

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**

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN WI-FI CENTRALIZADO, EN LA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS, MEDIANTE ROUTEROS, PARA MEJORAR LA
CALIDAD DE SERVICIO**

AUTOR:

LÓPEZ ROSERO JHERMAN FREDDY

DIRECTOR:

ING. DANIEL JARAMILLO

IBARRA – ECUADOR

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN WI-FI CENTRALIZADO, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS, MEDIANTE ROUTEROS, PARA MEJORAR LA CALIDAD DE SERVICIO

Jherman Freddy López Rosero ^a

^aFacultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas/Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio 5-21, Ibarra, Imbabura

jhermanlopez@hotmail.com

Resumen — En este proyecto se detalla la implementación de un sistema de red Wi-Fi centralizada, mediante una topología de red tipo estrella y basada en RouterOS, en los interiores del edificio de la FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS (FICA), de la UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE, ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, esta red permite acceso a sitios web y contenidos de la internet a estudiantes, docentes, administrativos, autoridades e invitados, a través de dispositivos móviles como: laptops, celulares y computadores con interfaces inalámbricas que soporten los estándares IEEE 802.11 b/g/n. Este sistema está basado en las prestaciones del sistema operativo RouterOS, mediante un servidor hotspot, el mismo que permite ejecutar administración centralizada y personalizada, para la asignación de recursos como: usuario, contraseña, ancho de banda y tiempo de conexión, según el tipo de usuario. También, se hace uso de un portal cautivo personalizado, que brinda la interface de visual y de acceso a todos los usuarios que requieren acceder desde la red local hacia la red pública. Finalmente, se implementa políticas de QoS estático, que permiten brindar prioridades y control de ancho de banda según el tipo de servicio requerido desde los usuarios dentro de la red interna. Permitiendo de esta manera, solucionar el problema de congestión en el acceso a internet, que tenía la FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS (FICA). Objetivo: Implementar un sistema de gestión Wi-Fi centralizado, en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, mediante RouterOS, para mejorar la calidad de servicio a nivel de usuarios finales. Método: Diseño de red en base a criterios de diseño para un óptimo funcionamiento y un eficaz de los recursos y dispositivos utilizados en la construcción de la red centralizada Wifi Resultados: De acuerdo a lo mencionado se contruyó la red centralizada WiFi en el edificio FICA y se satisface el objetivo propuesto en base a pruebas de aceptación por parte de los usuarios. Conclusiones: El diseño de red de acceso inalámbrica fue la parte más importante en el funcionamiento de todo el sistema implementado. Porque se logró establecer las políticas para cada punto de acceso y esto finalmente determinó el rendimiento y disponibilidad de la red Wi-Fi en su totalidad.

Palabras Claves — Ubiquiti, D-Link, Routerboard, WiFi, CAPsMAN, Hotspot, Mikrotik, Unifi.

Abstract — This project detailed the implementation of a system of network centralized Wi-Fi, using star topology and based on RouterOS, in the indoors of the FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS (FICA), in the city Ibarra, Imbabura province, this network allow access to websites and Internet contents to students, teachers, administrators, authorities and guests, through mobile devices as: laptops, mobile phones and computers with wireless interfaces IEEE 802.11 b / g / n. This system is based on the performance of the RouterOS operating system, through the hotspot server; it allows running a centralized and personal administration, for assignment of resources such as: username, password, and bandwidth and connection time, depending on the type of user. Also, it used a personalized captive portal that provides a visual interface and access to all users, who require access from the local network to the public network. Finally, is implemented policy of static QoS, allowing priorities and bandwidth control depending on the type of service required by users within the internal network.

Allowing thus solve the problem of congestion in access to internet, in the indoors of FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS (FICA). Objective: Implement a management system centralized Wi-Fi, in the Faculty of engineering in applied sciences, using RouterOS, to improve the quality of service at the level of end users. Method: Design of network based on design criteria for optimum performance and an effective resources and devices used in the construction of centralized network Wifi results: according to the above are built centralized WiFi network in the building FICA and fulfills the objective proposed based on evidence of acceptance by the users. Conclusions: The wireless access network design was the most important part in the functioning of all the implemented system. Because it succeeded in establishing policies for each access point and this finally determined the performance and availability of the Wi-Fi network in its entirety.

Keywords — Ubiquiti, D-Link, Routerboard, WiFi, CAPsMAN, Hotspot, Mikrotik, Unifi.

I. INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA), es una institución educativa de nivel superior, perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, ubicada en la ciudad de Ibarra, la misma que hoy en día con el avance tecnológico se ha convertido en una facultad pionera en la formación del estudiante universitario.

En el desarrollo de las actividades académicas y con la creciente demanda de acceso inalámbrico a redes Wi-Fi, y específicamente por las facilidades que este tipo de redes prestan en campus universitarios, se presenta el inconveniente de saturación de conexiones en la red, que puede darse en: la red acceso, la red de transporte, la red core, en salida pública o en todas las anteriores.

Según datos obtenidos del departamento de sistemas de la UTN, la red Wi-Fi implementada dentro de la FICA cuenta con 300 usuarios aproximadamente, que se conectan de manera simultánea, por lo que la tecnología implementada actualmente no abastese todo el tráfico de peticiones de acceso a internet, provocando esto una baja calidad de servicio en el usuario final.

En vista de esta problemática se plantea la implementación de un sistema de gestión de red centralizada, el mismo que me permita ejecutar una mejor administración centralizada de usuarios, pero descentralizando la red de acceso Wi-Fi, en las: aulas, pasillos y oficinas, para poder de esta manera ejecutar un mejor sistema de gestión Wi-Fi, y poder brindar mejor calidad de servicio a nivel de usuarios finales.

- *Tecnologías inalámbricas*

Las redes inalámbricas permiten que los dispositivos remotos se conecten sin dificultad, ya sea que se encuentren a unos metros de distancia o a varios kilómetros. La instalación de estas redes no requiere de ningún cambio significativo en la infraestructura existente a diferencia de las redes cableadas, en donde hay necesidad de agujerear las paredes para pasar cables. Esto ha hecho que el uso de esta tecnología se extienda con rapidez [1].

La figura anterior muestra las diferentes tecnologías inalámbricas, que según el área geográfica de cobertura se las puede clasificar en:

- **Redes WPAN**

Las redes WPAN por sus siglas en inglés Wireless Personal Area Network, son redes inalámbricas de área personal y de corto alcance que abarcan un área de algunas decenas de metros.

- **Redes WMAN**

Son redes inalámbricas de área metropolitana, también conocidas como bucle local inalámbrico y ofrecen una velocidad total efectiva de 1 a 10 Mbps con un alcance de 4 a 10 kilómetros.

- **Redes WWAN**

Son redes inalámbricas de área extensa tienen el alcance más amplio de todas las redes inalámbricas [3]. Básicamente difiere de una **WLAN** en que utiliza tecnologías de red celular para comunicaciones móviles como:

GSM (Global System for Mobile Communication)

GPRS (General Packet Radio Service)

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

- **Redes WLAN**

Es un sistema de comunicación inalámbrica flexible que tiene similar cobertura que una red LAN

- *Redes Wi-Fi*

En los inicios, las redes inalámbricas no se encontraban estandarizadas por ningún estándar. El principal problema que existía hasta entonces era la falta de compatibilidad entre distintos fabricantes, pues aun cumpliendo todos ellos la

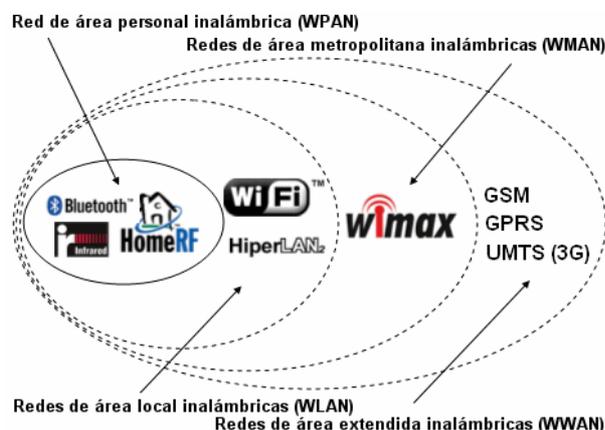


Figura 1. Tecnologías de redes inalámbricas

Fuente: [2]

norma 802.11¹, dicha norma dejaba abierta a la interpretación de suficientes puntos como que los sistemas de distintos fabricantes no trabajaran entre sí. Así pues, se crea la Wi-Fi Alliance, permitiendo homogeneizar productos y hacer posible que se asentaran en el mercado de consumo, hasta el punto de que hoy en día las redes inalámbricas se conocen popularmente como redes Wi-Fi en referencia a este organismo.

En el estándar original también se define el protocolo de acceso múltiple por detección de portadora sin colisiones, CSMA/CA² (carrier sense multiple access with collision avoidance).

Wi-Fi o WiFi es una tecnología que permite que los dispositivos electrónicos que se conectan a una red LAN inalámbrica (WLAN), usando principalmente las bandas de radio ISM³ de 2.4 GHz (12 cm) y de 5 GHz (6 cm). El acceso a una red Wi-Fi es generalmente protegido por contraseña, pero puede ser abierto, lo que permite que cualquier dispositivo dentro de su rango para acceder a los recursos de dicha red.

La Wi-Fi Alliance posee y controla el logotipo "Wi-Fi Certified", como una marca registrada, lo cual se permiten sólo los equipos que hayan superado la prueba. Los consumidores que dependen de esta marca tendrán mayores posibilidades de interoperabilidad con otras marcas. Las pruebas no sólo involucran a los protocolos de radio y formatos de interoperabilidad datos, sino también seguridad, así como la prueba opcional para la calidad de los protocolos de servicio y administración de energía. Un enfoque en la experiencia del usuario ha dado forma al enfoque general del programa de certificación de Wi-Fi Alliance. Los productos certificados por Wi-Fi tienen que demostrar que tienen un buen desempeño con otros productos certificados, en la ejecución de aplicaciones comunes [3].

- *Situación tecnológica actual*

La figura 2 muestra la topología física de cómo se encuentra estructurada la red FICA WiFi antes de la aplicación del proyecto.

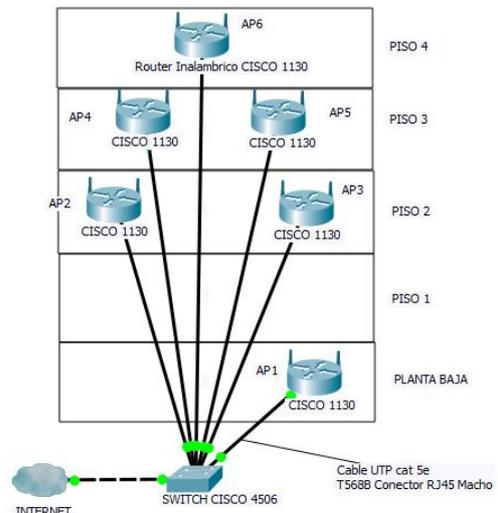


Figura 2. Topología física de la red existente en la FICA
Fuente: Propia

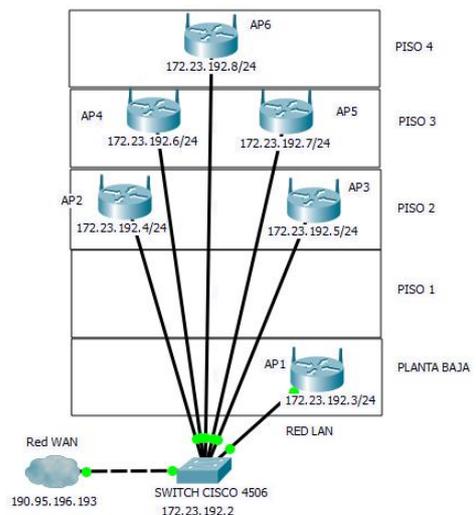


Figura 3. Topología lógica de la red existente en la FICA
Fuente: Propia

- *Justificación de pruebas a la red existente*

De las pruebas se obtuvo la información expresada en la anterior tabla y evaluando estos resultados se puede determinar claramente que en un comienzo el ancho de banda disponible para el usuario final es mínimo y al mismo tiempo es variable, siendo tan deficiente que no era posible realizar el envío de mensajes de texto y tampoco se disponía de acceso a contenidos en tiempo real; además, la latencia alta indica

¹ 802.11. Define el uso de los dos niveles inferiores del modelo OSI, capa física y capa de enlace de datos.

² CSMA/CD. Acceso Múltiple con escucha de portadora y detección de colisiones, es un protocolo de acceso al medio compartido que evita colisiones.

³ ISM (Industrial, Scientific and Medical). son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica.

que es casi imposible el acceso a contenidos externos, como sitios web, o servidores remotos de interés para los usuarios.

Tabla 1. Prueba de velocidad con herramientas web

Herramienta/Detalle	Descarga	Carga	Latencia
SPEDOF.ME	340 kbps	30 kbps	1315 ms
AEPROVI	1.19 Mbps	0.21 Mbps	1256 ms

Fuente: Propia

II. MÉTODO (CRITERIOS DE DISEÑO)

A. Criterio de selección de canales

La diferencia de la cantidad de espectro si licencia es significativo y para la banda de 2.4GHz se compone por 3 canales "1, 6 y 11" de 20 MHz que no se solapan. En Japón existen 4 canales que no se solapan, pero el uso del canal 14 está restringido para DSSS/CCK⁴ [4].

En la figura 4 se puede observar claramente cómo se encuentra distribuido el espectro de canales.

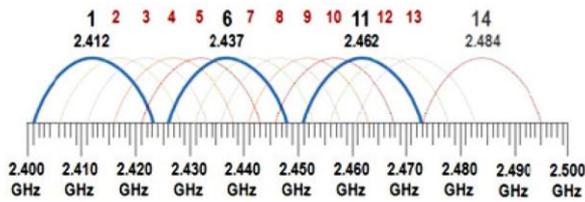


Figura 4. Relación de canales en el espectro de 2.4 GHz

Fuente: [4]

B. Adaptar el diseño a las instalaciones

Para el diseño de la red wifi se debe tener en cuenta el diseño y las características de la infraestructura física donde será instalado el servicio, los materiales utilizados para la construcción pueden llegar a tener un fuerte impacto en la atenuación de la intensidad de señal, en algunos casos es necesario utilizar varios APs en las zonas de mayor interferencia [4].

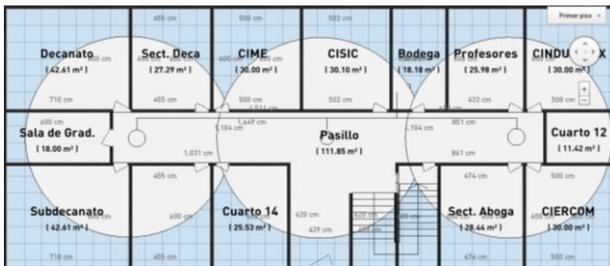


Figura 5. Diseño de rangos de cobertura

Fuente: Propia

C. Capacidad adecuada

“Al realizar un diseño con una cobertura básica dentro del área de cobertura, puede satisfacer las necesidades del usuario, pero puede generar una capacidad reducida de usuarios, pero existen ciertas diferencias entre las capacidades de las redes wifi y crear un diseño de cobertura orientado a satisfacer las necesidades de rendimiento puede resumirse bajo los siguientes métodos:

- Reducción de la interferencia entre canales vecinos.
- Maximización de la capacidad espectral a través del uso de diferentes frecuencias.
- Optimizar el ancho de banda para mejorar el uso de la capacidad espectral disponible.
- Equilibrar el número de clientes por cada AP.
- Realizar un diseño en base a la calidad del servicio.” [4].

Fórmula para calcular los puntos de acceso necesarios por cada piso

$$\#AP = \frac{\text{Anchodebanda} \times N^{\circ}\text{Usuarios} \times \% \text{Uso}}{\text{VelocidadProgramada}}$$

Donde:

Ancho de banda deseado para cada usuario: 1Mbps

Número de usuarios: 75

Uso promedio de la red: 25%

Velocidad estimada por AP: 6Mbps

$$3,125 = \frac{1 \text{ Mbps} \times 75 \text{ Usuarios} \times 0.25}{6}$$

Ecuación 1. Cálculo de puntos de acceso necesarios
Fuente: Propia

D. Roaming WiFi (Movilidad)

En los puntos de acceso inalámbricos aproximadamente se dispone de 100 metros de cobertura, pero varía entre modelos y marcas de fabricantes de los dispositivos. Lo que interesa es permitir la (intinerancia o roaming) movilidad de los usuarios, colocando los puntos de acceso de tal forma que exista una superposición entre el perímetro de cobertura.

Se puede observar en la siguiente figura el solapamiento indicado por la marca de color rojo y la flecha verde el sentido

⁴ DSSS/CCK. Direct Sequence Spread-Spectrum Complementary Code Keying (Codificación de código complementario de espectro de dispersión de secuencia directa)

de desplazamiento del usuario que pasa de recibir la señal A hacia la señal B [5].

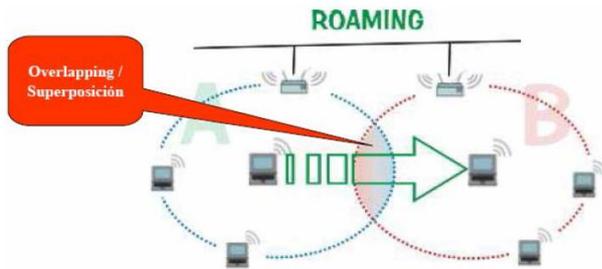


Figura 6. Roaming
Fuente: [5]

E. Implementación del sistema de gestión Wi-Fi

Para la implementación se rediseñó las topologías para la nueva red del edificio FICA.

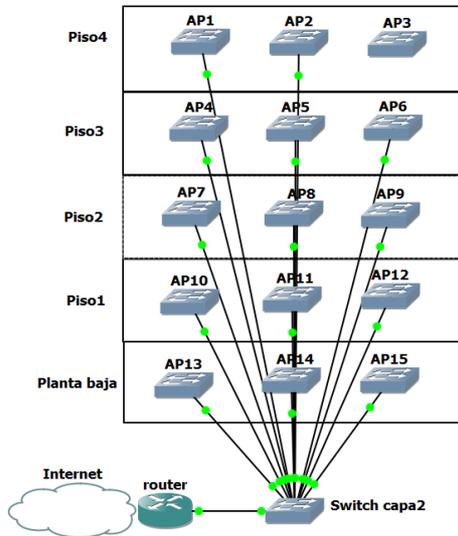


Figura 7. Topología física para la nueva red FICA
Fuente: Propia

En la figura 7 se muestra la topología física para la nueva red y se visualiza el diagrama final de conexiones que tendría la red Wi-Fi desde una vista frontal del edificio de la Facultad.

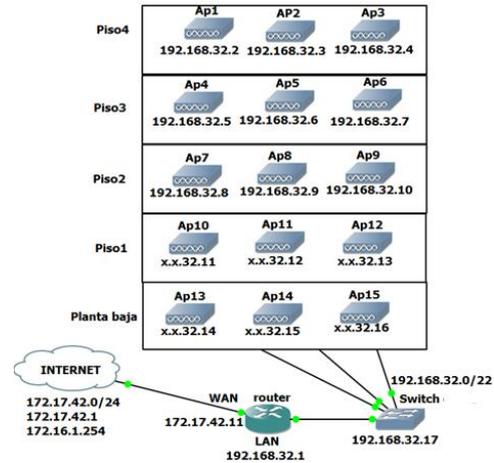


Figura 8. Topología lógica para la nueva red FICA
Fuente: Propia

La figura 8 proporciona información más detallada sobre el direccionamiento de la nueva red mediante la topología lógica.

F. Distribución de frecuencias de la nueva red WiFi

Es necesario abordar el tema de solapamiento por piso, se debe considerar también que la implantación del edificio es de hormigón, entre pisos la señal podría alcanzar los pisos adyacentes ya sea por refracción o difracción. Para evitar esto se diseña una matriz para que los equipos que se encuentren uno sobre otro entre pisos no tengan solapamiento.

Tabla 2. Distribución de frecuencias para los cAP2n.

PISO	AP1	AP2	AP3
PISO 4	2412 Mhz	2437 Mhz	2462 Mhz
PISO 3	2462 Mhz	2412 Mhz	2437 Mhz
PISO 2	2412 Mhz	2437 Mhz	2462 Mhz
PISO 1	2437 Mhz	2462 Mhz	2412 Mhz
PLANTA BAJA	2412 Mhz	2437 Mhz	2462 Mhz

Fuente: Propia

G. Alternativas de diseño

Para determinar la mejor solución a implementarse en la red Wi-Fi de la FICA, se hace un análisis comparativo de las plataformas **Mikrotik**, **Ubiquiti** y **Dlink**, tomando como referencia las características técnicas. Además, debe indicarse que todas estas alternativas son plataformas propietarias que permiten hacer gestión centralizada de redes Wi-Fi, donde se necesita administrar en tiempo real varios puntos de acceso.

Una vez concluido con el proceso de evaluación de cada tecnología seleccionada se evidencia mediante el sumario de la comparativa que la más adecuada para ser utilizada en la

aplicación del nuevo sistema de gestión Wi-Fi es el Mikrotik Cap2n que satisface las características propuestas en un 83%

Tabla 3. Resumen de resultados a la comparativa de selección

CARACTERÍSTICAS	DAP-2660	Cap2n	Unifi
Rango de frecuencia	2	1	1
Seguridad Inalámbrica	6	8	6
Estándares de red	6	3	3
Velocidades máximas	2	1	1
Indicador	1	1	1
Certificación	5	5	3
Adaptador de corriente y consumo energético	3	7	5
Cobertura	1	3	2
Dimensiones y peso	No aplica	No aplica	No aplica
Suma / 35	26	29	22
Total %	76%	83%	63%

Fuente: Propia

H. Análisis costo beneficio

Se realiza también un análisis comparativo de precios y marcas como puede verse en la tabla siguiente, Dando un valor agregado al análisis comparativo realizado para la selección de la tecnología más adecuada.

Tabla 4. Análisis comparativo de marcas con precios

MODELO	CANTIDAD DE APs	P. UNITARIO	TOTAL
D-link DAP-2660	15	200,00	3000,00
Mikrotik Cap2n	15	70,00	1050,00
Ubiquiti Unifi UAP	15	90,00	1350,00

Fuente: Propia

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- El análisis de las pruebas de aceptación permiten evidenciar que el sistema de gestión Wi-Fi centralizado, en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, ha mejorado su calidad de servicio a nivel de usuarios finales dando satisfacción a los requerimientos planteados.

IV. CONCLUSIONES

- Luego de analizar la situación actual de la FICA se determinó que el sistema de red Wi-Fi que funcionaba previo al desarrollo del presente proyecto y tenía un mal diseño en la interconexión de los puntos de acceso a través de todo el edificio. Debido a que estos eran conectados indistintamente en cualquier punto de red inmediato, a pesar de que la geografía del edificio facilitaba hacer centralización de los APs, en base a una topología de red tipo estrella.

- Se recopiló información del departamento de sistemas y fue de mucha importancia, y gracias a eso se pudo determinar las causas específicas que provocaban la degradación de la red Wi-Fi.
- El diseño de red de acceso inalámbrica fue la parte más importante en el funcionamiento de todo el sistema implementado. Porque se logró establecer las políticas para cada punto de acceso y esto finalmente determinó el rendimiento y disponibilidad de la red Wi-Fi en su totalidad.
- La implementación de la red Wi-Fi tuvo algunas variantes, sobre todo en el cableado estructurado, debido al reubicación del cuarto de equipos que hizo dentro de la FICA.
- La selección de la marca y las prestaciones que brindan los equipos a utilizarse es muy determinante en la solución final implementada. Ya que en nuestro caso. Mikrotik es una marca de costos accesibles, pero con muy altas prestaciones en cuanto a su rendimiento. Además, la administración de estos equipos es muy amigable con el usuario.
- El rendimiento de cada punto de acceso está directamente relacionado a la calidad de las estaciones registradas en el mismo, es decir si un AP tiene varias estaciones registradas con señales de entre -90 y -60 dBm, la estación de menor señal hará que se degrade la calidad de todo el AP, incluyendo las estaciones con mejores parámetros de conexión.
- Se realizó pruebas de aceptación con evaluando las acciones de usuarios reales obteniendo resultados satisfactorios, también se realizó pruebas técnicas a la red para determinar que la calidad del servicio sería la ideal para las pruebas con los usuarios reales.

V. RECOMENDACIONES

- Siempre que se implemente una red mixta como es el caso del presente proyecto realizado, se recomienda certificar el cableado estructurado para evitar la degradación del sistema en algún segmento de red por el uso de cables defectuosos.
- Implementar una base de datos que permita llevar un registro de usuarios, contraseñas y asignación de recursos que funcione paralelo a la red de acceso Wi-Fi implementada para mejorar la administración de usuarios dentro de la red.
- Se recomienda crear zonas Wi-Fi de alta velocidad en donde las características de funcionamiento de la red tanto para el Punto de Acceso como para la Estación son totalmente personalizadas en base a estándares inalámbricos de alto rendimiento como, IEEE 802.11n y IEEE 802.11ac. En esta zona solo serán permitidas estaciones que cumplan con las características técnicas de interoperabilidad con la red de acceso disponible.

- Al estar transmitiendo en banda no licenciada dentro de la Facultad existe muchas redes que provocan interferencia a la red Wi-Fi implementada, por tal razón se recomienda establecer una campaña de control para suprimir todas aquellas redes que no sean necesarias.

VI. REFERENCIAS

- [1] A. S. Tanenbaum y D. J. Wetherall, Redes de computadoras, Quinta ed., México: Pearson, 2011.
- [2] Kioskea, «es.kioskea.net,» Junio 2014. [En línea]. Available: <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>.
- [3] W. Stallings, Data and Computer Communications, Décima ed., Ney Jersey: Pearson, 2014.
- [4] Hometech, «<http://www.hometechcolombia.com>,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.hometechcolombia.com/boletines/PDF/DisenarRedWiFi.pdf>.
- [5] R. López Barnés, *Red basada en acceso inalámbrico (WiFi & WiMAX)*, 2008.
- [6] Routerboard, «routerboard.com,» 2016. [En línea]. Available: <https://routerboard.com/RB1100AHx2>.
- [7] Condor Comunicaciones, «www.condor.com.ni,» 30 Abril 2013. [En línea]. Available: <http://www.condor.com.ni/blog/2013/04/30/unifi-redes-wifi-administrables/>.
- [8] QPCOM, «qpcom.com.co,» 2016. [En línea]. Available: http://qpcom.com.co/Portals/116/QP-1240R_espanol.pdf.
- [9] Richartson Comunicaciones, «www.richartson.com,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.richartson.com/xtrem-ubiquiti.php>.
- [10] Wifi Safe, «www.wifisafe.com,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.wifisafe.com/blog/controles-acceso-wifi-hotspot/>.
- [11] G. Araujo, L. Camacho y J. Vera, Redes inalámbricas para zonas rurales, Lima, 2011.
- [12] E. Ariganello y E. Barrientos Savilla, Redes Cisco, México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2010.
- [13] J. Butler, E. Pietrosevoli, M. Zennaro y C. Fonda, Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>.
- [14] J. A. Meden Peralta, IEEE 802.11ac, Asunción, 2013.
- [15] F. Pugliese, *Introducción a MikroTik*, 2014.