlace TIC – Filosofía.

#### 5.4.4.4. Simulación enlace TIC – Biblioteca

La figura #36 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio donde funciona la biblioteca.

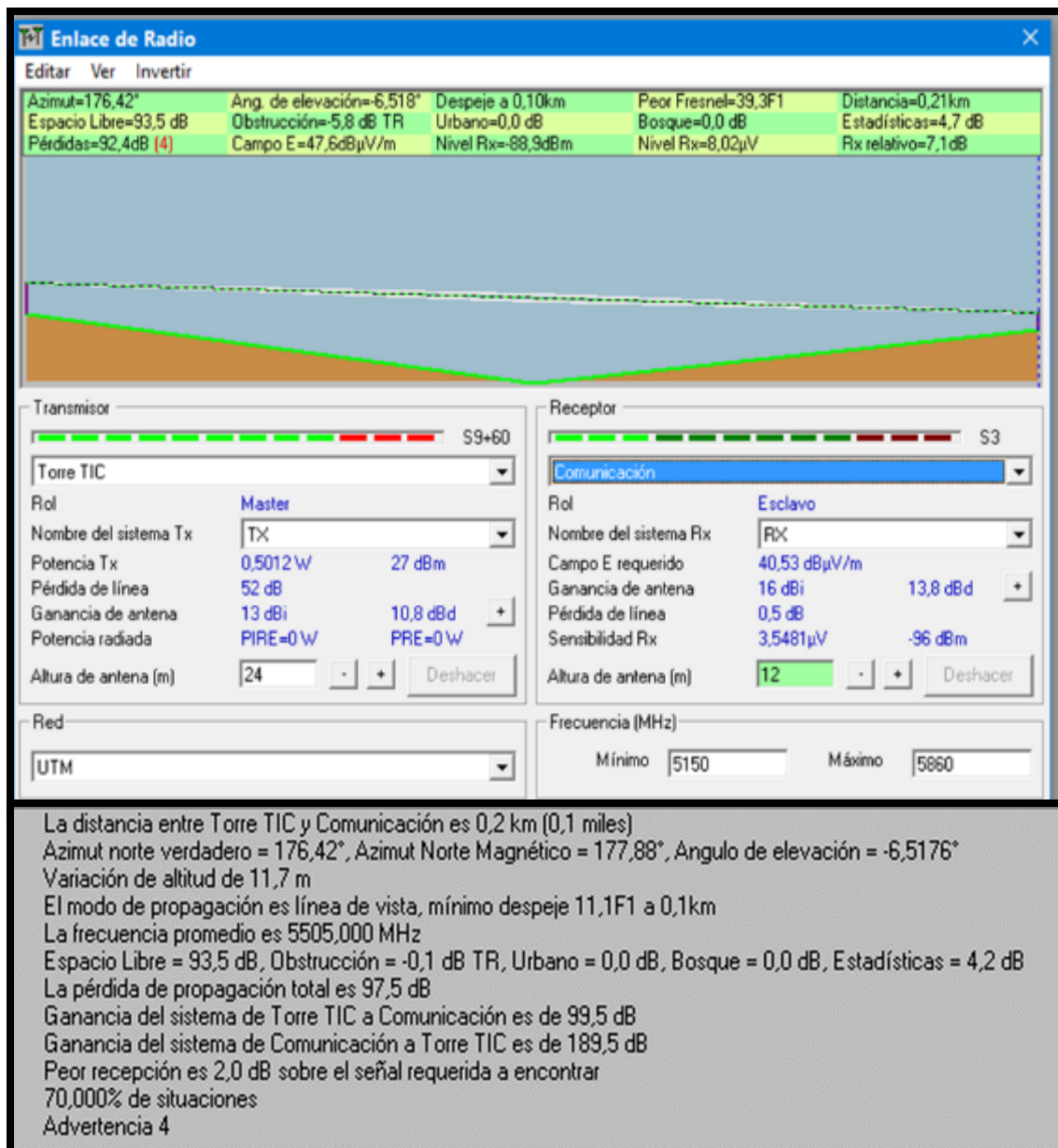


**Figura 36:** Enlace TIC - Biblioteca

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.5. Simulación enlace TIC – Departamento de comunicación

La figura #37 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio donde funciona el departamento de comunicación de la UTM.



**Figura 37:** Enlace TIC – D. Comunicación

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.6. Simulación enlace TIC – Departamento de Evaluación

La figura #38 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio donde funciona el departamento de evaluación de la UTM.

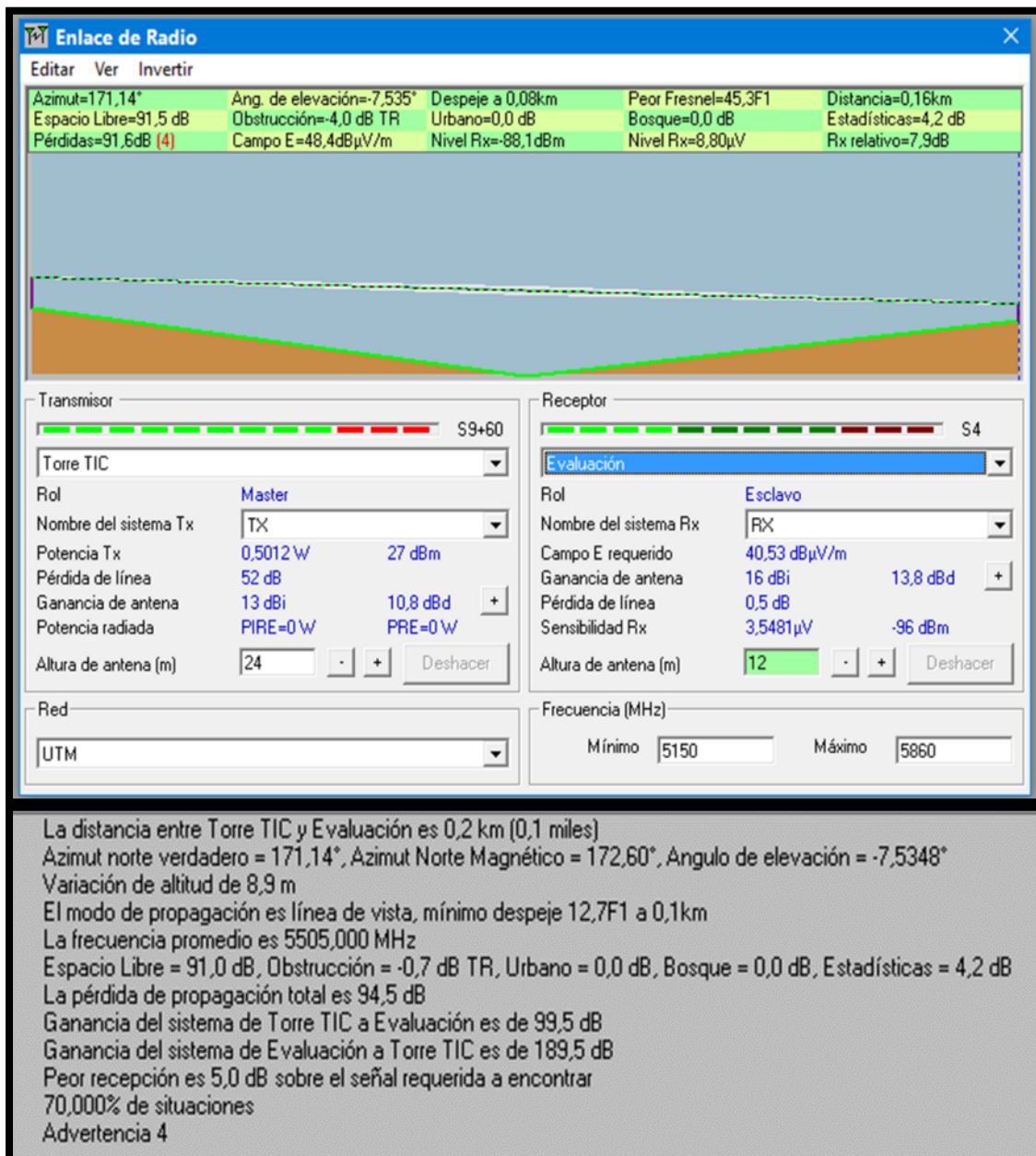
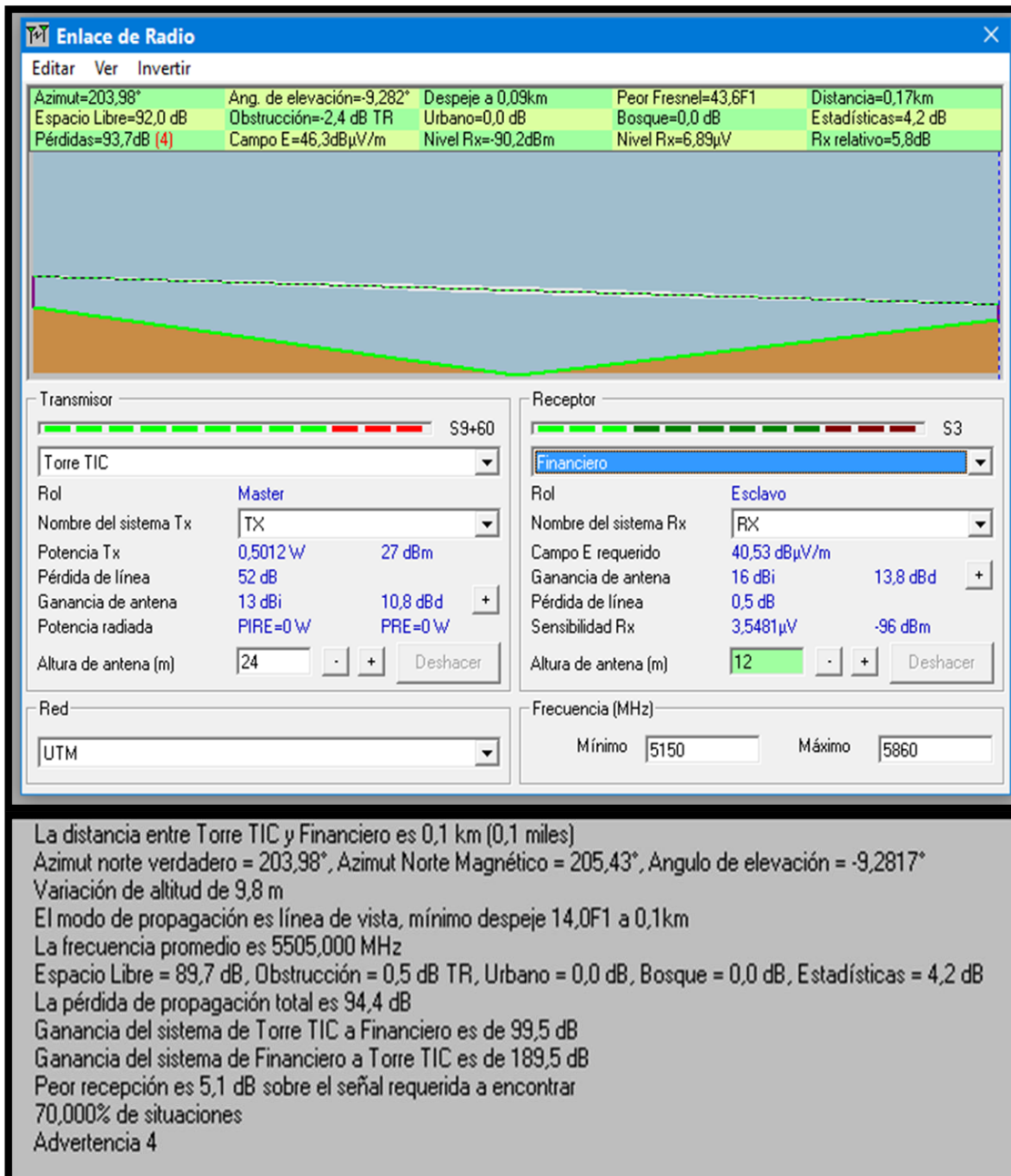


Figura 38: Enlace TIC-D. Evaluación.

Elaborado por: Autor de la Tesis

### 5.4.4.7. Simulación enlace TIC – Departamento de Financiero

La figura #39 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio donde funciona el departamento financiero de la UTM.

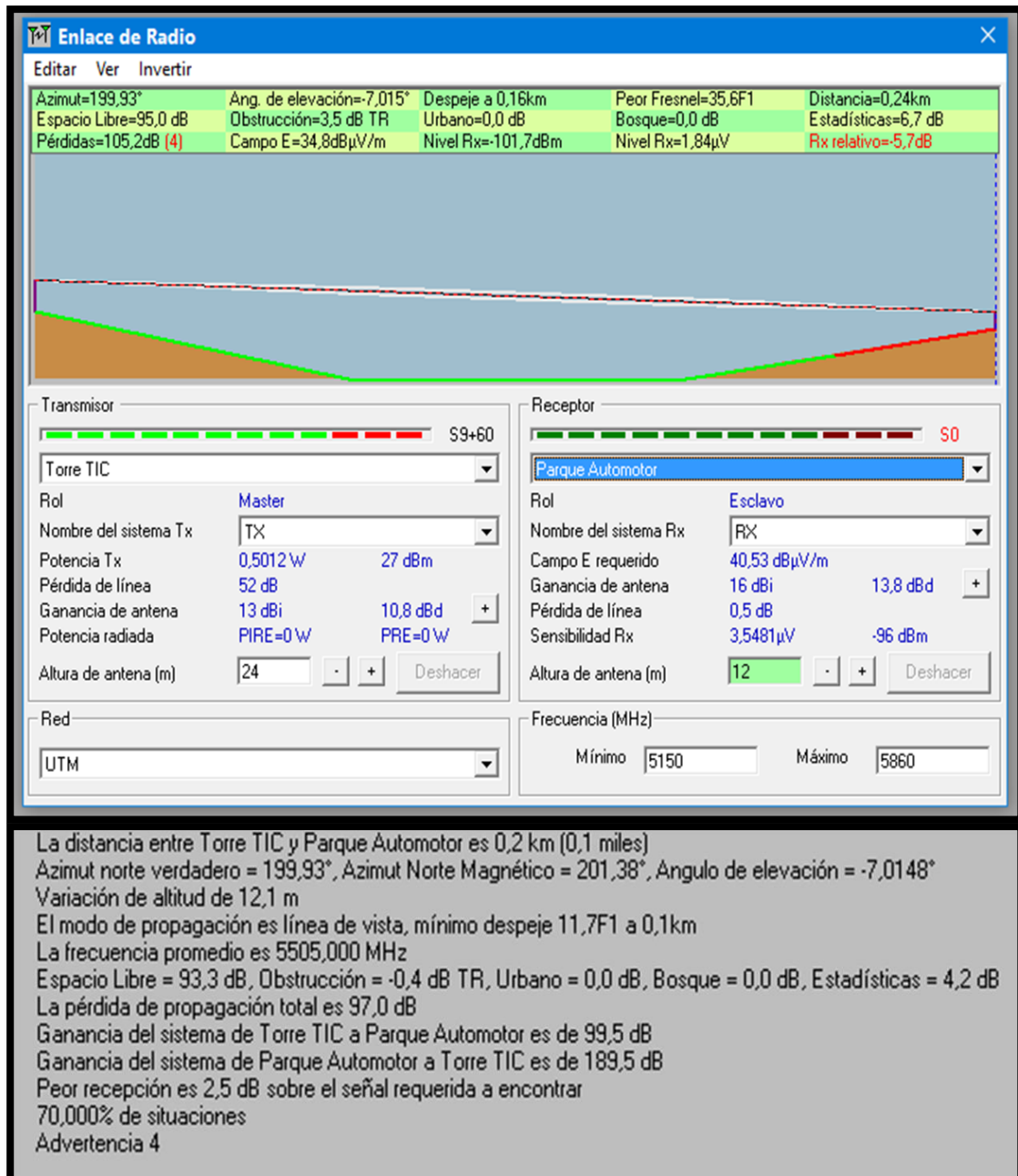


**Figura 39:** Enlace TIC-D. Evaluación.

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.8. Simulación enlace TIC – Departamento de Parque automotor

La figura #40 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio donde funciona el departamento de parque automotor de la UTM.

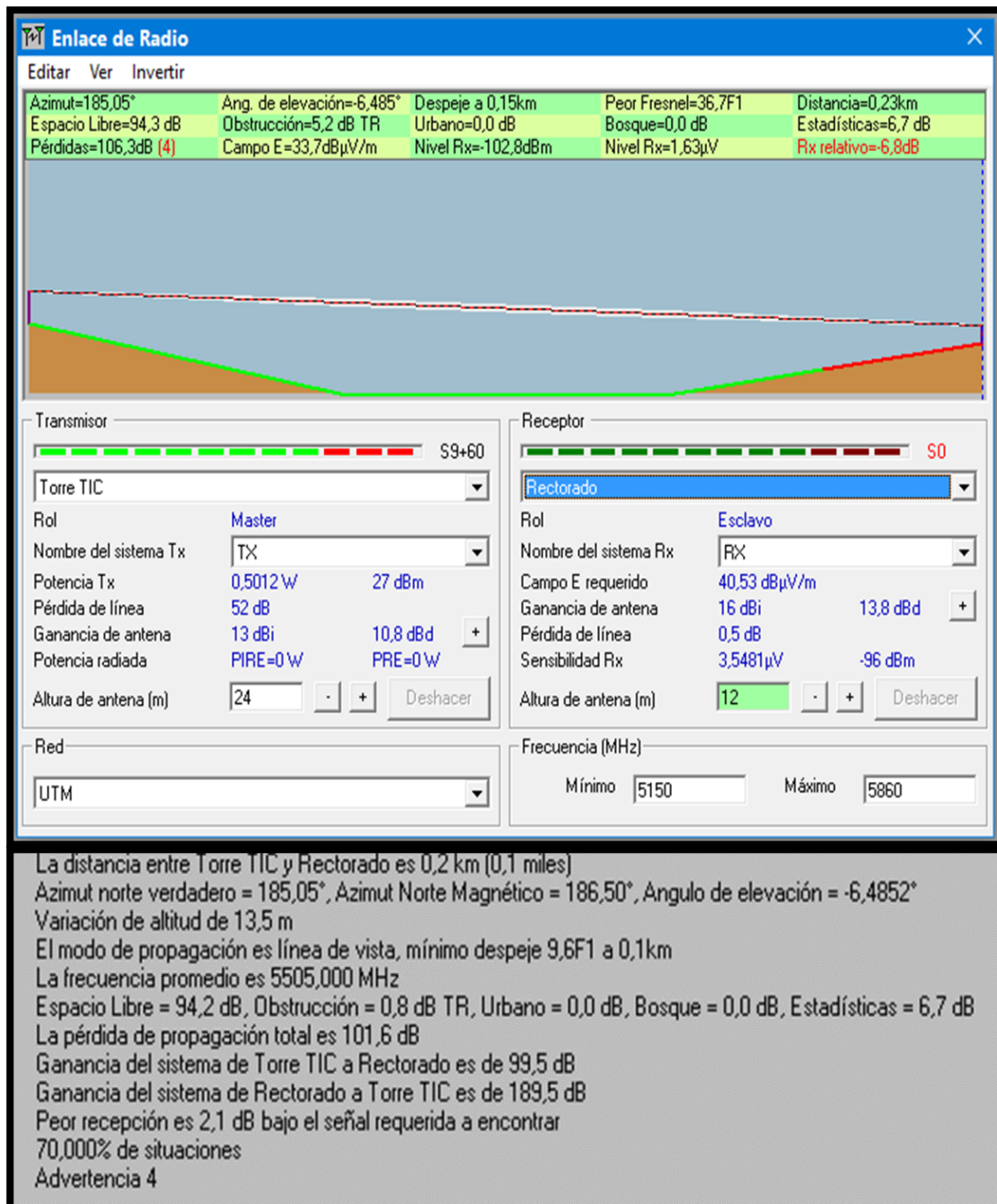


**Figura 40:** Enlace TIC – D. Parque automotor

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.9. Simulación enlace TIC – Departamento de Rectorado

La figura #41 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio donde funciona el departamento de rectorado de la UTM.



**Figura 41:** Enlace TIC – D. Rectorado

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.10. Simulación enlace TIC – Oficinas de Docentes

La figura #42 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio para oficinas de docentes N°1 de la UTM.

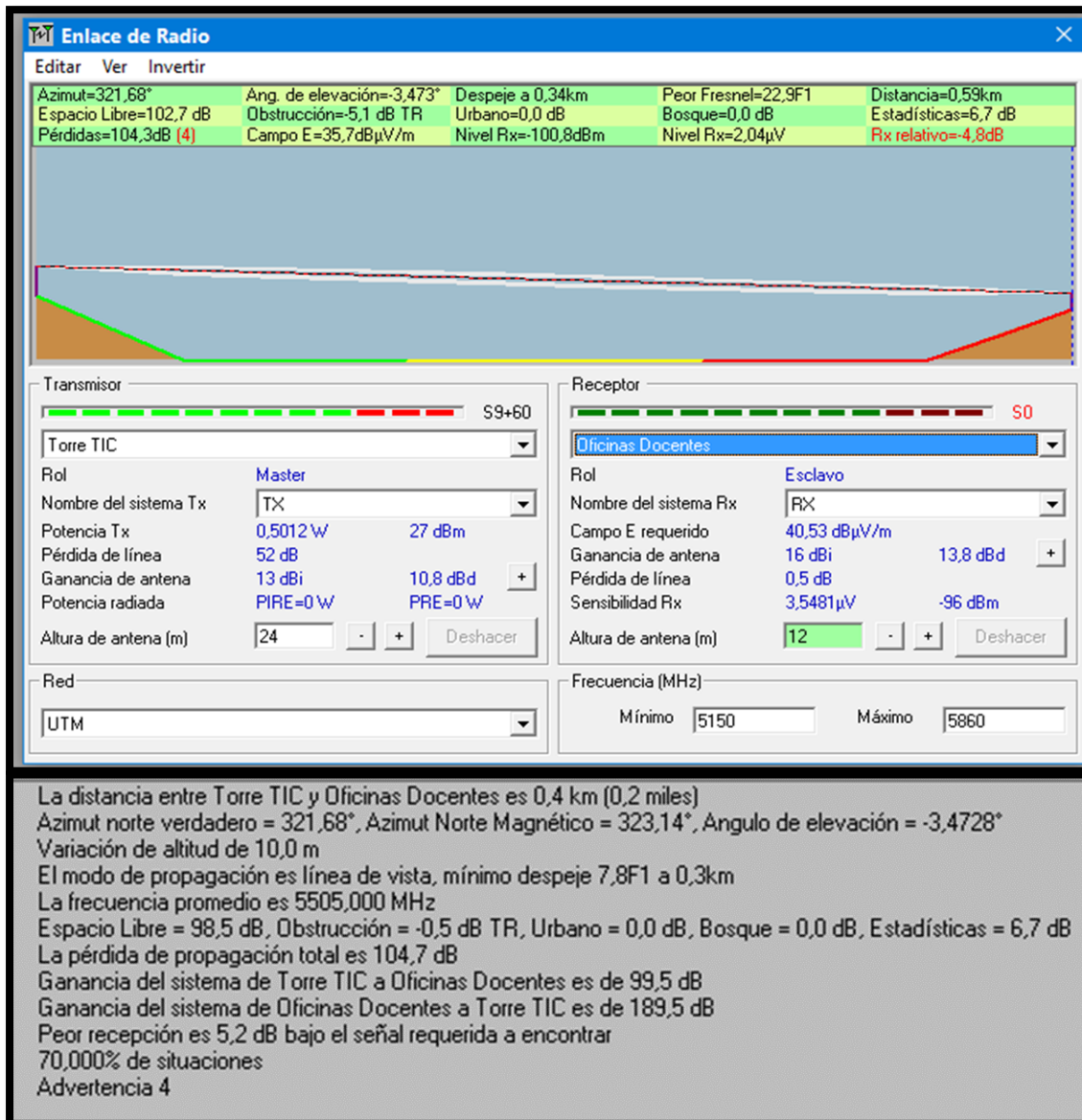
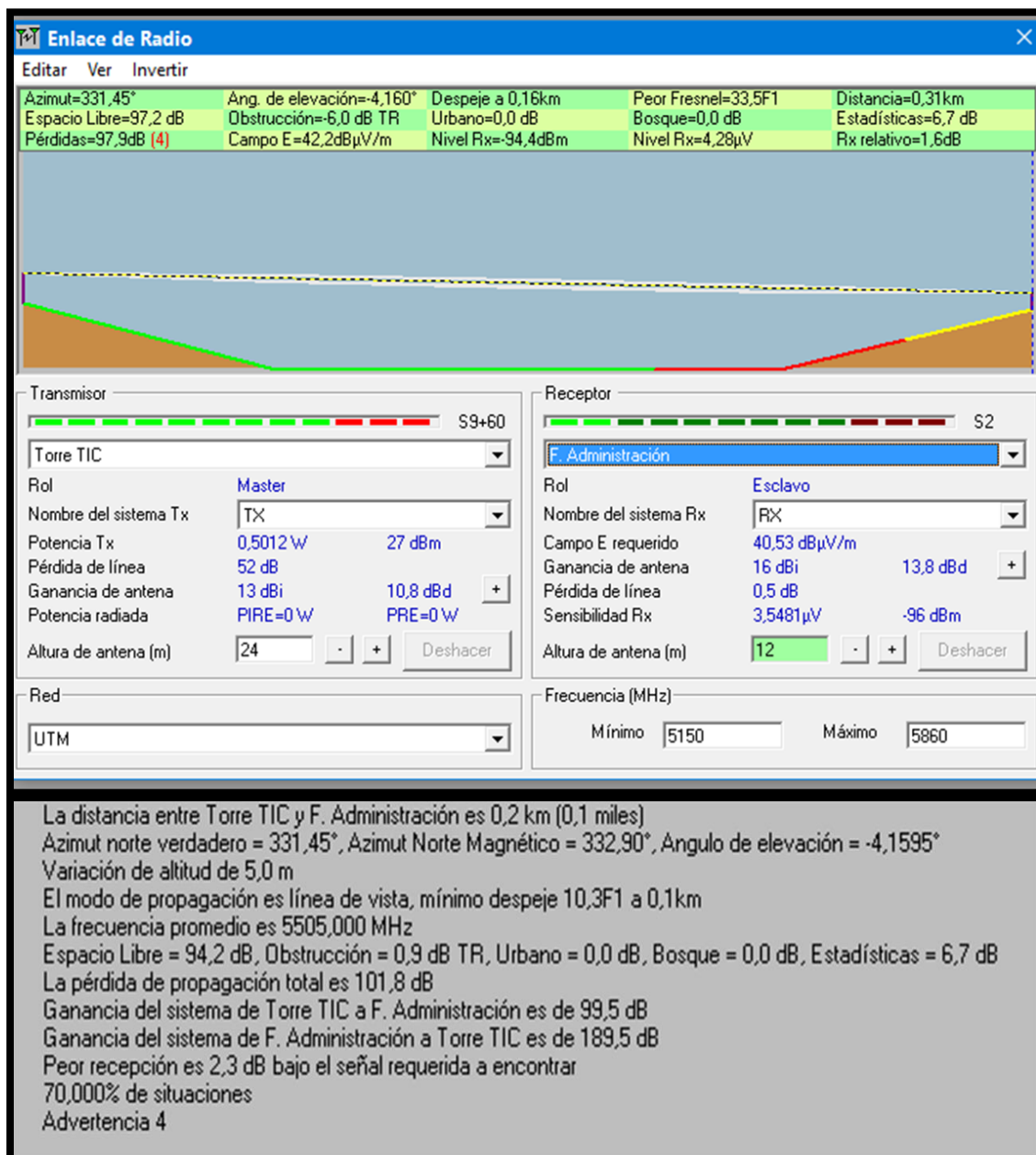


Figura 42: Enlace TIC – Oficinas de Docentes

Elaborado por: Autor de la Tesis

### 5.4.4.11. Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas Edf. N°1

La figura # 43 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio N°1 Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas de la UTM.

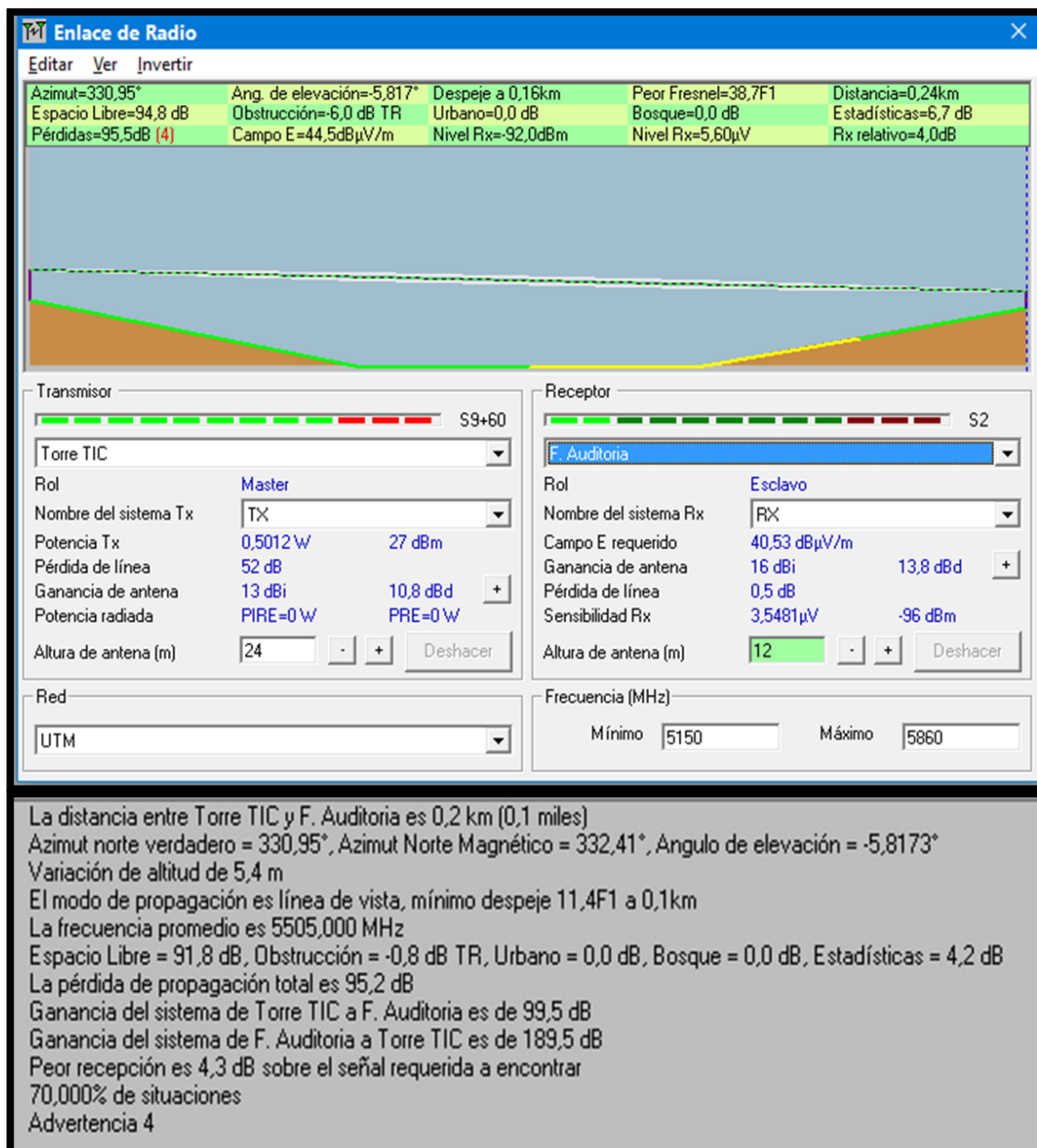


**Figura 43:** Enlace TIC – FCAE – N°1

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.12. Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas Edf.Nº2

La figura #44 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio Nº2 Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas de la UTM.

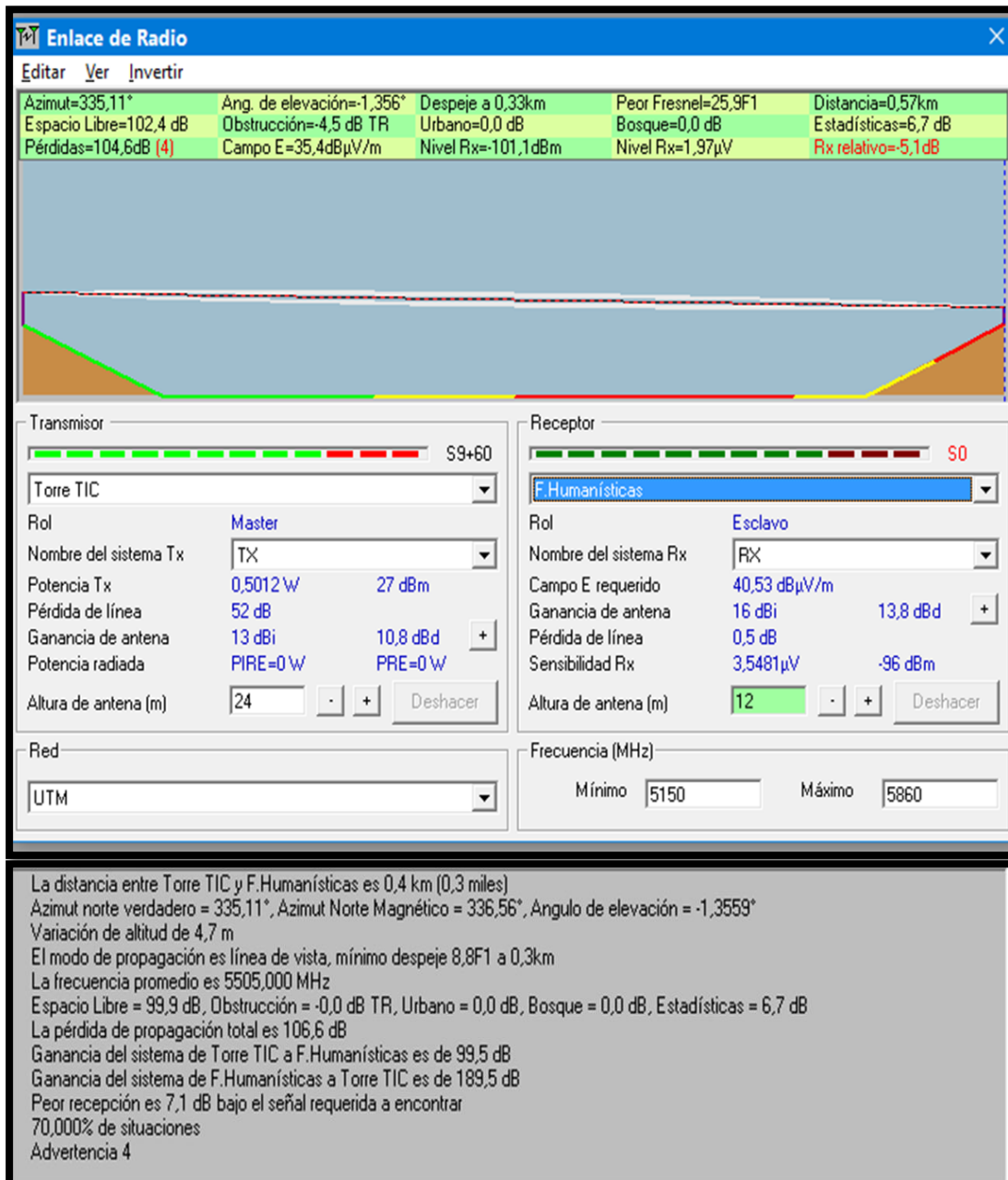


**Figura 44:** Enlace TIC – FCAE – Nº2

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.13. Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias Humanísticas y Sociales

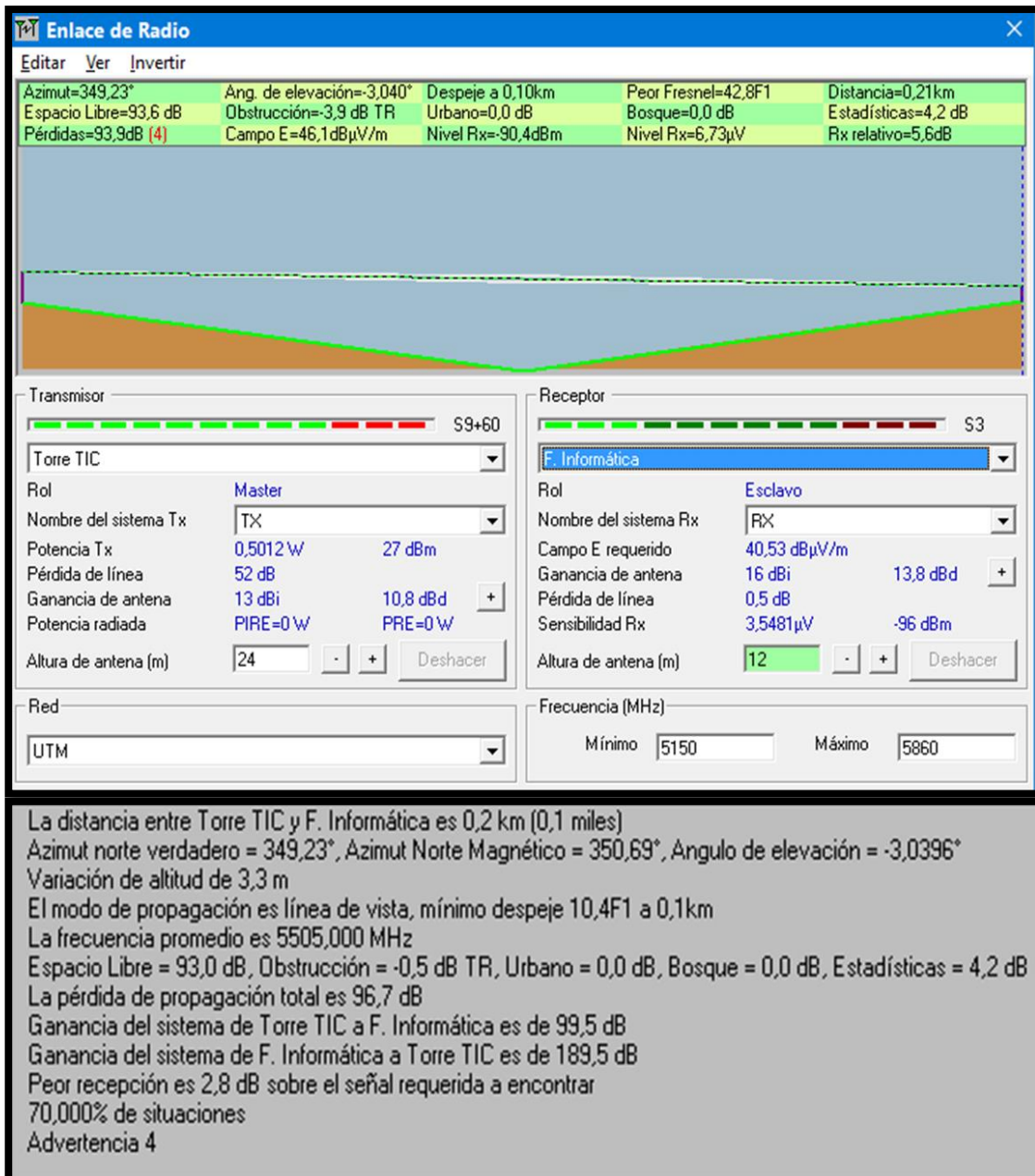
La figura #45 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio de la Facultad de Ciencias Humanísticas y Sociales de la UTM.



**Figura 45:** Enlace TIC – FCHS  
**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.14. Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias Informáticas

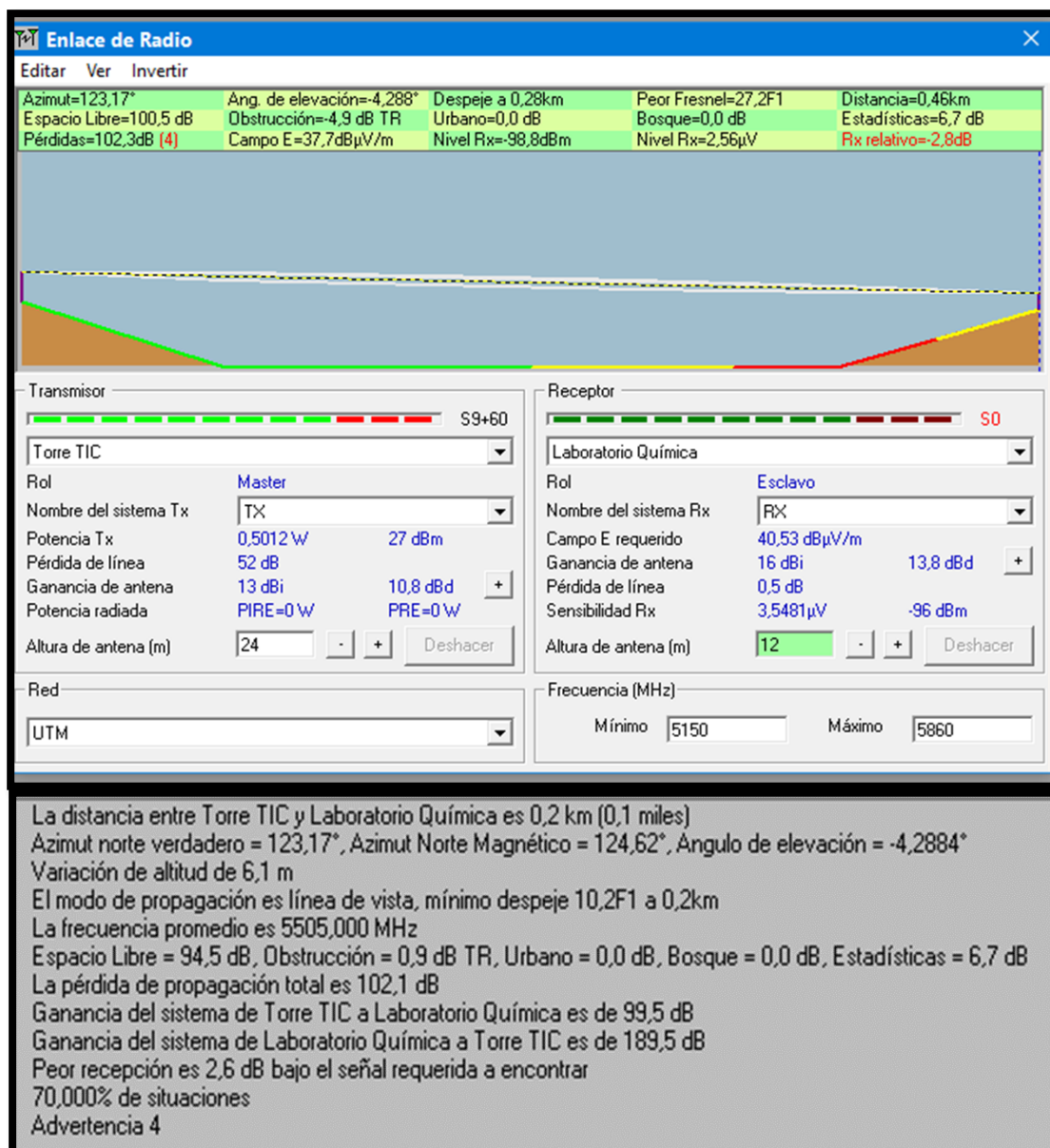
La figura #46 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio de la Facultad de Ciencias Informáticas de la UTM.



**Figura 46:** Enlace TIC – FCI  
 Elaborado por: Autor de la Tesis

#### 5.4.4.15. Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas

La figura #47 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas de la UTM.

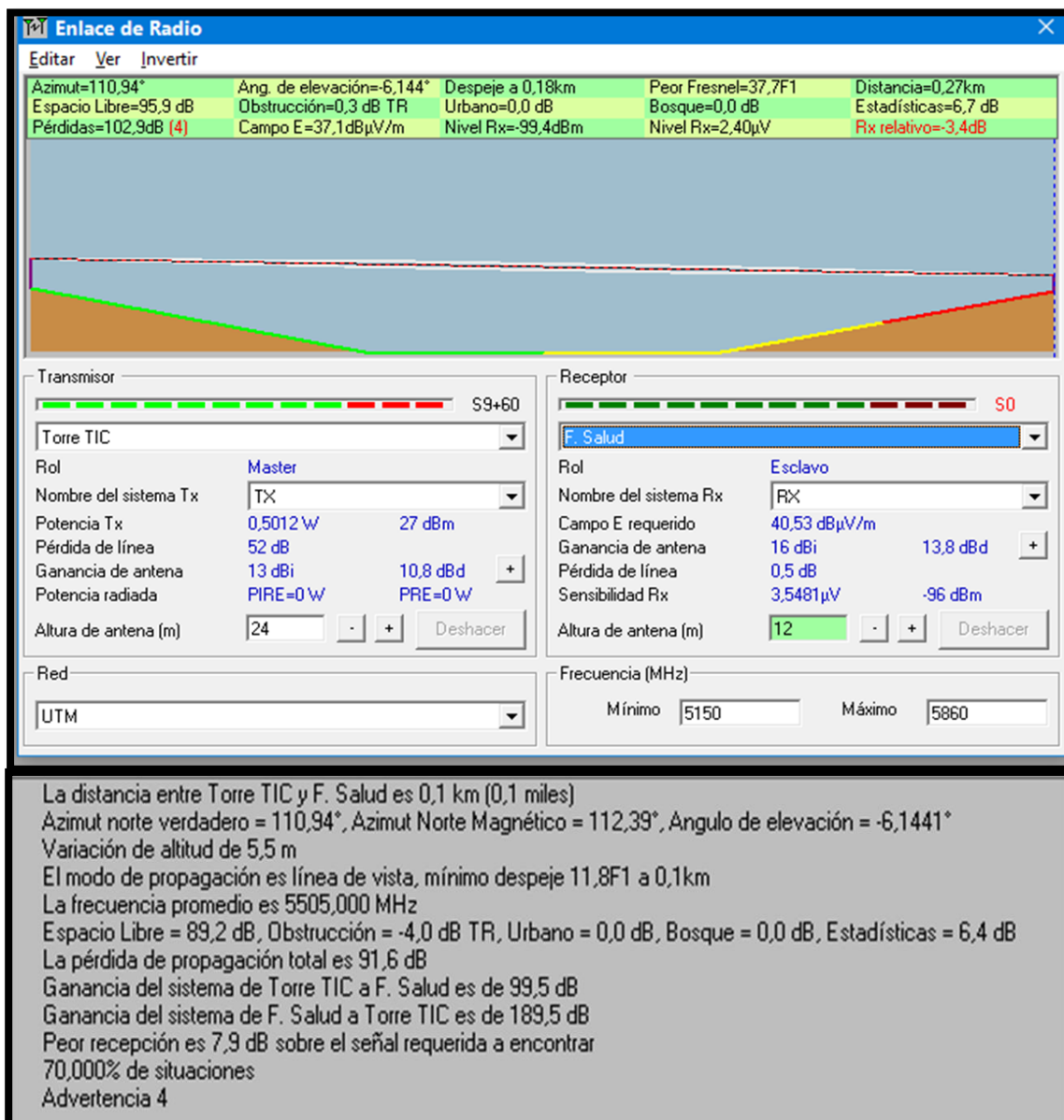


**Figura 47:** Enlace TIC – FCMQ

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.16. Simulación enlace TIC – Facultad de Ciencias de la Salud

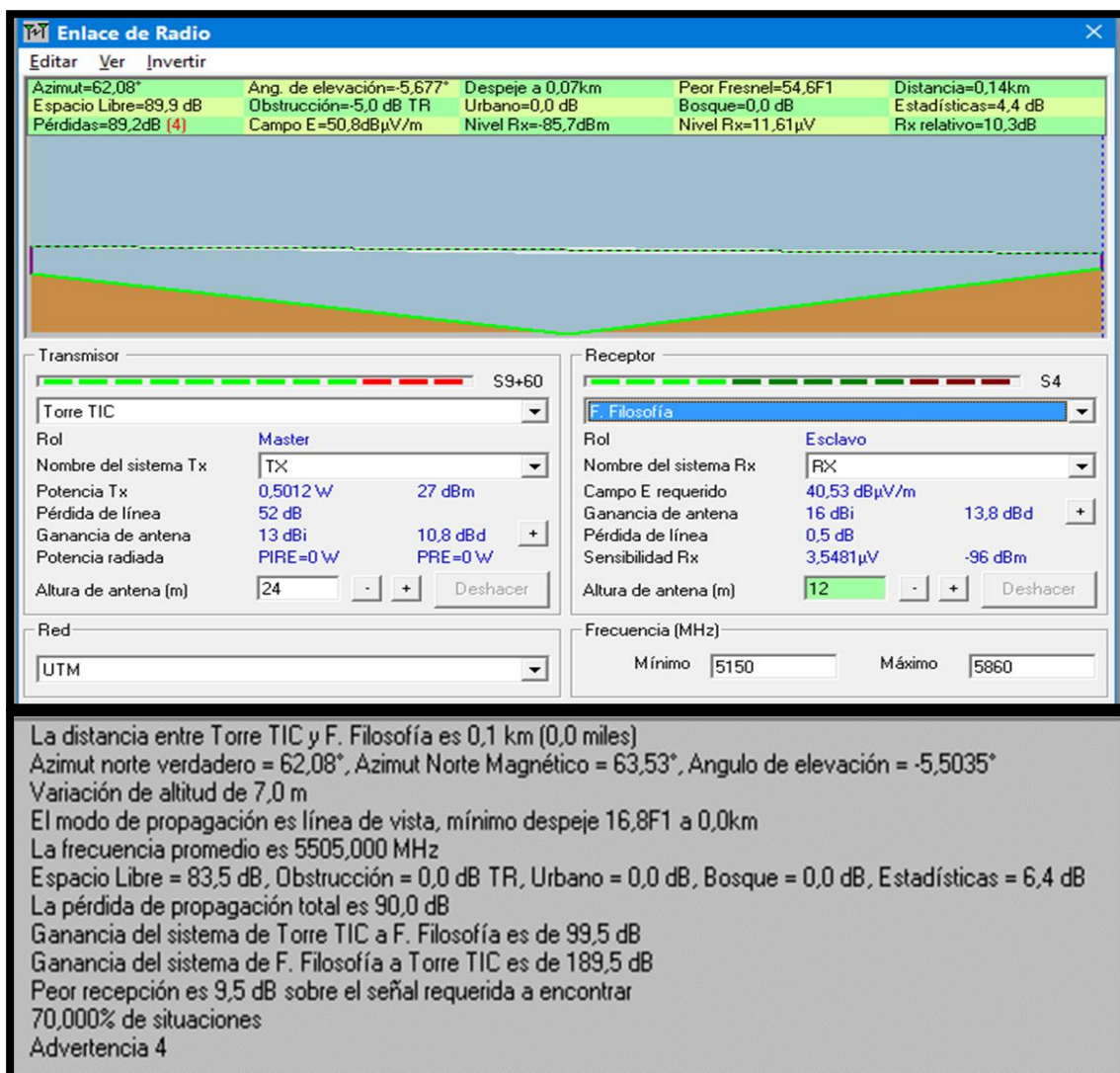
La figura # 48 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio de la Facultad de Ciencias de la Salud.



**Figura 48:** Enlace TIC – FCS  
**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.17. Simulación enlace TIC – Facultad Filosofía Letras y Ciencias de la Educación

La figura #49 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio de la Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación

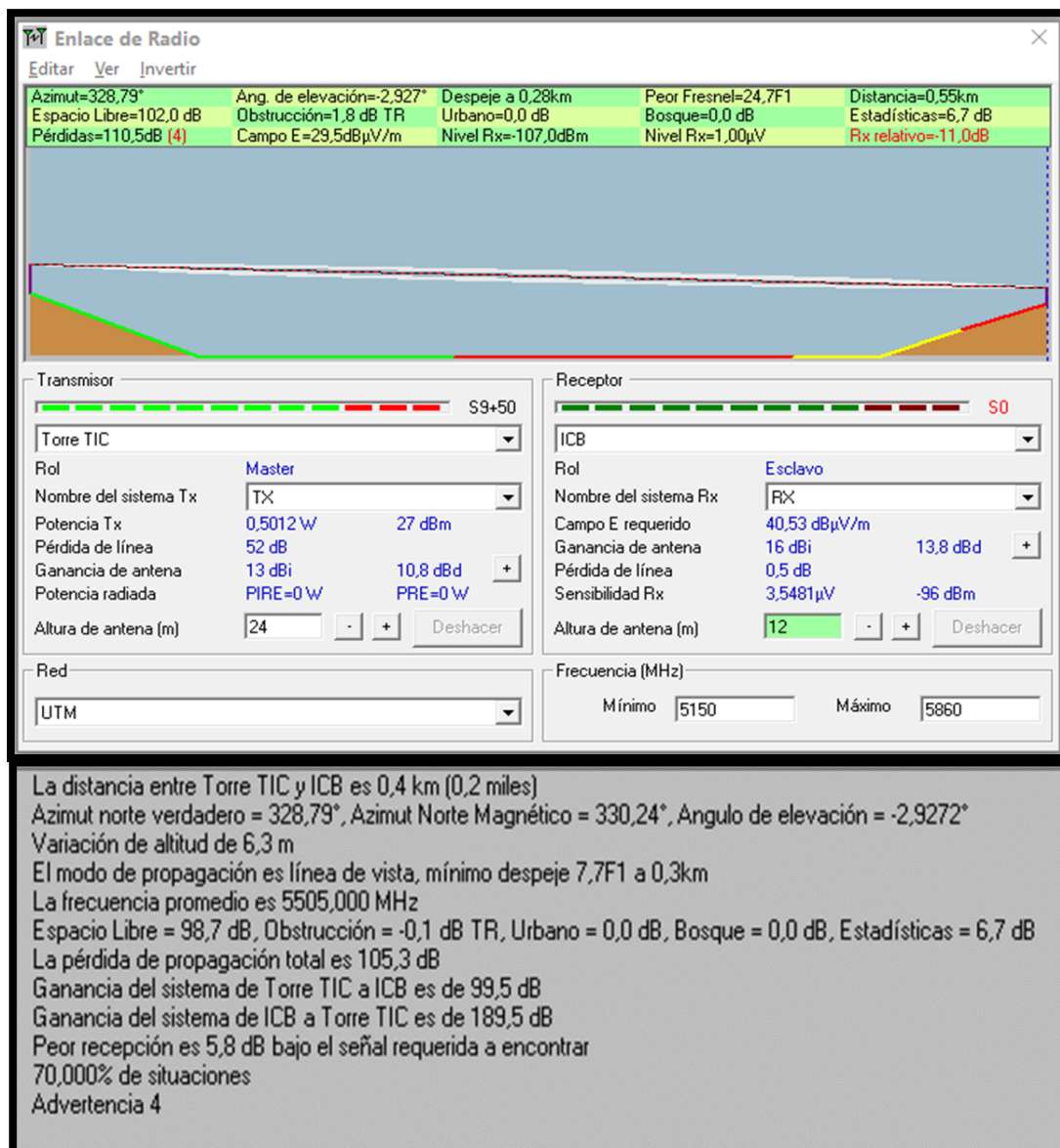


**Figura 49:** Enlace TIC – Filosofía Letras y Ciencias de la Educación

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.18. Simulación enlace TIC – Instituto de Ciencias Básicas-ICB

La figura #50 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio del Instituto de Ciencias Básicas-ICB.

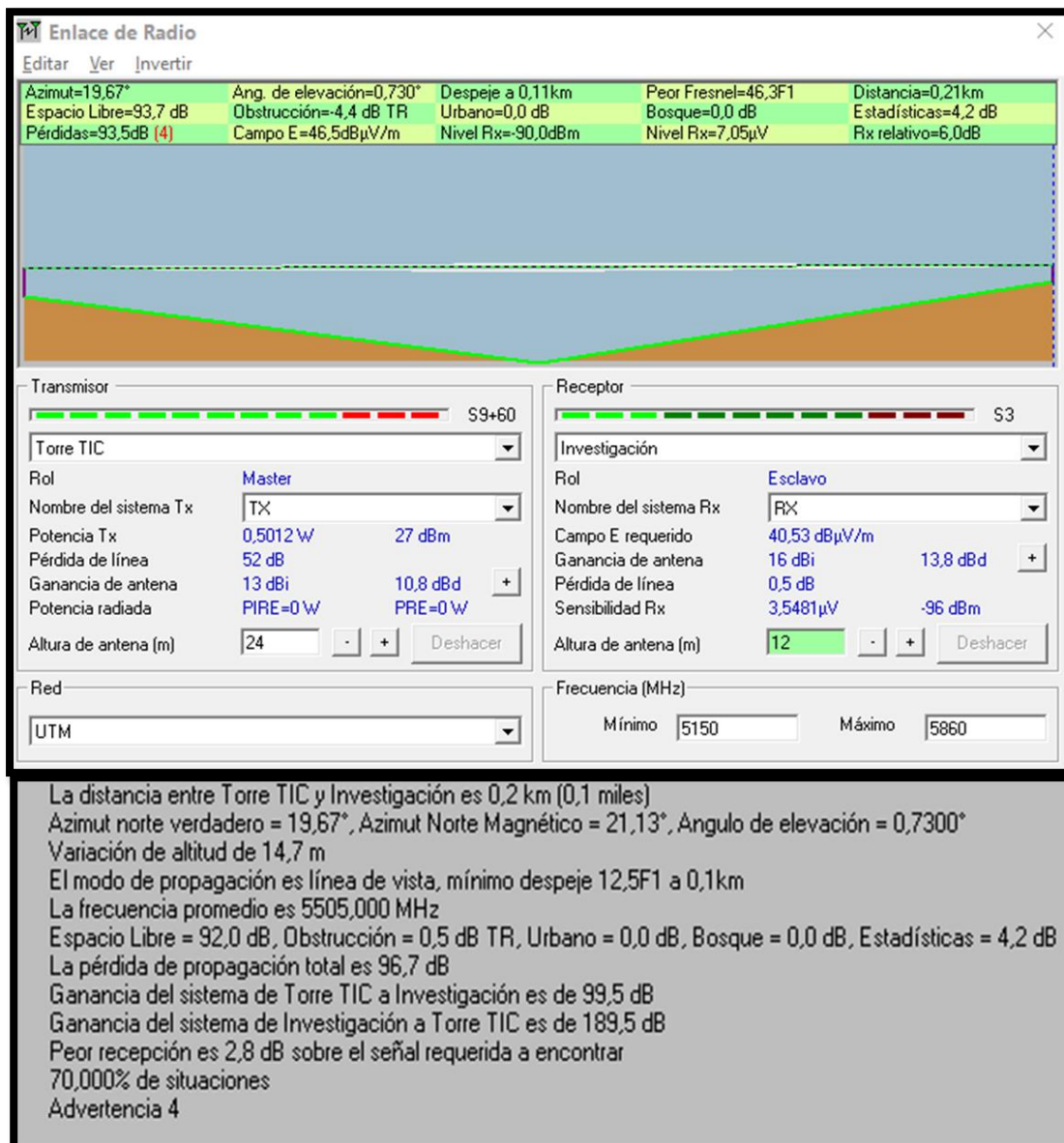


**Figura 50:** Enlace TIC – Instituto de Ciencias Básicas

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.19. Simulación enlace TIC – Instituto de Investigación

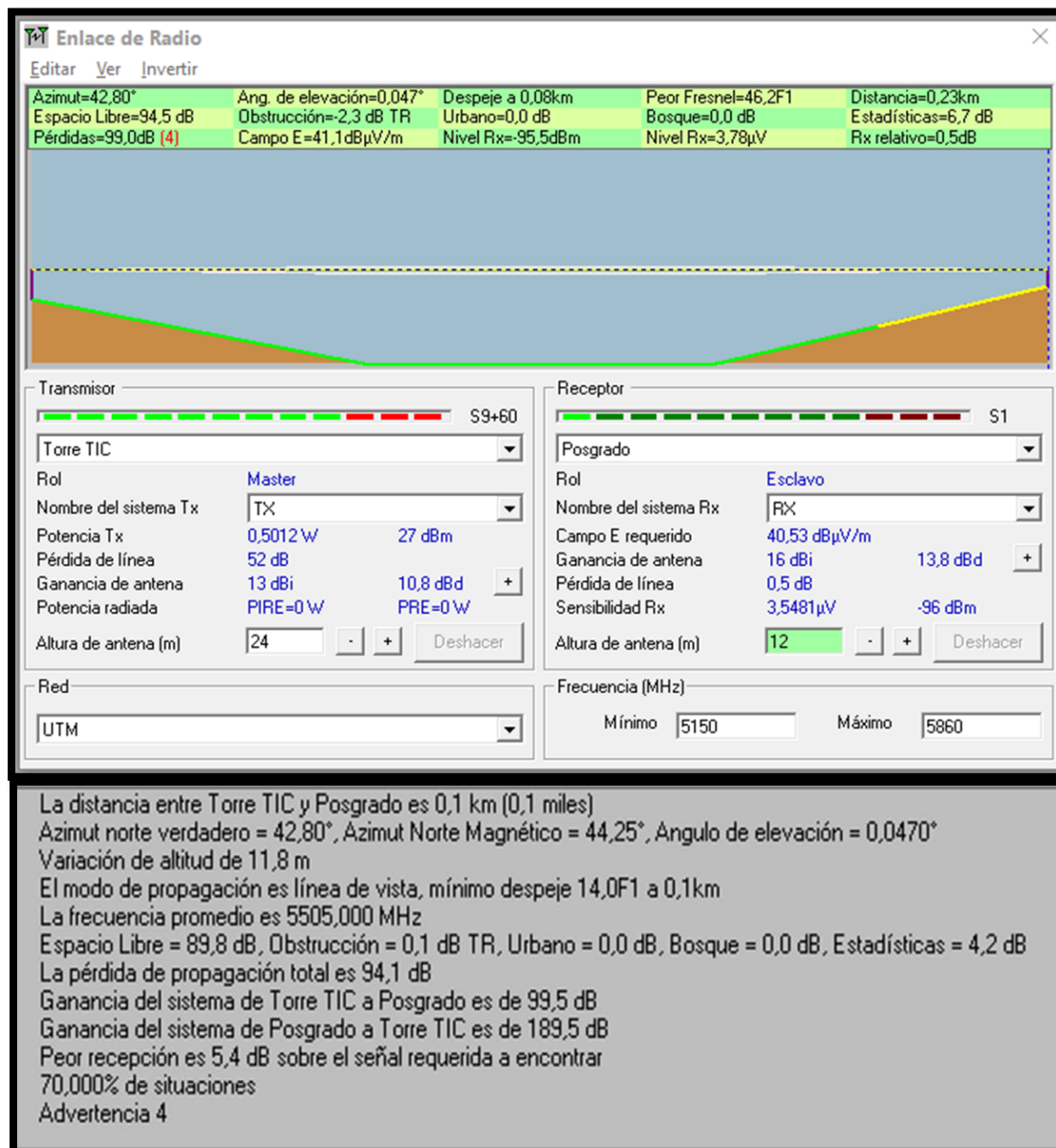
La figura # 48 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio del Instituto de Investigación.



**Figura 51:** Enlace TIC – Instituto de Investigación  
 Elaborado por: Autor de la Tesis

#### 5.4.4.20. Simulación enlace TIC – Instituto de Posgrado

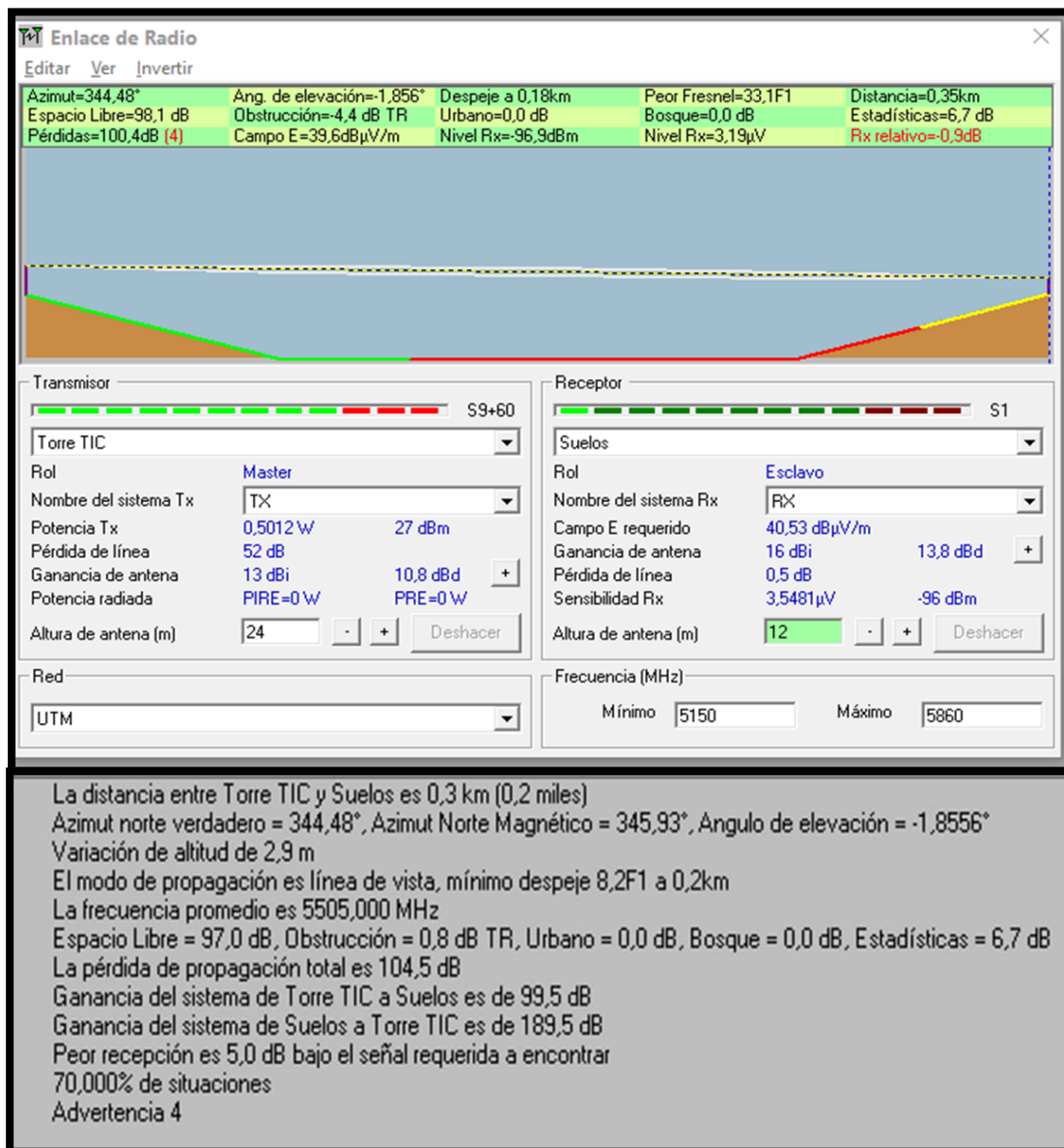
La figura #52 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio del Instituto de Posgrado.



**Figura 52:** Enlace TIC – Instituto de Posgrado  
**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.4.21. Simulación enlace TIC – Instituto de Suelos

La figura #53 muestra la simulación entre el equipo transmisor ubicado en la torre de comunicaciones y el equipo receptor ubicado en el edificio del Instituto de Suelos.



**Figura 53:** Enlace TIC – Instituto de Suelos

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

### 5.4.5. Presupuesto referencial

La implementación de la red inalámbrica tiene un costo de USD \$7,700.00 dólares. A continuación, se describen el costo de los equipos de comunicación y materiales utilizados en la propuesta.

**Tabla 6:** Presupuesto Referencial

**Elaborado por:** Autor de la Tesis

<b>Cantidad</b>	<b>Equipo</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>P. Final</b>
1	Ubiquiti: Rocket -5ac –PtMP	\$600,00	\$600,00
22	Ubiquiti: cpe-Nanobeam-5 ac	\$300,00	\$6.600,00
1	Materiales (cable UTP, Rj45)	\$500,00	\$500,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$7.700,00</b>

Se debe indicar que de estos valores la Universidad Técnica de Manabí mediante becas para graduación facilitará \$8.000,00 dólares americanos para la ejecución de este trabajo de titulación.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1. Conclusiones

Una vez culminada la propuesta de diseño de una red inalámbrica utilizando el estándar IEEE 802.11 AC para la Universidad Técnica de Manabí, el autor de la tesis concluye que:

- El diagnóstico de la infraestructura tecnológica de la Universidad Técnica Manabí determinó que existen algunos inconvenientes en la red de datos porque el 80% de los equipos de distribución de servicios intermedios presentan fallas en su funcionamiento, esto se debe a la antigüedad y a la falta de mantenimiento de los dispositivos, además algunos IDF trabajan con velocidad de transmisión de 100Mb/s, lo que ocasiona deficiencia en el funcionamiento de la red de comunicaciones.
- El monitoreo y análisis de la red de datos de la Universidad Técnica de Manabí determinó que existe un excesivo tráfico de broadcast lo que ocasiona un problema por el consumo innecesario del ancho de banda y de los recursos.
- La norma 802.11 AC, ofrece mayor velocidad de transmisión de datos, mejor rendimiento en la conexión, utiliza la banda 5 GHz que es la menos saturada, modulación 256-QAM y MU-MIMO, los parámetros y características en mención son evidentemente superiores a los de su predecesor 802.11n.
- El análisis comparativo entre los equipos de comunicación propuestos en esta tesis determinó que los dispositivos seleccionados se ajustan a los requerimientos técnicos establecidos en el diseño de la red, lo cual representa rentabilidad en la relación costo-beneficio para la implementación de este trabajo de titulación.

- La simulación de los enlaces entre el equipo transmisor y los equipos receptores mostraron resultados favorables cumpliendo con los requerimientos de cobertura y nivel de señal lo que determinó que la implementación del diseño de red es viable.
- La propuesta tecnológica es factible porque la Universidad Técnica de Manabí cuenta con los recursos materiales, económicos y técnicos necesarios para la implementación de la red.

## **6.2.Recomendaciones**

- Cambiar los equipos principales e intermedios de distribución de servicios que se encuentran obsoletos o que presentan alguna falla en su funcionamiento.
- Aplicar las normas y estándares internacionales ANSI/TIA/EIA 568 A y 569 B en la infraestructura de red de la UTM.
- Implementar herramientas de monitoreo que permitan detectar los problemas que provocan el colapso o caída de la red.
- Para trabajos futuros se podría realizar un estudio para implementar redes con el estándar IEEE 802.11 AC en las extensiones Bahía, Chone y Santa Ana de la Universidad Técnica de Manabí.

**Bibliografía:**

Amoroso, E. (2010). *Cyber Attacks: Protecting National Infrastructure*. Burlington, USA: Elsevier Inc.

Andreu, J. (2014). *Redes inalámbricas*. Madrid: Editex S.A.

Andujar, V. (2010). *Entorno de simulación en la banda ISM para test de algoritmos de detección espectral*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.

Coudé, R. (s.f.). <http://www.cplus.org/rmw/rme.html>. Obtenido de <http://www.cplus.org/rmw/rme.html>.

De la Rosa, J. (2012). *Diseño de una red inalámbrica de larga distancia en la comunidad de La Reforma, Municipio de Alto Lucero (Tesis de pregrado)*. Veracruz: Universidad Veracruzana.

Esteinou, J. (2003). Razón y Palabra. En J. Esteinou, *La Revolución del Ciberespacio y la Transformación de la Sociedad de Principios del Siglo XXI* (pág. 36).

Itrainonlines.org. (2016). *Guia de estandares inlambricos*. Obtenido de [http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/02\\_es\\_estandare\\_sinalambricos\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/02_es_estandare_sinalambricos_guia_v02.pdf)

Linksys. (2016). *Linksys Business Pro Series Wireless-AC Dual-Band MU-MIMO Access Point*. Obtenido de [http://downloads.linksys.com/downloads/datasheet/en/LAPAC2600\\_English.pdf](http://downloads.linksys.com/downloads/datasheet/en/LAPAC2600_English.pdf)

Montaño, R. J. (s.f.). <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/47223/Memoria.pdf?sequence=1>.

Obtenido de

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/47223/Memoria.pdf?sequence=1>.

NanoBeam. (2016). *High-Performance airMAX® ac Bridge*. Obtenido de

<https://www.ubnt.com/airmax/nanobeam-ac/>

Naso, C. (2016). *Evoluzione dello standard IEEE 802.11 (WiFi): verso IEEE 802.11ac*.

Obtenido de <http://tesi.cab.unipd.it/42079/1/NasoCaterina578399.pdf>

Rocket. (2016). *airMAX®ac BaseStation*. Obtenido de

<https://www.ubnt.com/airmax/rocket-ac/>

Zoneflex T610. (2015). *Zoneflex T610*. Obtenido de

[http://a030f85c1e25003d7609b98377aee968aad08453374eb1df3398.r40.cf2.rac  
kcdn.com/datasheets/ds-zoneflex-T610.pdf](http://a030f85c1e25003d7609b98377aee968aad08453374eb1df3398.r40.cf2.rac<br/>kcdn.com/datasheets/ds-zoneflex-T610.pdf)