

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ESTUDIO, ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL TRÁFICO DE LAS REDES WIFI EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN”

Elena Esther Armijos de la Vera ⁽¹⁾, Gianella Estefanía Prado Bermúdez ⁽²⁾, Ing. Rayner Durango Espinoza ⁽³⁾

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

elenaarmijos@yahoo.com ⁽¹⁾, gpradobermudez@gmail.com ⁽²⁾, rdurango@espol.edu.ec ⁽³⁾

Julio 2014 – Agosto 2015

Guayaquil - Ecuador

Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo el estudio, análisis y optimización de tráfico de la red WIFI de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC). Para lo cual se recopiló información relevante para el análisis de la red inalámbrica actual que da acceso a estudiantes, personal docente y administrativo a los diferentes servicios que esta ofrece. La tecnología inalámbrica nos ofrece un sin número de soluciones para la optimización de la red y mejorar la experiencia del usuario. Se realizó un estudio donde se estima cubrir todos los problemas que se presentan al acceder a la red inalámbrica. Para la optimización se propone emplear una red en malla en conjunto con dispositivos Cisco como son la Controladora local inalámbrica 2504 y Puntos de acceso series 1570 - 1700, con el fin de proporcionar una comunicación efectiva en la red inalámbrica de la FIEC. El rendimiento de la red mejoraría con respecto a la movilidad del usuario dentro de la red sin sufrir ningún tipo de desconexión, al implementar una red en malla, estimando lograr la cobertura de la facultad al 100%. La controladora se encargará de administrar el tráfico de red, realizando el balanceo de carga entre los puntos de acceso, así también permite realizar el monitoreo, administración, configuración y control de los puntos de acceso agilizando el tiempo de respuesta en caso de que exista caída de comunicación.

Palabras Claves: estudio, análisis, optimización, red inalámbrica, cobertura, Controladora local inalámbrica, red en malla.

Abstract

The present work aims to study, analysis and optimization of network traffic WIFI of the faculty of engineering in electrical and computing (FIEC). Which will collect information relevant to the analysis of the current wireless network which gives access to students, faculty and staff to the different services it offers. Wireless technology offers a number of solutions for the optimization the network and improve the user experience. We conducted a study where is estimated to cover all the problems that arise when accessing the wireless network. For optimization intends to use a network NET in conjunction with Cisco devices such as wireless local controller 2504 and access point 1570 – 1700, in order to provide an effective communication in the wireless network FIEC, The network's performance would improve with respect to the mobility of the user within the network without suffering and kind of disconnection, by implementing a mesh network, estimated to achieve 100% coverage of the faculty. The controller will be responsible for managing network traffic; doing load balancing between access point, and also allows the monitoring, administration, configuration and control of access points speeding up response time should it exist drop communication.

Keywords: study, analysis, optimization, wireless network, coverage, local controller wireless mesh network.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

1. Introducción

La Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación cuenta con el servicio de Red inalámbrica a nivel de facultad, accesible para los estudiantes, personal docente y administrativo, el cual es controlado por medio de un Sistema de Autenticación usando RADIUS. Esta autenticación es ingresada por medio de un browser y es validada por los servidores de la facultad, dando solamente acceso a internet.

Entre las facultades con más usuarios dentro de la ESPOL, uno de los problemas es la saturación en los servicios de la red inalámbrica, es decir, la interferencia para alcanzar el puntos de acceso de Wifi con un retardo al acceder al sitio web de autenticación, se desconecta desde un puntos de acceso hacia otro, creando inconformidad entre los usuarios que son beneficiados por los servicios que ofrece la red inalámbrica.

2. Antecedentes

Las redes inalámbricas se originan en el año 1880, dónde Alexander Graham Bell y Charles Summer Tainter inventaron el fonógrafo, ya que era el primer dispositivo capaz de transmitir sonidos empleando la luz, sin necesidad de un cableado, luego que transcurrió 8 años el físico alemán Rudolf Hertz utilizó ondas de radio para establecer una comunicación basada en red inalámbrica. [1]

En el año 1971 investigadores americanos diseñaron la primera red de área local inalámbrica a la cual llamaron ALOHANET, la cual usaba ondas de radio para comunicar varios ordenadores en diferentes puntos geográficos. [1]

En 1991 AT&T y NCR realizaron el desarrollo de las bases del estándar 802.11 que conlleva las reglas y normativas actualmente conocidas de las redes inalámbricas. En 1997 el estándar es publicado por la IEEE. [1]

En 1999 empresas como la Finlandesa NOKIA en ese entonces líder en telefonía y la empresa americana Symbol Technologies dedicado a brindar soluciones inalámbricas dan nacimiento a WECA una empresa sin fines de lucro, que se orientó al desarrollo de dispositivos electrónicos que sean compatibles con el estándar 802.11 y finalmente en el 2003 se le dio el nombre de Wifi Alliance. [1]

En el año 2000 WECA y la IEEE propone la norma 802.11b, siendo esta una mejora de la 802.11. Lo que permitiría conectar entre sí equipos con un ancho de banda de 2,4 GHz logrando de este modo transferir con una tasa de 11 Mbps. Antes que llegue a ser acogida la norma 802.11, decidió denominar a la marca Wifi dado que sería de fácil recordatorio para los usuarios el nombre comercial y dada la acertada

decisión, unos años más tarde cambian el nombre de la institución como tal a WiFi Alliance. [2].

3. Estudio y Análisis

En el año 2013 se realizaron varios anuncios acerca de los cambios realizados en Red Inalámbrica de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación – FIEC, entre los cuales se puede destacar la implementación de nuevas formas de acceso a la red, implementando un sistema de autenticación basado en WPAEnterprise+RADIUS+LDAP+EAP/TTLS/PAP, con ello se permite el acceso a todo aquel que se le haya otorgado una credencial registrada en la FIEC, con el fin de mejorar el acceso, aumentar la cobertura y disponibilidad de la red. [3]

Resultando aún incomodo el hecho de tener que realizar varias configuraciones para lograr conectarnos a la Red Inalámbrica, aproximadamente en el mes de Julio del 2014, el Departamento de Administración DST-FIEC, realizó un nuevo anuncio indicando las mejoras y beneficios de un nuevo sistema que permitiría realizar la autenticación sin necesidad de alguna configuración previa, es decir mediante un portal cautivo que genera la interfaz entre el usuario y el servidor de autenticación RADIUS, facilitando así el acceso a la red de una manera ágil y sencilla. [4]

3.1 Recolección Datos

La Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC) consta de varios edificios, entre ellos los bloques 15, 15-A, 16-A, 16-C, 24 A y B, los equipos inalámbricos se encuentran distribuidos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1 Lista de Puntos de Acceso Inalámbrico en la FIEC

Edificios	Ubicación	Cantidad	Marca
Edificio 15	Planta Alta	2	ENTERASYS RBT-4102
	Planta Baja	1	CISCO WAP4410N
Edificio 15-A	Planta Baja	1	ENTERASYS RBT-4102
		1	CISCO WAP4410N
		3	CISCO3602i
Edificio 16-C	Planta Alta	2	CISCO WAP4410N
	Planta Baja	2	ENTERASYS RBT-4102
Edificio 16-A	Planta Baja	1	ENTERASYS RBT-4102
Edificio 24 A y B	Planta Alta	2	ENTERASYS RBT-4102

3.2 Entorno geográfico

Geográficamente los edificios de la FIEC están divididos como se muestra a continuación:



Figura 1 Entorno Geográfico FIEC

3.3 Infraestructura de Red Inalámbrica de La FIEC

3.3.1 Infraestructura Física

La Infraestructura Física de la red inalámbrica en conjunto con la red LAN de la FIEC se distribuye en una topología de estrella, en la figura se puede observar el esquema general de la red.

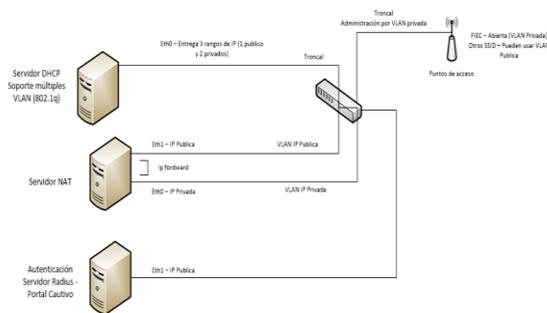


Figura 2 Esquema general de la Red Inalámbrica

3.3.2 Infraestructura Lógica

A continuación se detalla la Infraestructura Lógica:

1. Al conectarse un usuario a la red y solicitar una página web, este es re-direccionado hacia la página web del Portal cautivo, a fin de que ingrese sus credenciales y estas sean validadas a través del servidor de Autenticación RADIUS.

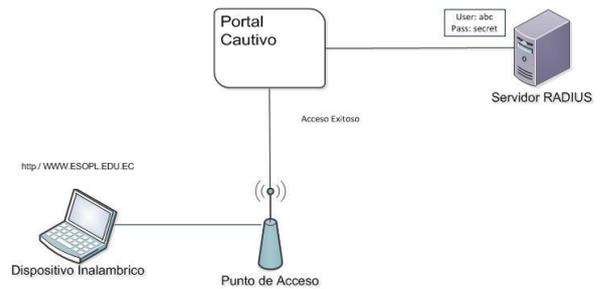


Figura 1 Esquema Lógico de Autenticación

2. Luego de la autenticación, se asigna una dirección IP privada para que tenga acceso a la red local.

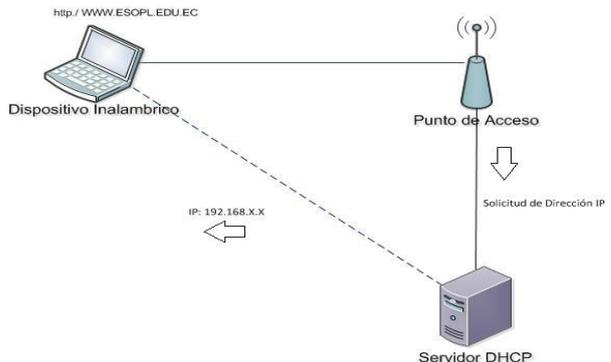


Figura 4 Esquema Lógico de Asignación de Dirección IP

3. Para que el usuario tenga acceso a Internet, es necesario de una IP pública que le será asignada de forma transparente mediante el Servidor NAT.

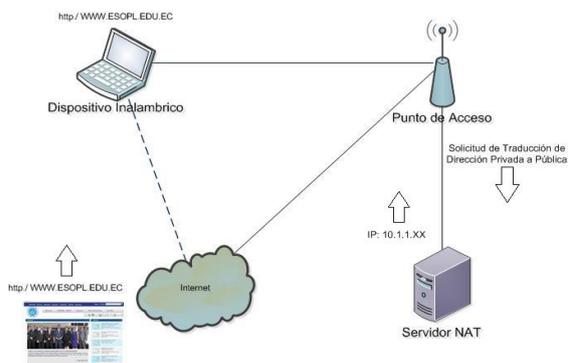


Figura 5 Esquema lógico de Acceso a Internet

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

3.4 Análisis de Tráfico y Rendimiento de la Red Actual

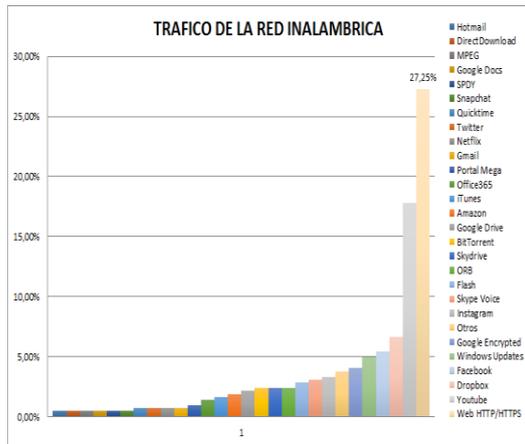


Figura 2 Tráfico de Red Inalámbrica FIEC

Los datos mostrados en la figura 6, fueron adquiridos a través de la Gerencia Tecnológica de Información, nos fue proporcionado una lista de las conexiones establecidas desde la red inalámbrica de la FIEC hacia Internet, 422 registros fueron analizados, con los cuales se obtiene que el mayor volumen de tráfico es WEB con 27,25%, seguido de YouTube con 17,77%, Dropbox con 6,64%, Facebook con 5,45%.

En la tabla se muestra el número de conexiones establecidas desde todos los puntos de acceso ubicados en la FIEC hacia Internet, de los cuales se detallan los días que se realizaron dichas conexiones.

Tabla 1 Conexiones establecidas

Fecha	Número de conexiones establecidas
01-agosto-14	39
1 de septiembre de 2014	29
1 de octubre de 2014	36
1 de noviembre de 2014	28
1 de diciembre de 2014	41
1 de enero de 2015	36
1 de febrero de 2015	211

Para el siguiente análisis se tomaron 10 registros de forma aleatoria, con los mismos que se realiza el muestreo de las conexiones realizadas hacia YouTube, Páginas Web, Facebook, Dropbox, con que logramos promediar el RTT, DELAY y JITTER medidos en milisegundos:

Tabla 2 Promedio Tráfico

APLICACIONES	PROMEDIO RTT	PROMEDIO DELAY	PROMEDIO JITTER
YOUTUBE	53,1	2153	25,5
FACEBOOK	150,2	639,3	913
DROPBOX	155,2	2747	4,1
WEB	105,67	23466,78	0,78

3.5 Análisis y Monitoreo de la Señal De Radio de la Red Inalámbrica

Para realizar las mediciones de la señal de la red inalámbrica se utilizó InSSIDer Home, en su versión 3.1.2.1. Con inSSIDer escaneamos las redes inalámbricas que estaban a nuestro alcance, haciendo uso del adaptador inalámbrico de una laptop. Este software libre es bastante rápido, muy fácil de usar.

En la siguiente tabla mostramos el Promedio de la señal de recepción de cada de los puntos de acceso habilitados en la FIEC, se midió a línea base las distancias aproximadas a 5m, 10m y 15m.

Tabla 3 Promedio Recepción Señal

UBICACIÓN	PUNTOS DE ACCESO	SEÑAL RECEPCIÓN PROMEDIO A 5M	SEÑAL RECEPCIÓN PROMEDIO A 10M	SEÑAL RECEPCIÓN PROMEDIO A 15M
EDIFICIO 15-A	AREA A	-47 dBm	-52 dBm	-60 dBm
	AREA B	-47 dBm	-54 dBm	-67 dBm
	AREA C	-46 dBm	-54 dBm	-61 dBm
	AUDITORIO	-51 dBm	-58 dBm	-62 dBm
	SALON DE EVENTOS	-55 dBm	-63 dBm	-74 dBm
EDIFICIO 16-C	LABORATORIOS	-55 dBm	-68 dBm	-78 dBm
	SALA DE ASISTENTES	-49 dBm	-58 dBm	-74 dBm
EDIFICIO 24 A Y B	OFICINA DE PROFESORES	-50 dBm	-59 dBm	-65 dBm
	AULA PREEL	-54 dBm	-60 dBm	-66 dBm
EDIFICIO 15	OFICINA DE PROFESORES	-49 dBm	-56 dBm	-66 dBm
	CUARTO RACK	-58 dBm	-73 dBm	-82 dBm
	BAR FIEC	-52 dBm	-65 dBm	-71 dBm

A continuación podemos observar en la siguiente figura las variaciones de intensidad en la señal entre -60dBm hasta -90dBm dentro de la Planta Baja del Edificio 15-A.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



Figura 7 Gráfico de emisión de señales de los puntos de acceso del Bloque 15 A

SSID	SIGNAL	CHANNEL	MAX RATE
FIEC-WIFI		-60 7	216
FIEC		-60 4	216
FIEC		-61 7	216
FIEC-WIFI		-65 4	216
FIEC		-80 8	216
FIEC-WIFI		-81 8	216
FIEC-CONSEJO		-85 6	300
FIEC-EVENTOS		-87 6	54
FIEC		-87 6	54
FIEC-Eventos		-89 1	54

Figura 8 Intensidad de Señal Bloque 15 A

Conforme a las mediciones realizadas, graficamos en el mapa de la FIEC, para lugares donde se recibe buena señal en color azul, verde donde es regular debido a la interferencia (ruido, atenuación, difracción), rojo en donde la señal es irregular e inexistente.

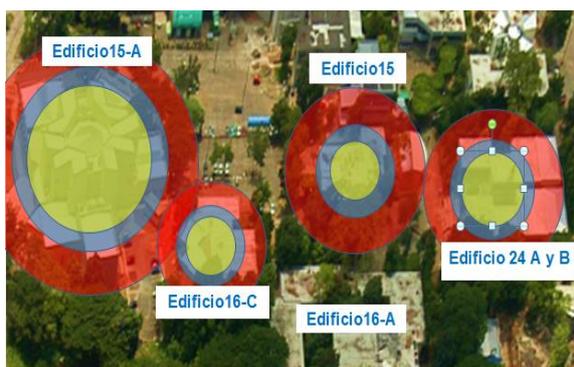


Figura 9 Emisión de Señales dentro de la FIEC

3.6 Beneficios de la Topología Mesh

Las redes Mesh o Malla son un conjunto de puntos de acceso interconectados mediante enlaces inalámbricos, se pueden configurar mediante

algoritmos de optimización de enrutamiento o dinámicamente. De tal forma que la ruta establecida será la más óptima para el envío y recepción de tráfico. Su objetivo más importante es mejorar y ampliar la cobertura de las redes inalámbricas. También permite que dispositivos que están fuera del rango de cobertura de los puntos de acceso puedan unirse a la red a través de otros nodos que sí lo estén.

Mencionaremos algunos de los beneficios fundamentales de la Topología Mesh o Malla.

- Mitigación de la interferencia: al encontrarse todos los nodos configurados para verse todos contra todos, el paquete viaja por la mejor ruta establecida evitando los enlaces con mayor interferencia de señal en la red.
- Facilidad de crecimiento y de mantenimiento: si se desea incluir otro punto de acceso en la red, se puede añadir fácilmente con el equipo existente, sin necesidad de cableado adicional.
- Red robusta y adaptable: sin un nodo o enlace falla, no inhabilita toda la red además esta se adapta de forma rápida y transparente a los cambios dados.
- Integración: todos los nodos que se encuentran en la red se integran entre sí.
- Auto-organización y auto-configuración: mediante el algoritmo de enrutamiento los nodos se organizan y configuran estableciendo la mejor ruta para llegar a los demás nodos.
- Menor coste: se reducen los costes de cableado, resulta más económico que las redes por cable.
- Facilidad de instalación: más rápida y económica.

4 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1 Herramientas de Optimización

La finalidad de este proyecto es proponer una Red en malla unificada, en base al estudio realizado hemos optado proponer una solución con equipos inalámbricos Cisco, la ampliación de la cobertura del Wifi mediante la controladora WLC Cisco 2504 y los puntos de acceso internos serie 1700 y externos serie 1570.

Ampliación de la cobertura inalámbrica.- se proporcionará conectividad de red para clientes inalámbricos ubicados en las zonas alejadas donde existan interferencias y pérdidas de señal.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Fácil configuración de equipos.- Los puntos de acceso series 1700 y 1570 a utilizarse serán configurados y administrados mediante la WLC 2504, lo que nos permitirá mantener el control constante de nuestra red inalámbrica.

Solución inmediata.- debido al empleo del WLC 2504 podremos agilizar una solución inmediata si se llegase a presentar la pérdida de comunicación entre los puntos de acceso, distribuyendo funciones y tráfico al punto de acceso más cercano, balanceando la carga en la red.

4.2 Diseño de Hardware

WLC Cisco 2504 nos proporciona una solución unificada y escalable diseñado para tecnologías 802.11n y 802.11ac en pequeñas y medianas empresas. Especializado en la comunicación entre los puntos de acceso que conformen la red inalámbrica.

Esta controladora proporciona políticas de seguridad centralizadas, sistema de prevención de intrusiones inalámbricas (WIPS), gestión RF, y calidad de servicio (QoS) para voz y video. Ofreciendo en todo momento escalabilidad, soporta visibilidad y control de aplicaciones (AVC), la tecnología que incluye se basa en la red de reconocimiento de aplicaciones 2 (NBAR-2), hace la inspección profunda de paquetes (DPI) para clasificar las aplicaciones y brindar en calidad de servicio (QoS) en el momento que se empiece a generar tráfico, priorizando de esta manera las aplicaciones críticas para el negocio en la red. Permite los perfiles de dispositivos inalámbricos y ejecución de políticas, como la asignación de VLAN, QoS, ACL.



Figura 3 Cisco WLC 2504

Puntos de Acceso Cisco Serie 1700 y 1570.- Para la red en malla de FIEC se emplearán los puntos de acceso Cisco serie 1700 - 1570, los mismos que serán ubicados y establecidos en puntos estratégicos de acuerdo a parámetros de propagación y de ésta manera cubrir en su totalidad el área de la facultad. Dado que algunos puntos de acceso no contarán con línea de vista, emplearemos la controladora para evitar pérdidas de comunicación y brindar una mejor comunicación entre equipos y evitar pérdida de cobertura brindando apoyo a la solución de red en malla.



Figura 4 Punto de Acceso 1700



Figura 5 Punto de Acceso CISCO Serie 1570

4.3 Diagrama de Red

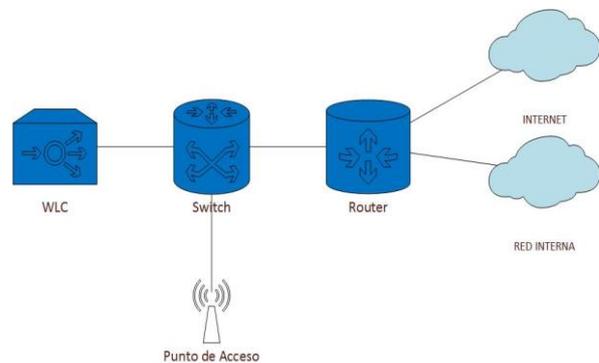


Figura 6 Diagrama Puntos de Acceso

Según la figura 13 el diagrama de red que se propone tiene la siguiente estructura: los puntos de acceso se encontraran conectados a un conmutador central y este a su vez estará conectado a la controladora, mediante el cual, se propone establecer la red en malla. Los puntos de acceso deben tener una distancia de 600 pies, es decir, será de un máximo de 180 metros aproximadamente entre cada uno, basándonos en las especificaciones técnicas de los equipos para condiciones externas, ideal para el área geográfica que mantiene la FIEC.

4.4 Diseño Lógico

La controladora y los puntos de acceso, podrán permanecer en la misma o diferente subred. Si el punto de acceso se encuentra en otra subred se comunica con la controladora utilizando paquetes IP estándar.

En el conmutador central de la FIEC se debe configurar un puerto troncal para la comunicación con la controladora, y también los puntos de acceso deben estar conectados al conmutador.

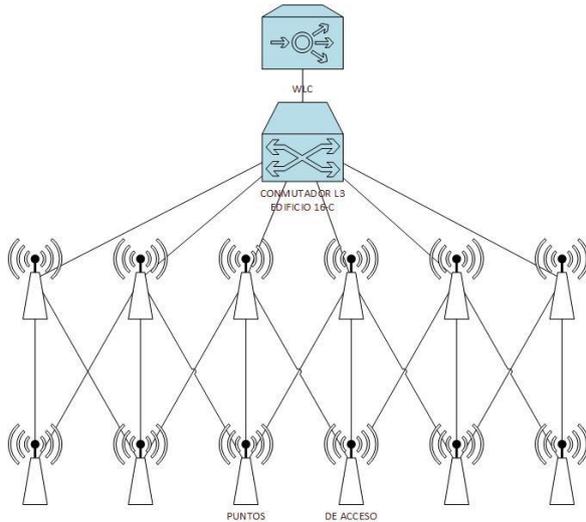


Figura 14 Diseño Lógico Propuesto

4.5 Planteamiento del Nuevo Diseño de Red.

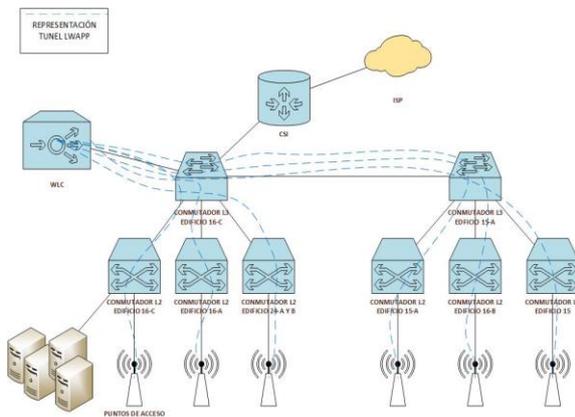


Figura 15 Planteamiento del nuevo Diseño de Red

En el nuevo diseño se plantea agregar la controladora en el Edificio 16-C, de forma centralizada, los puntos acceso establecerán un túnel de comunicación usando el protocolo LWAPP a través del cual se comunicaran con la controladora con la finalidad que este realice las funciones relevantes de administración y control.

Las decisiones acerca de la información enviada por los usuarios serán tomadas únicamente por la controladora, estará encargada de establecer la comunicación de red en malla de todos los puntos de acceso de la red inalámbrica de la FIEC.

Actualmente la implementación de la red en malla ha sido una solución objetiva en los campos universitarios de diversos países, dado a la demanda de conexiones de los docentes, estudiantes y personal administrativo que lo conforman, logrando cubrir el tema de la calidad de servicio de una manera efectiva.

4.6 Análisis de Tráfico y Rendimiento

El rendimiento de la red, mejorara con respecto a la movilidad que tendrá el usuario, al implementar una red en malla y logrando la cobertura de la facultad al 100%, los usuarios podrán moverse dentro de la misma sin sufrir ningún tipo de desconexión.

La controladora se encargara de administrar el tráfico de red, realizando el balanceo de carga entre los puntos de acceso, mejorando así también el rendimiento de la misma.

Mediante la interfaz de administración que incluye la controladora se podrá monitorear, configurar, controlar, administrar la red inalámbrica de forma fácil y sencilla.

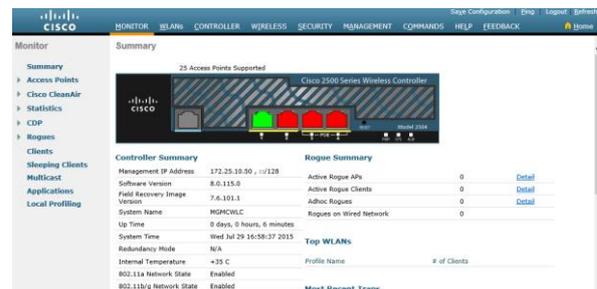


Figura 16 Interfaz de Administración WLC

5 SOLUCIÓN PROPUESTA

Para la solución brindada, diferentes equipos que permiten la conectividad Wifi de FIEC:

Los puntos de acceso se conectarán a los conmutadores en cada edificio.

La configuración de los puntos de acceso se realiza mediante el ingreso a través de la controladora, el que nos permite configurar los parámetros correspondientes entre los cuales podemos destacar la IP estática.

La controladora se conectará al conmutador mediante el puerto troncal.

Cada uno de los elementos tendrá comunicación permanente, los puntos de acceso tendrán comunicación todos contra todos, de ésta forma se evita la pérdida de señal.

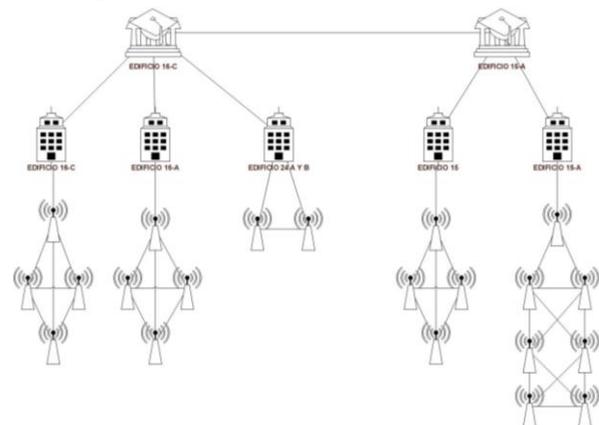


Figura 17 Diagrama Red Wifi Optimizado

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

El diseño planteado se propone la topología en malla a través de la controladora WLC 2504 que nos proporcionará seguridad de que no existirá saturación de ancho de banda en los equipos, de éste modo si uno de los puntos de acceso llegase a sufrir alguna caída, la red distribuirá el tráfico del mismo hacia los demás equipos evitando que haya pérdida de comunicación.

6 CONCLUSIONES

1. La red Wireless en malla se ha convertido en una solución óptima en diversas ciudades y universidades, logrando satisfacer las necesidades y requerimientos solicitados, es una red de alto alcance que brinda robustez, flexibilidad y confiabilidad, contando con redundancia e interconectividad entre los puntos de acceso.
2. Para plantear la solución propuesta se estableció una distancia máxima entre puntos de acceso no mayor a 200 metros, de acuerdo a las especificaciones técnicas y bondades de los equipos que participarán en la red.
3. En concordancia al análisis realizado, se propone emplear un total de 20 Puntos de acceso marca Cisco de series 1700 y 1570 siendo administrados mediante la controladora, permitiendo gestionar la red inalámbrica de forma precisa y oportuna.
4. El principal objetivo es ofrecer el excelente rendimiento de la red, para evitar congestiones y desconexiones de los usuarios finales.
5. Se plantea aumentar la cobertura de la red inalámbrica de la FIEC con nuevos puntos de acceso que trabajen con una topología en malla.

7 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda establecer el uso de interfaz de administración que ofrece la controladora WLC 2504 para el monitoreo, administración, configuración y control de puntos de acceso logrando agilizar el tiempo de respuesta en caso de que exista caída de comunicación.
2. Se recomienda se realicen actualizaciones de forma periódica, con lo cual aseguraremos el correcto funcionamiento y aprovechamiento de los equipos.
3. De presentarse el caso, de apertura de nuevas áreas, edificios y demás consideraciones de FIEC, se agreguen nuevos puntos de acceso y sean configurados y administrados al igual que los demás por medio de la controladora, tomando las consideraciones de no ubicarlo a más de 200 metros de los equipos ya propuestos.

4. Si se desea evitar la saturación y tráfico en la red, dado a la cantidad de usuarios entre los cuales se encuentran estudiantes y docentes se recomienda usar un ancho de banda igual o mayor a 2Mbps.

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Galeon, Historia de las Redes inalámbricas, <http://redesinl.galeon.com/aficiones1339222.html>, fecha de consulta Junio 2 de 2015.
- [2] Blogspot Tecnología WiFi, <http://origendelatecnologiawifi.blogspot.com/>
- [3] DST-FIEC, Nueva forma de Acceder a Red Wireless en FIEC, (FIEC-WIFI) ,<https://www.fiec.espol.edu.ec/index.php/Comunidad/com-nueva-forma-acceso-red-wireless-fiec-fiecwifi-25-feb-2013-25-02-2013.html>, fecha de publicación Febrero 25 de 2013.
- [4] DST-FIEC, Mejora en autenticación inalámbrica de la FIEC, soporte EduRoam, <https://www.fiec.espol.edu.ec/index.php/Comunidad/com-mejora-autenticacion-inalambrica-fiec-eduroam-23-07-2013.html>, fecha de publicación Julio 23 de 2013.