

**DISEÑO DE SISTEMA DE COMUNICACIONES INALAMBRICO BAJO EL  
ESTANDAR 802.11 PARA LA SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL DE  
CARTAGENA DE INDIAS**

**JORGE LUIS CASTILLA TEHERAN**

**RONYE HERNANDEZ MURILLO**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**DIRECCION DE PROGRAMAS DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA**

**CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C**

**2010**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE COMUNICACIONES  
INALAMBRICO BAJO EL ESTANDAR 802.11 PARA LA SECRETARIA DE  
EDUCACION DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS**

**Monografía presentada como requisito para optar el título de Especialista en  
Telecomunicaciones**

**Director**

**Gonzalo López**

**Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**DIRECCION DE PROGRAMAS DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA**

**CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C**

**2010**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

Cartagena de Indias D.T. y C, Enero 19 de 2010

Señores

**COMITÉ DE REVISION DE MONOGRAFIAS**

Facultad de Ingenierías

**Universidad Tecnológica de Bolívar**

Ciudad.

Apreciados señores:

Nos dirigimos a ustedes con el cometido de presentarles el informe final de nuestra monografía titulada **“DISEÑO DE SISTEMA DE COMUNICACIONES INALAMBRICO BAJO EL ESTANDAR 802.11 PARA LA SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS”**, como requisito esencial para obtener el título de especialista en telecomunicaciones, de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

La presente monografía ha sido desarrollada acorde a los lineamientos y objetivos establecidos, por lo que los autores consideran es meritorio para ser presentado para su evaluación.

Cordialmente,

**Jorge Castilla Teheran**  
**CC. No 7.917.810 de Cartagena**

**Ronye Hernandez Murillo**  
**CC. No 8.851.876 de Cartagena**

Cartagena de indias D.T. y C, Enero 19 de 2010

Señores

**COMITÉ DE REVISION DE MONOGRAFIAS**

Facultad de Ingenierías

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

Ciudad.

Apreciados señores:

Por medio de la presente me permito comunicarles que la monografía titulada **“DISEÑO DE SISTEMA DE COMUNICACIONES INALAMBRICO BAJO EL ESTANDAR 802.11 PARA LA SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS”**, ha sido desarrollada acorde a los lineamientos y objetivos establecidos, por lo que como director la monografía considero meritorio para ser presentado para su evaluación.

Atentamente

---

**GONZALO LOPEZ**

**Ingeniero Electrónico**

## **AUTORIZACION**

Cartagena de indias D.T. y C, Enero 19 de 2010

**JORGE CASTILLA TEHERAN**, identificado Don CC No 7.917.810 de Cartagena, autorizo a la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR** hacer uso de mi proyecto de grado, así como también publicarlo en el catalogo ON LINE de la Biblioteca.

**JORGE LUIS CASTILLA TEHERAN**

**CC. No 7.917.810 de Cartagena**

## **AUTORIZACION**

Cartagena de indias D.T. y C, Enero 19 de 2010

**RONYE HERNANDEZ MURILLO**, identificado Don CC No 8.851.876 de Cartagena, autorizo a la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR** hacer uso de mi proyecto de grado, así como también publicarlo en el catalogo ON LINE de la Biblioteca.

**RONYE HERNANDEZ MURILLO**

**CC. No 8.851.876 de Cartagena**

## **ARTICULO 105**

La Universidad Tecnológica de Bolívar, se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados, y no pueden ser explotados comercialmente sin autorización.



## **DEDICATORIA**

Este logro no es un logro individual, sino un triunfo que comparto y debo a todas las personas que me apoyaron y que siempre han creído en mí.

Dedico este trabajo a mi hermana Marcela Carolina Iturriago Hernández que ahora hace parte de la conciencia cósmica, a Nita por regalarme siempre su sonrisa y su capacidad de servicio, a Mayerly Hernández Murillo por ser mi soporte, una madre, una amiga, un pilar, a Marcelis Hernández Murillo por todo que hace y me demuestra con su amor hacia mí, a Magnoly Hernández Murillo por nuestra convergencia espiritual y por ser un maestra para mi, a Carlos Rodríguez por ser un padre, mi modelo a seguir, a él Filósofo y Arquitecto José Carlos Rodríguez Hernández mi gran amigo, a Paola Serna Tobias porque siempre creyó en mi cuando yo perdía la fe en este proyecto, nunca me dejo desfallecer y finalmente a mi madre Martha Hernández Murillo por ser siempre un apoyo para mí.

**RONYE HERNANDEZ MURILLO**

## **DEDICATORIA**

Agradezco este triunfo a Dios por otorgarme fortaleza, sabiduría y paciencia dentro de mi formación profesional, dedico este logro a mi familia por brindarme su apoyo incondicional, a mi esposa Susana por todo su amor, por su comprensión, por lo que es y todo lo que representa para mí, a mi hijo Diego Alejandro que se ha convertido en la motivación más fuerte dentro de mi vida y a el Ingeniero Gonzalo López, por su constante apoyo en la elaboración de la presente monografía.

**GRACIAS TOTALES!!**

**JORGE LUIS CASTILLA TEHERAN**

## CONTENIDO

INTRODUCCION .....	13
<b>1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
1.2.1 GENERAL .....	17
1.2.2 ESPECÍFICOS.....	17
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	18
<b>2. ANALISIS DE LA RED ACTUAL DE LA SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL.....</b>	<b>19</b>
<b>3. ANÁLISIS Y ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA RED INALÁMBRICA .....</b>	<b>25</b>
3.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE LA RED.....	25
3.1.1 ANÁLISIS DEL TERRENO DE IMPLEMENTACIÓN.....	25
3.1.2 INTERFERENCIA Y COEXISTENCIA.....	26
3.1.3 NÚMERO DE USUARIOS A SERVIR .....	26
3.2 APLICACIONES QUE VAN A CORRER EN LA WLAN.....	28
3.2.1 DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO .....	28
3.2.1.1 Correo electrónico.....	29
3.2.1.2 Acceso a internet .....	29
3.2.1.3 Video sobre IP.....	29
3.2.1.4 Bases de datos .....	30
3.2.1.5 Otros servicios.....	30
3.2.1.6 Estimación del ancho de banda .....	30
3.3 ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA RED.....	32
<b>4. DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS. ....</b>	<b>33</b>
4.1 COMPONENTES DE LA RED INALÁMBRICA .....	33

4.1.1 Estaciones de trabajo .....	33
4.1.1.1 <i>Estaciones fijas, portátiles y PDAs</i> .....	33
4.1.1.2 Tarjetas inalámbricas .....	34
4.1.1.3 Access Points .....	34
4.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO DE LA RED .....	34
4.2.1 Determinación del número de Puntos de Acceso .....	34
4.2.2 Ubicación de los Puntos de Acceso .....	35
4.2.3 Interferencia co-canal .....	35
4.2.4 <i>Roaming</i> .....	36
4.2.5 <i>Atenuación por obstáculos</i> .....	36
5.2.6 Estimación del número de Puntos de Acceso .....	38
5.3 MODELOS DE PROPAGACION Y UBICACIÓN DE ACCES POINTS EN LA SED DE CARTAGENA.....	40
5.4 ESTRUCTURA DE LA RED INALÁMBRICA DISEÑADA PARA SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL DE CARTAGENA. ....	44
5.5 ESQUEMAS DE SEGURIDAD PARA LA RED INALÁMBRICA DE SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL DE CARTAGENA.....	45
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES .....	50
BIBLIOGRAFIA.....	51

## INTRODUCCION

Se puede decir que las comunicaciones inalámbricas fueron creadas o visionadas por un científico adelantado a su época NIKOLA TESLA, quien vislumbro un mundo sin cables, hoy casi un siglo después de sus invenciones, es una realidad las comunicaciones inalámbricas, actualmente en la entidades educativas, comerciales, privadas, publicas se ha creado un cultura bajo la sociedad del conocimiento y como ciudadano de la era digital tienes que estar altamente informado, y esto es gracias a tecnología como la wifi, nombre por el cual se conoce un familia de estándares de tecnologías denominados 802.11 que han permitido una revolución alrededor de los datos ( correos, multimedios, base de datos, redes sociales).-

El siguiente salto en la vida humana es la vida sin cables, pero primero se da en la industria, empresas y entidades públicas, esta ultimas relegadas por el poco presupuesto que le asignan anualmente, pero la tecnología inalámbrica es una tecnología limpia y económica que puede implementarse de manera rápida y eficiente en cualquier ambiente.-

Cabe destacar que los sitios de trabajo deben adaptarse a los trabajadores móviles los cuales cuenta con dispositivos como agendas digitales celulares, portátiles que cuenta con dispositivo con el estándar 802.11.

El presente trabajo no pretende ser un tratado sobre las comunicaciones inalámbricas mas bien un texto recopilatorio de dicha tecnología orientado a una solución práctica de diseño aplicable en la Secretaria de Educación Distrital, entidad estatal creada para gestión de la educación en la ciudad de Cartagena, para ello se hará un rastreo de la situación actual de la institución a nivel de tecnología de comunicaciones, posteriormente se realiza una revisión sobre el estándar 802.11, el tipo de modulación, la arquitectura lógica, componentes físicos, metodología de diseño, técnicas de seguridad, todo esto con el propósito

de generar un diseño de un red inalámbrica segura aplicando el estándar 802.11 para la Secretaria de Educación Distrital de la ciudad de Cartagena.-

## **1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En las instalaciones de la Secretaria de Educación Distrital de Cartagena de Indias se cuenta actualmente con una red LAN cableada. Esta red de área local cableada esta compuestas por aproximadamente 108 computadores conectados que son utilizados por los funcionarios de planta que se distribuyen en cinco pisos y en distintas áreas; sin embargo la posible integración de nuevos usuarios, y las cambiantes necesidades las dependencias, que eventualmente modifican la ubicación física de los funcionarios, podrían generar un gran problema en la creación de nuevos puntos de red, o movimiento de los mismos, por lo que se considera necesario brindar dentro del edificio la posibilidad de acceso inalámbrico a un sinnúmero de usuarios que lo requieren.

La Secretaria de Educación Distrital de Cartagena es una institución dinámica de carácter estatal que tiene como función administrar la educación pública en el Distrito de Cartagena de indias, es visitada por muchos funcionarios externos tales como la contraloría, procuraduría, visitantes, funcionarios o auditores de procesos del Ministerio de Educación Nacional, a su vez presenta con una figura de contratación denominada O.P.S (orden de prestación de servicios), los cuales por limitaciones económicas no se le asignan equipos de computo, que son vitales en el desarrollo de sus actividades diarias; Sin embargo podemos afirmar que son trabajadores móviles ya que la gran mayoría cuenta con computadores portátiles, PDA o Smartphone con características de conectividad wireless, puesto que no es de desconocimiento que los computadores portátiles son asequibles económicamente, además con la evolución vertiginosa en los equipos de computo y por su convergencia con otras tecnología tienen la capacidad de acceder a la redes de forma inalámbrica. Cabe anotar que estos funcionarios o clientes externos oscilan entre 15 a 30 personas diseminados en los 5 pisos de las instalaciones.-

La dificultad que se presenta en este caso es el acceso a la red de la Secretaria de Educación para hacer uso de los servicios tales como Internet, sistemas de gestión, datos, estadísticas que son primordiales para el desarrollo de sus procesos, toda vez que los puntos de acceso a la red cableada son limitados, en su totalidad están utilizados y además no se cuenta con una red LAN inalámbrica.-

Con el propósito de disponer de un sistema de acceso inalámbrico para los equipos, terminar con la creación de puntos de red, solucionar los problemas de movilidad de los departamentos, y abaratar los costos de incluir nuevos usuarios a la red, se determina que la mejor opción es la creación de una red inalámbrica que coexista con la red cableada que actualmente se dispone



## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1 GENERAL**

Diseñar una red de área local inalámbrica en las instalaciones de la Secretaria de Educación Distrital de Cartagena de Indias

### **1.2.2 ESPECÍFICOS**

- ✓ Analizar las diversas tecnologías disponibles la tecnología Wi-Fi (IEEE 802.11), y componentes para proponer la mejor alternativa bajo el criterio costo-beneficio
- ✓ Analizar los distintos esquemas de seguridad para la tecnología Wi-Fi (IEEE 802.11)
- ✓ Analizar el estado actual del sistema telecomunicaciones de la Secretaria de Educación Distrital de Cartagena
- ✓ Diseñar el sistemas de comunicaciones inalámbricas de la secretaria de Educación distrital con la finalidad de facilitar los procesos operativos dentro de la entidad pública
- ✓ Diseñar políticas de acceso, control y seguridad para la red de área local inalámbrica

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El avance tecnológico en materia telecomunicaciones esta ganando terreno en casi toda las esferas de las actividades humanas, esto se ha convertido en una motivación esencial dentro del sector publico, ya que se pretende desarrollar todas estas facilidades a sus funcionarios, a si mismo sea posible compartir y ofrecer mejores servicios e información dentro de todas su áreas.

La idea principal es que las personas que se encuentren dentro de las instalaciones de la Secretaria de Educación Distrital de Cartagena de Indias puedan acceder a los beneficios tecnológicos, de manera ágil y oportuna, es decir ofrecer acceso a la red y su gama de servicios a través de una red de área local inalámbrica implementada en todo el edificio de oficinas, solamente con obtener un dispositivo que cuente con el estándar 802.11.

Este tipo de tecnología inalámbrica permitirá a su vez que la red actual sea escalable a un menor costo, puesto que con la infraestructura inalámbrica implementada es fácil que cualquier equipo contando con una tarjeta de red inalámbrica interna o externa acceda de forma rápida y poco costosa a la red.-

A la vez se realiza el siguiente proyecto como requisito para optar al titulo de especialista de telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica de Bolívar, siguiendo sus lineamientos sobre la vanguardia de generar procesos de investigación y desarrollo la cual tanto la caracterizan

## 2. ANALISIS DE LA RED ACTUAL DE LA SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL

La Secretaria de Educación Distrital de Cartagena se encuentra ubicada en la ciudad de Cartagena de Indias con dirección en el Centro, en la plazoleta Telecom edificio Mariscal, ocupando 4 de de los 5 pisos que componen la edificación. Es una entidad publica que tiene como función administrar, gestionar todos los aspectos relacionados con la educación publica dentro del distrito de Cartagena desde los grados preescolares hasta media técnica, así como también atiende población vulnerable (desplazados, grupos étnicos, niñ@s especiales, adulto mayor), para su alfabetización o reinserción escolar. La figura 1, nos muestra la ubicación espacial y geográfica del Edificio Mariscal en la plazoleta Telecom .



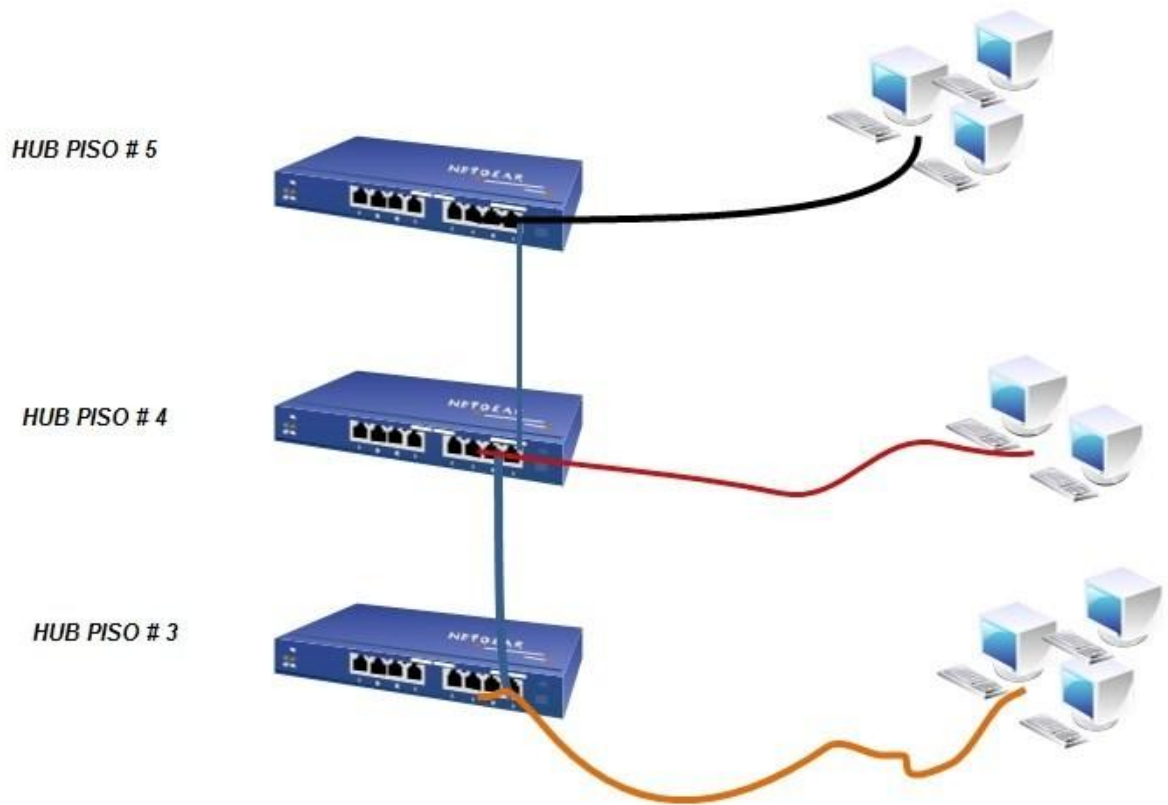
**Figura 1. Ubicación espacio geográfica de SED de Cartagena**

En la figura 2 se pueda apreciar la fachada del edificio Mariscal donde actualmente funciona la Secretaria de educación Distrital.-



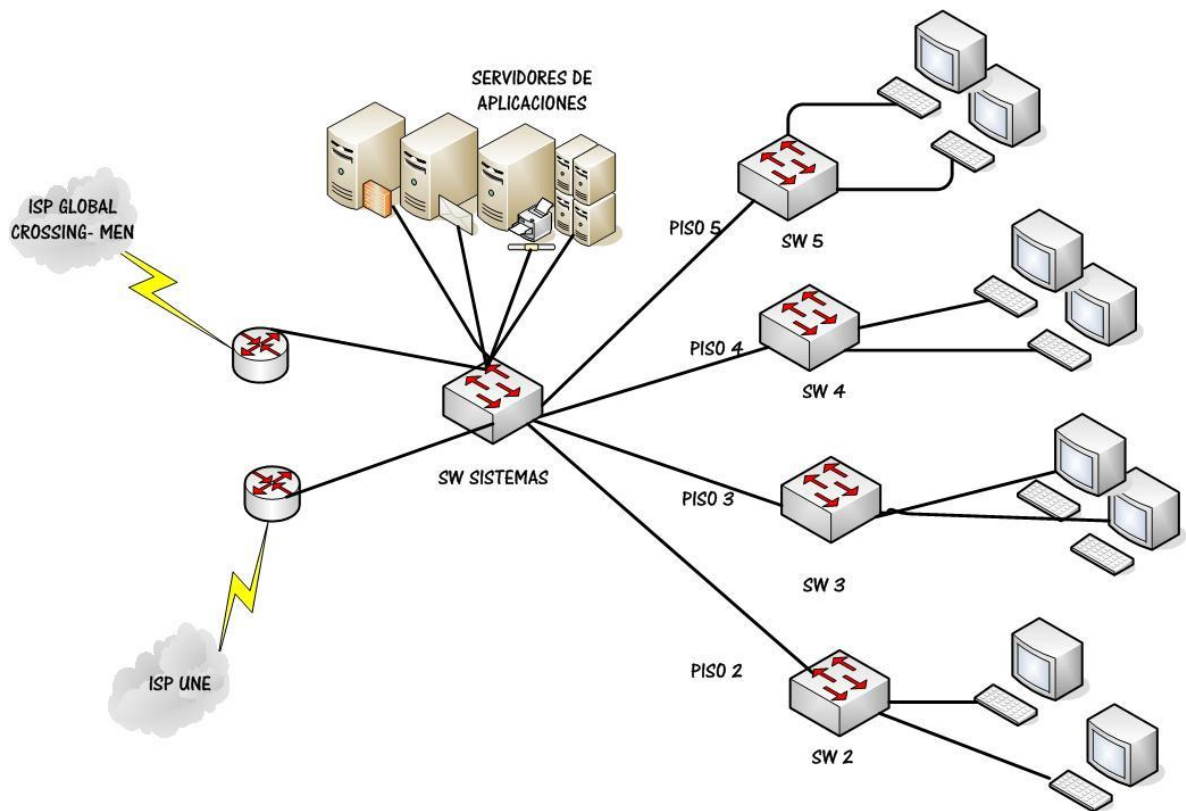
**Figura 2. Fachada SED de Cartagena de Indias**

Esta entidad está funcionando en estas instalaciones desde 1998, contando con una planta de personal aproximado de 50 personas en ese momento, a grandes rasgos en esta época la infraestructura tecnológica estaba compuesta por 35 computadores de escritorio marca COMPAQ, interconectados en red por 3 HUB de 12 puertos en forma de cascada, no contaban con conexión a internet, a nivel de impresoras contaban con 10 impresoras matriz de punto marca Epson carro largo, asignada a un cliente con configuración como recurso compartido. En la figura 3, se muestra el esquema de la infraestructura tecnológica del año 1998 cuando se inició actividades en el edificio Mariscal.-



**Figura 3. Infraestructura tecnológica de 1998**

Actualmente laboran alrededor de 130 personas, se cuenta con una infraestructura tecnológica utilizando como medio físico cable UTP categoría # 6, la conexión de cada estación llega a un gabinete interconectado al PATCH PANEL luego a un SWICTH que a la vez esta interconectado a un router en el centro de computo para así recibir los servicios asignados. Se muestra un esquema de la arquitectura actual en la SED en la figura 4.-



**Figura 4. Infraestructura tecnológica de la SED de Cartagena**

A continuación se detallan los host de la red de área local de sed Cartagena en la tabla 1.-

Tabla 1. Computadores e impresoras conectadas en red

Pisos	PC en red	Impresoras en red
Piso 2	12	3
Piso 3	24	3
Piso 4	35	4
Piso 5	23	4

Totales	94	14
---------	----	----

Los equipos interconectados en total son 108 equipos entre impresores en red y computadores de escritorio. Los proveedores de internet de la Secretaria de Educación Distrital de Cartagena de Indias se detallan a continuación en la tabla 2.-

Tabla 2. Proveedores de Servicios de Internet en la SED Cartagena de Indias

ISP	BW /MEGAS	MEDIO FISICO
GLOBAL CROSSING-MEN	1	FIBRA
		OPTICA
UNE	2	FIBRA
		OPTICA
TOTALES	3	FIBRA
		OPTICA

Equipos activos en la secretaria de educación distrital se detallan en la tabla 3.-

Tabla 3. Equipos activos en la SED Cartagena de Indias

Pisos	Equipos Activos	Numero de puertos
Piso 2	Un Switch Tricom	24
Piso 3	Un Switch Siemens	48
Piso 4	Un Switch Siemens	48
Piso 5	Un Switch Siemens	48
Centro de Computo (Piso 5)	Un Switch Siemens Un Router Siemens	24



### **3. ANÁLISIS Y ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA RED INALÁMBRICA**

#### **3.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE LA RED**

Antes de realización del diseño de una red, es vital realizar un análisis de sus requerimientos, para lo cual se toman en cuenta varios factores como el estudio del lugar de implementación, las aplicaciones que van a correr sobre la red, y de las necesidades de los usuarios; esto con el objetivo de garantizar un correcto desempeño de la red diseñada cuando ésta sea implementada.

En una red inalámbrica se deben hacer consideraciones como: áreas de cobertura, interferencia y coexistencia con otras redes, seguridad de la red, alcance de los equipos y causas de posibles limitaciones de éstos, velocidad de transmisión y ancho de banda requerido por las aplicaciones, y número de usuarios a servir, que permita trabajar en un ambiente seguro, y que pueda inter-operar con otras redes de modo que sea altamente útil y confiable.

##### **3.1.1 ANÁLISIS DEL TERRENO DE IMPLEMENTACIÓN**

La descripción del terreno de implementación que en este caso son las instalaciones de Secretaria de Educación Distrital de Cartagena. Se la realizó en el

capítulo Análisis de la red actual, donde se detallan las características arquitectónicas y distribución del espacio físico del edificio.

### **3.1.2 INTERFERENCIA Y COEXISTENCIA**

La naturaleza en que se basan las redes inalámbricas implica que cualquier otro dispositivo que transmita energía a la misma frecuencia puede potencialmente generar interferencia en un sistema inalámbrico. Otro problema es la colocación de varias redes inalámbricas en lugares próximos. Mientras unas redes inalámbricas de unos fabricantes interfieren con otras redes inalámbricas, hay otras redes que coexisten sin interferencia.

### **3.1.3 NÚMERO DE USUARIOS A SERVIR**

La información recopilada gracias a la colaboración de la dependencia de Recursos Humanos de SED Cartagena, por proporcionar el número aproximado de funcionarios por contrato por O.P.S por dependencia. Se establecieron parámetros para determinar el número de usuarios a servir con la solución de red inalámbrica

A continuación se detalla el número de usuarios a servir con la red.

## **SEGUNDO PISO**

Se consta con dos oficinas satélites los cuales son ocupadas casi todo el año por auditores de la contraloría distrital y departamental o la procuraduría general. por lo general es un grupo que oscila entre 6 a 8 personas.

### **TERCER PISO**

**Dependencias:** Administración Financiera – Talento Humano –Prestaciones Sociales

Hay 5 personas por contrato OPS.

### **CUARTO PISO**

**Dependencias:** Calidad Educativa – Contratación – Cobertura –Inspección Y Vigilancia

Por contrato de o.p.s hay 8 personas diseminadas en las cuatro áreas.

### **QUINTO PISO**

**Dependencias:** Asesoría Legal – Planeación Educativa- Modernización – Sistemas

Existen 8 contrataciones OPS.

Sumado a esto de manera periódica la entidad es visitada por asesores del Ministerio de Educación Distrital, para afinar o auditar algún proceso aproximadamente 2 personas, a la vez hay alrededor de 4 a 6 ciudadanos que desean mostrar alguna información o conectarse con alguna VPN<sup>1</sup> o aplicación corporativa. En la presente tabla 5, se relaciona los usuarios potenciales móviles.-

**Tabla 5. Numero de usuarios aproximados a servir con la red inalámbrica**

<i>Pisos</i>	Potenciales Usuarios
<i>Piso 2</i>	8
<i>Piso 3</i>	5
<i>Piso 4</i>	8

---

<sup>1</sup> V.P.N : Una tecnología de red que permite extender la red local sobre una red pública.

<i>Piso 5</i>	8
<i>Otros</i>	9
<i>Totales</i>	38

### **3.2 APLICACIONES QUE VAN A CORRER EN LA WLAN**

La Red inalámbrica de la SED<sup>2</sup> Cartagena de indias, deberá soportar aplicaciones básicas como correo electrónico, navegación en Internet, acceso a base de datos, y transferencia de archivos; además, deben integrarse los servicios de voz, datos, y soporte de aplicaciones multimedia, brindando optimización para permitir su correcto funcionamiento, y evitando la saturación del canal.

#### **3.2.1 DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO**

Para una adecuada planificación de la WLAN DE LA SED Cartagena de indias, es primordial analizar el tipo de tráfico que soportará la red, pues de esto dependerá el ancho de banda requerido. En este caso los tipos de tráfico que se transportará a través de la red son:

- Voz y datos a través de Internet.
- Acceso a Internet y correo electrónico.
- Bases de datos y transferencia de archivos.
- Otros Servicios (impresión)

La transmisión de información no debe presentar pérdidas de tráfico, es decir que la transferencia de datos debe ser segura contar con una disponibilidad alta. A partir de estos precedentes, se realiza el dimensionamiento del tráfico que circula por la red.

Puesto que la WLAN de la Sed esta en su fase de diseño y no se cuenta con un base cuantitativa de rendimiento real, el dimensionamiento del tráfico esta basado

---

<sup>2</sup> SED : secretaria de Educación Distrital

en un estudio estadístico del uso de las aplicaciones y de su throughput promedio. El throughput se define como la tasa de transmisión instantánea generada por una aplicación en la red y nos permitirá garantizar un buen desempeño de la red al momento de su implementación. A continuación se realiza el análisis correspondiente para las aplicaciones que van a correr en la red.

### 3.2.1.1 Correo electrónico

La información que se transfiere vía correo electrónico, corresponde a informes, e información personal, debido a que un documento de solo texto es de tamaño pequeño, aproximadamente 50 Kbytes; mientras que, el tamaño de un archivo gráfico depende del formato de la imagen que se desea transmitir, teniendo un promedio de 500 Kbytes. Se considera entonces un promedio de 600 Kbytes para un correo electrónico, garantizando así un buen desempeño de la red frente a ésta aplicación. Para el acceso al correo electrónico se estima que un usuario revisa en promedio 6 correos por hora. Así tenemos que el throughput que maneja un correo electrónico es:

$$V_{CE} = \frac{600 \text{ kbytes}}{\text{correo}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} \times \frac{6 \text{ correos}}{1 \text{ hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ segundos}} = 8 \text{ kbps}$$

### 3.2.1.2 Acceso a internet

Para utilizar este servicio, la estimación de ancho de banda necesario será en promedio

$$V_{AI} = 128 \text{ kbps por cada usuario.}$$

### 3.2.1.3 Video sobre IP

Para utilizar los servicios que proporciona el Video sobre IP; el video broadcast

$$V_{VB} = 128 \text{ kbps por cada usuario}$$

#### **3.2.1.4 Bases de datos**

Se estima que esta aplicación requerirá un throughput de

$$V_{BD} = 20 \text{ kbps por cada usuario}$$

#### **3.2.1.5 Otros servicios**

Entre estos servicios se cuentan, servicios de impresión que se tiene estimado un ancho de banda promedio de

$$V_{OS} = 10 \text{ kbps por usuario}$$

#### **3.2.1.6 Estimación del ancho de banda**

En la Secretaria de Educación Distrital de Cartagena, existen diferentes tipos de usuarios de acuerdo a la actividad que realizan, estos usuarios emplean una o varias de las aplicaciones ofrecidas por la red; para la determinación del ancho de banda se toma en cuenta esta diversidad.

Si bien, todos los usuarios utilizaran los recursos de red, no todas las aplicaciones serán usadas al mismo tiempo, ni todos los usuarios harán uso de una aplicación específica a la vez. Para no sobredimensionar el tráfico de la red, nos basaremos en estimaciones realizadas conjuntamente con el personal de la dependencia de Sistema en cuanto al número de usuarios simultáneos en cada aplicación; además al tener en cada piso una densidad muy similar en cuanto al número de usuarios; y estos usuarios usan las mismas aplicaciones de red; el cálculo del ancho de banda requerido, se analizó en el piso con mayor número de usuarios, es decir en el cuarto piso del edificio que tiene 35 usuarios de datos; Estas estimaciones se proyectan para los demás pisos.

Considerando momentos picos, tenemos las siguientes estimaciones de tráfico:

**Correo Electrónico:** Se estima que en el momento pico un 60%, es decir, 21 usuarios utilizarán simultáneamente esta aplicación. Por lo tanto el throughput requerido es de 168 Kbps.

**Acceso a Internet:** Se estima que en el momento pico un 90%, es decir, 32 usuarios utilizarán simultáneamente esta aplicación. Por lo tanto el throughput requerido es de 2688 Kbps.

**Video sobre IP:** Por tratarse de una aplicación ocasional se estima que, en el momento pico un 15%; es decir, 6 usuarios utilizarán simultáneamente esta aplicación. Por lo tanto el throughput requerido es de 720 Kbps.

**Bases de Datos:** Se estima que en el momento pico un 45 %; es decir, 16 usuarios, utilizarán simultáneamente esta aplicación. Por lo tanto el throughput requerido es de 340 Kbps.

**Otros Servicios:** Se estima que en el momento pico, un 25% es decir, 9 usuarios, utilizarán simultáneamente esta aplicación. Por lo tanto el throughput requerido es de 90 Kbps.<sup>3</sup>

En la tabla 6 se resumen las estimaciones de ancho de banda para las distintas aplicaciones, y se muestra también el ancho de banda total requerido

En la tabla 6 se presenta los cálculos de banda ancha requerido.

Tabla 6. Estimaciones ancho de bandas

Tipo de aplicación	Ancho de banda requerido (Kbps)
Correo electrónico	168
Acceso a internet	2688
Video sobre IP	720
Base de datos	340
Otros servicios	90
Ancho de banda total requerido [Kbps]	4006

<sup>3</sup> Información suministrada por el personal del Centro de Computo de la Secretaria de Educación Distrital de Cartagena.

El tráfico estimado estadísticamente dio un total de aproximadamente 4,0 Mbps por piso. Y como se mencionó anteriormente, se trabajará con el estándar 802.11g, que utiliza la banda de 2.4GHz (banda libre que no necesita licencia) y brinda velocidades de conexión de hasta 54 Mbps, llegando incluso algunos fabricantes a ofrecer 108 Mbps en modo súper G no estandarizado.

De esta manera, al usar dos equipos por piso para dar cobertura total y con velocidades de 54 Mbps que supera lo estimado, se está garantizando un correcto desempeño de la red, y de las aplicaciones que sobre esta correrán.

### **3.3 ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA RED**

La nueva red inalámbrica de la Secretaria de Educación Distrital debe cumplir con los siguientes aspectos:

- 1) Permitir la conexión simultánea del número máximo de usuarios que se encuentran detallados en la tabla 5, la red debe tener una disponibilidad para aproximadamente 38 usuarios.
- 2) La red inalámbrica deberá soportar aplicaciones como correo electrónico, navegación en Internet, acceso a base de datos, y transferencia de archivos.
- 3) La red garantizará un correcto desempeño de las aplicaciones que se ejecuten sobre ella, sabiendo que el tráfico estimado estadísticamente dio un total de aproximadamente 4,0 Mbps por piso.
- 4) La red trabajará con equipos que cumplan el estándar 802.11g, que utilizan la banda de 2.4GHz ofreciendo velocidades de conexión de hasta 54 Mbps, llegando incluso algunos fabricantes a ofrecer 108 Mbps. De esta manera, al usar dos



equipo por planta con velocidades de 54 Mbps se está garantizando un correcto desempeño de la red para el tráfico estimado.

5) Como política de seguridad la autenticación de los usuarios de la red inalámbrica será realizada por un servidor RADIUS, éste y los demás niveles de seguridad incluidos en el diseño de la red y las razones de su escogimiento, se detallan en el capítulo de diseño de la seguridad para la red inalámbrica.-

#### **4. DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS.**

##### **4.1 COMPONENTES DE LA RED INALÁMBRICA**

Todo diseño de una red es preciso conocer sus componentes. Se hará una breve descripción de los principales dispositivos de las WLAN.

##### **4.1.1 Estaciones de trabajo**

##### **4.1.1.1 Estaciones fijas, portátiles y PDAs**

Los dispositivos más utilizados son las estaciones de trabajo, que incluyen tanto computadores portátiles como modelos de escritorio.

Actualmente los PDA (Asistente Digital Personal), originalmente diseñados como agendas electrónicas, y que hoy en día están dotados con dispositivos de conexión inalámbricas tales como wifi, bluetooth, y todos los computadores portátiles, vienen equipados con procesadores en los que ya está integrado el adaptador inalámbrico. En el caso de los computadores de escritorio, es necesario

instalación de una tarjeta inalámbrica para que éstos puedan acceder a la red inalámbrica.

#### **4.1.1.2 Tarjetas inalámbricas**

Son adaptadores inalámbricos que convierten las señales de datos ethernet a señales de radio y permiten a un equipo acceder a la red inalámbrica. Un terminal como un cliente inalámbrico y situado dentro del área de cobertura de una estación base, puede comunicarse con los demás dispositivos de la misma red local sin necesidad de cables.

#### **4.1.1.3 Access Points**

También se conocen como punto de acceso o pasarela inalámbrica. Su funcionalidad básica consiste en:

- Convertir la señal de datos ethernet a señales de radio, pudiendo ser un punto de conexión entre redes inalámbricas y cableadas.
- Actuar como pasarela entre diferentes clientes inalámbricos.
- Ofrecer rango de cobertura para los clientes inalámbricos. El espacio cubierto dependerá de la capacidad del equipo y sobre todo del entorno físico que se desea cubrir: espacios exteriores o interiores con más o menos obstáculos. Y en áreas más extensas, se pueden utilizar varias unidades bases conectadas entre sí, cada una cubriendo una parte del área total.

## **4.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO DE LA RED**

### **4.2.1 Determinación del número de Puntos de Acceso**

La determinación del número de puntos de acceso (AP) será definida por varias características que son:

- ✓ Número de usuarios que se tiene por área de trabajo

- ✓ El área de cobertura del equipo, las características de los mismos
- ✓ La capacidad de los equipos en la reutilización de frecuencias.

El área de cobertura real de un punto de acceso, no siempre es la que se indica en las hojas de datos (datasheet), ya que estas son estimaciones de alcance, basadas en condiciones ideales, éstas puede variar según las características particulares de los lugares de instalación.

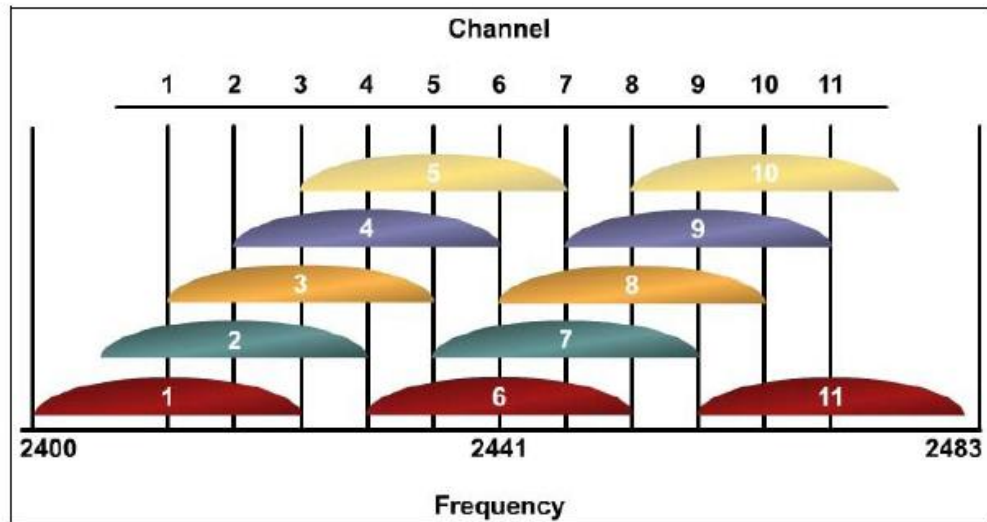
#### **4.2.2 Ubicación de los Puntos de Acceso**

Para ubicar los puntos de acceso hay que tener en cuenta ciertas observaciones

#### **4.2.3 Interferencia co-canal**

Se produce en zonas donde varios puntos de acceso colindantes se encuentran utilizando la misma frecuencia en la comunicación de los datos. Una distribución de los dispositivos donde no exista superposición, evita estas interferencias y permite reutilizar los canales. Cada uno de los canales asignados al IEEE 802.11g tiene un ancho de banda de 22 MHz. y el espectro de frecuencias disponible va de los 2.412 GHz hasta los 2.484 GHz. Este espacio está dividido en 11 canales para Norteamérica y 13 canales para Europa, solapándose los canales adyacentes.

Se tienen un grupo de tres canales que no se solapan entre ellos 1 - 6 -11 por lo tanto en la misma área de cobertura se podrían tener tres puntos de acceso simultáneos, lo cual nos podría ser útil en el caso de que necesitemos aumentar la capacidad o a su vez para producir un solapamiento necesario para generar un roaming.



**FIGURA 10. Canales sin interferencia en 802.11 b/g <sup>4</sup>**

#### **4.2.4 Roaming**

Es el efecto de mantenerse “siempre conectado” que tiene un usuario móvil que circula de una zona de cobertura inalámbrica a otra adyacente, siendo transparente para el usuario este cambio de zona.

El principio de operación del roaming en redes LAN inalámbricas es análogo al de la telefonía celular, sustituyendo las zonas de cobertura de los puntos de acceso por celdas.

#### **4.2.5 Atenuación por obstáculos**

La susceptibilidad a la creación de zonas de sombra por muebles dentro de una oficina, y demás obstáculos dificultan el paso de las ondas electromagnéticas y a su vez crean atenuaciones y reflexiones importantes que afectan el diseño y desempeño de la red en ambientes interiores.

Los tipos de atenuación pueden resumirse en la tabla 7.

<sup>4</sup> REID , Neil . 802.11 (Wi-Fi) Manual de Redes inalámbricas. México. McGRAW-HILL 2005

**Tabla 7. Atenuaciones de materiales a 2,4 GHZ<sup>5</sup>**

<b>Tipos de obstáculos</b>	<b>Atenuación</b>
<b>Tipo 1: Mampara de materiales sintéticos o de madera de grosor de 2 a 3 cms</b>	8.1 dB
<b>Tipo 2 : Paredes de 4 a 5 cms de grosor, materiales sintéticos, madera, yeso</b>	13.0 dB
<b>Tipo 3 : Paredes de 10 a 15 cms de grosor de yeso, ladrillos, baldosas</b>	20.9 dB
<b>Tipo 4 : Paredes de 30 a 60 cms de grosor de yeso, ladrillos, baldosas</b>	32.8 dB
<b>Vidrios : se incluyen puertas y ventanas de vidrio</b>	19.2 dB
<b>Metales: ascensor, puertas metálicas, estantería metálicas</b>	32.25 dB

En el caso de la Secretaria De Educación Distrital, el edificio está hecho de concreto, con paredes de ladrillo, techos falsos y ventanas de vidrio, para la infraestructura principal, mientras algunas oficinas poseen divisiones mixtas (vidrio y madera), en tanto que las demás son independientes con paredes de ladrillo.

Se utilizará los techos para la ubicación de los puntos de acceso, para evitar interferencias por parte de objetos o personas y para seguridad del equipo dejándolo fuera del alcance del usuario común. En base a estos lineamientos y a las características que presentan los equipos elegidos para el diseño, se procederá a ubicar los puntos de acceso, para que todos los usuarios tengan un acceso seguro y sin interrupciones a la red.

<sup>5</sup> Fuente : <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales/contenidos/Presentaciones/WLAN-07.pdf>

### 5.2.6 Estimación del número de Puntos de Acceso

Para determinar el número de puntos de acceso y su ubicación adecuada, se tienen en cuenta ciertas observaciones:

- La cantidad de usuarios que se manejará por área de trabajo determinado y establecido anteriormente en el apartado de **números de usuarios a servir** en total 38 de usuarios
- El número, espesor y ubicación de paredes, techos, u otros objetos que las señales inalámbricas deben atravesar, pueden limitar el rango. Los materiales de construcción pueden impedir el paso de la señal inalámbrica; una puerta de metal sólida o estructuras de aluminio pueden tener un efecto negativo en el rango.
- Se debe mantener el dispositivo alejado, por lo menos 1 o 2 metros, de los aparatos eléctricos o aquellos que generan ruido de RF.
- La velocidad mínima que se dará a un usuario, en base a sus requerimientos, que se encuentra dentro del área de cobertura de un punto de acceso.
- Las características de los puntos de acceso elegidos para el diseño, verificando que la potencia que entrega el punto de acceso junto con sus antenas incorporadas sea suficiente para la cobertura en ambientes internos, donde se tiene que se necesita garantizar una cobertura completa de cada piso.

Por todo lo expuesto se determina que se necesitan dos puntos de acceso por piso excepto el segundo piso que solo se instalara uno solo, para la realización de este diseño, lo cual está plenamente justificado por las distancias a cubrir y por el número de usuarios a servir. Sin embargo debido a las atenuaciones y reflexiones que se pueden presentar por obstáculos presentes en el edificio y que pueden interferir o limitar el rango de la señal. Con esto se podrá satisfacer no sólo las necesidades actuales, sino también las necesidades futuras de la compañía, previendo un aumento de personal.-

Además, la disponibilidad de techos falsos en cada planta, y la característica de los equipos de trabajar con PoE (Power over Ethernet), son ventajas que serán

aprovechadas al momento de la instalación de la red, en caso de que al realizar las pruebas de cobertura, se determine una mejor ubicación para los equipos. El número de puntos de acceso, su ubicación y el canal empleado se presentan en la Tabla 8, además se muestra el modelo de propagación en cada piso

Pisos	Numero de usuarios	AP'S	Ubicación y Canal
Piso # 2	8	1	AP1:ubicado en la oficina de asignada a la contraloría CH 1
Piso # 3	5	1	AP2:Ubicado en la oficina de Talento Humano .CH 6
Piso # 4	8+4 flotantes	1	AP3:Ubicado en la oficina de Calidad .CH 11
Piso # 5	8+5 flotantes	1	AP4:Ubicado en la oficina del Despacho .CH 3

**Tabla 8. Distribución de los puntos de acceso de acuerdo al número de usuarios**

## 5.3 MODELOS DE PROPAGACION Y UBICACIÓN DE ACCES POINTS EN LA SED DE CARTAGENA

### Modelo de propagación y ubicación de Acces Point Piso # 2

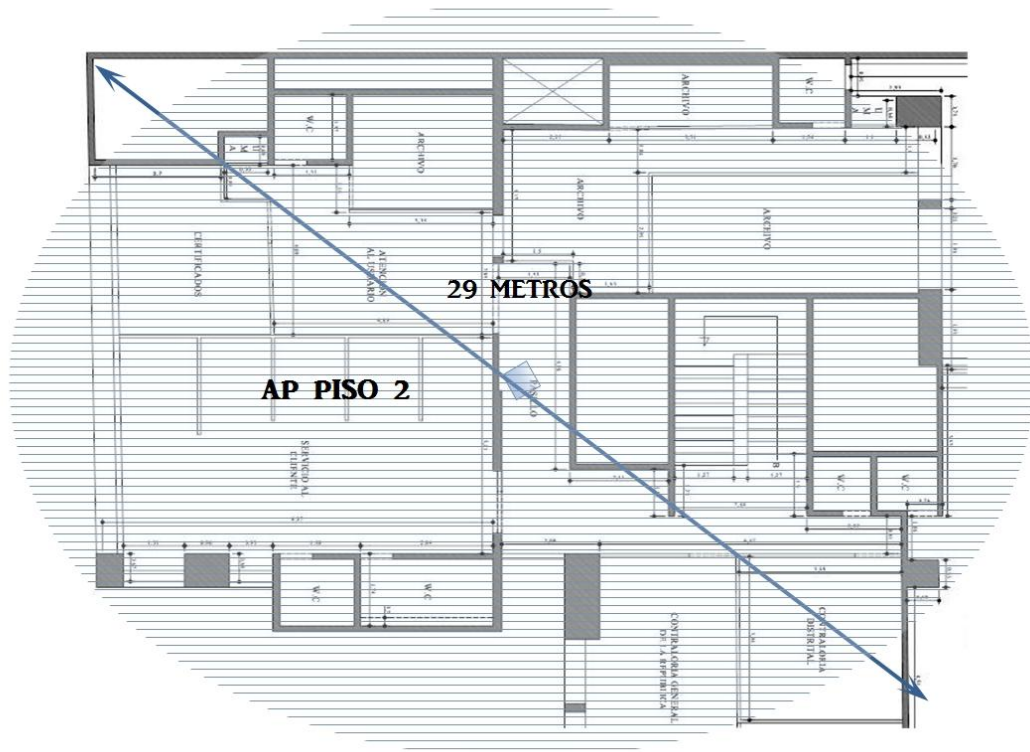


FIGURA 11. Plano piso 2 de Sed Cartagena



## Modelo de propagación y ubicación de acces point Piso # 3

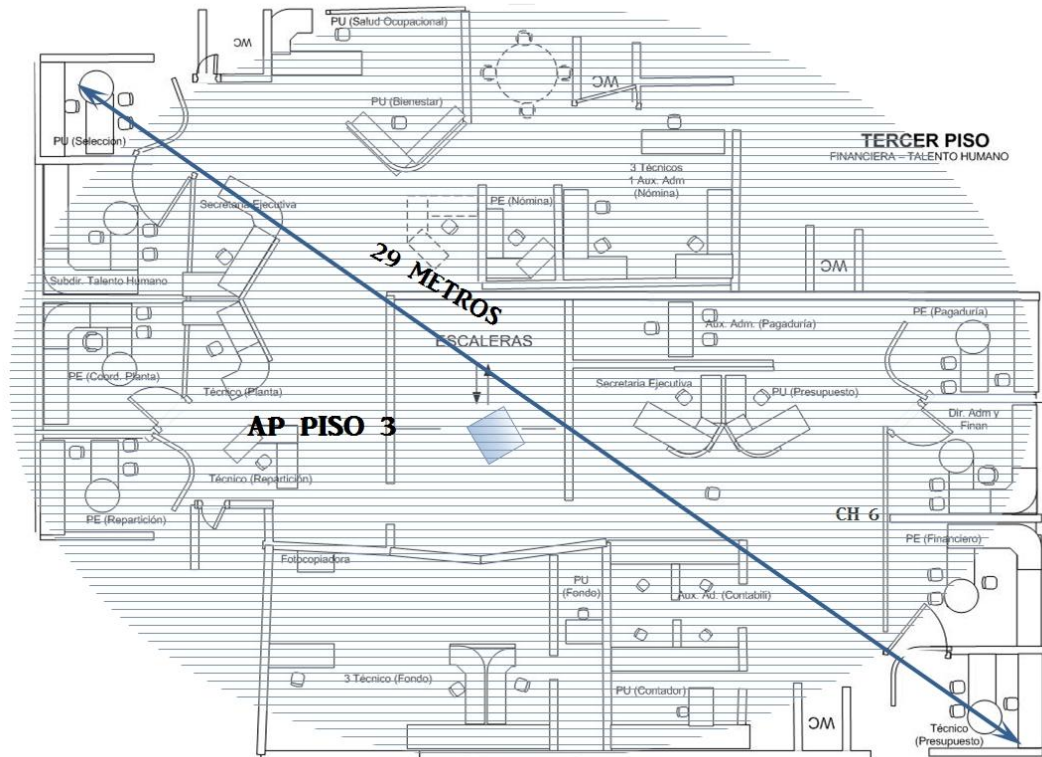


FIGURA 12. Plano piso 3 de Sed Cartagena

## Modelo de propagación y ubicación de acces point Piso # 4

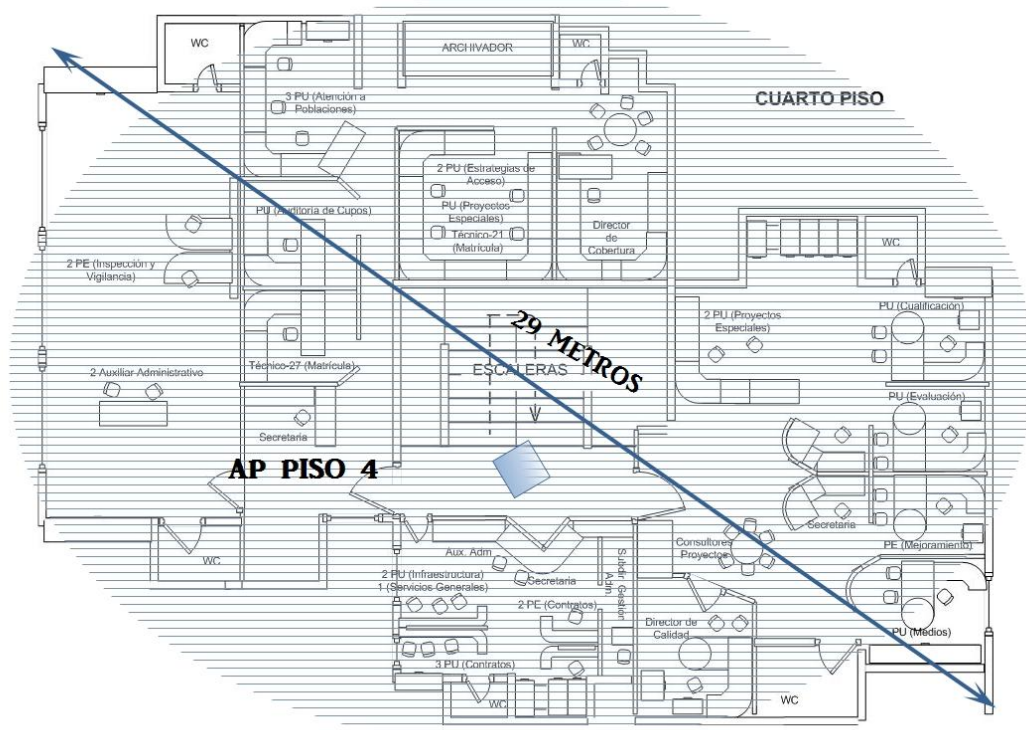


FIGURA 13. Plano piso 4 de Sed Cartagena

## Modelo de propagación y ubicación de acces point Piso # 5

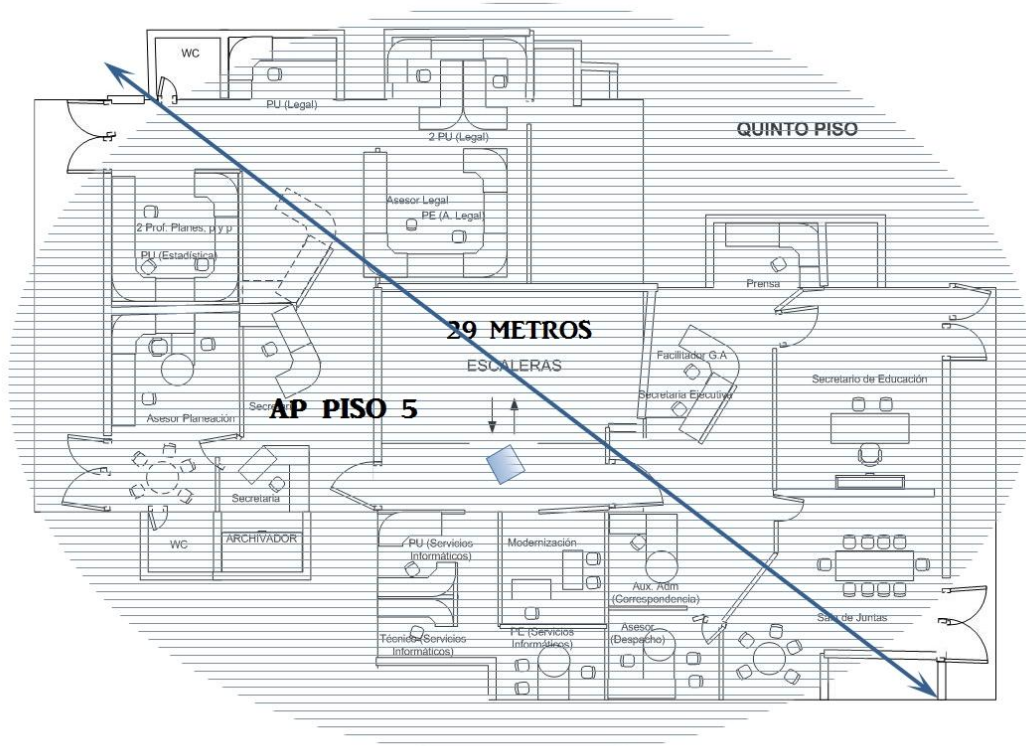


FIGURA 14. Plano piso 5 de Sed Cartagena

#### 5.4 ESTRUCTURA DE LA RED INALÁMBRICA DISEÑADA PARA SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL DE CARTAGENA.

Teniendo en cuenta los requerimientos de red, y las consideraciones de diseño expuestas, en la figura 15 se presenta la estructura del diseño de la red Wi-Fi propuesto para SED Cartagena donde se ha utilizado el backbone de la red cableada para implementar la red inalámbrica.

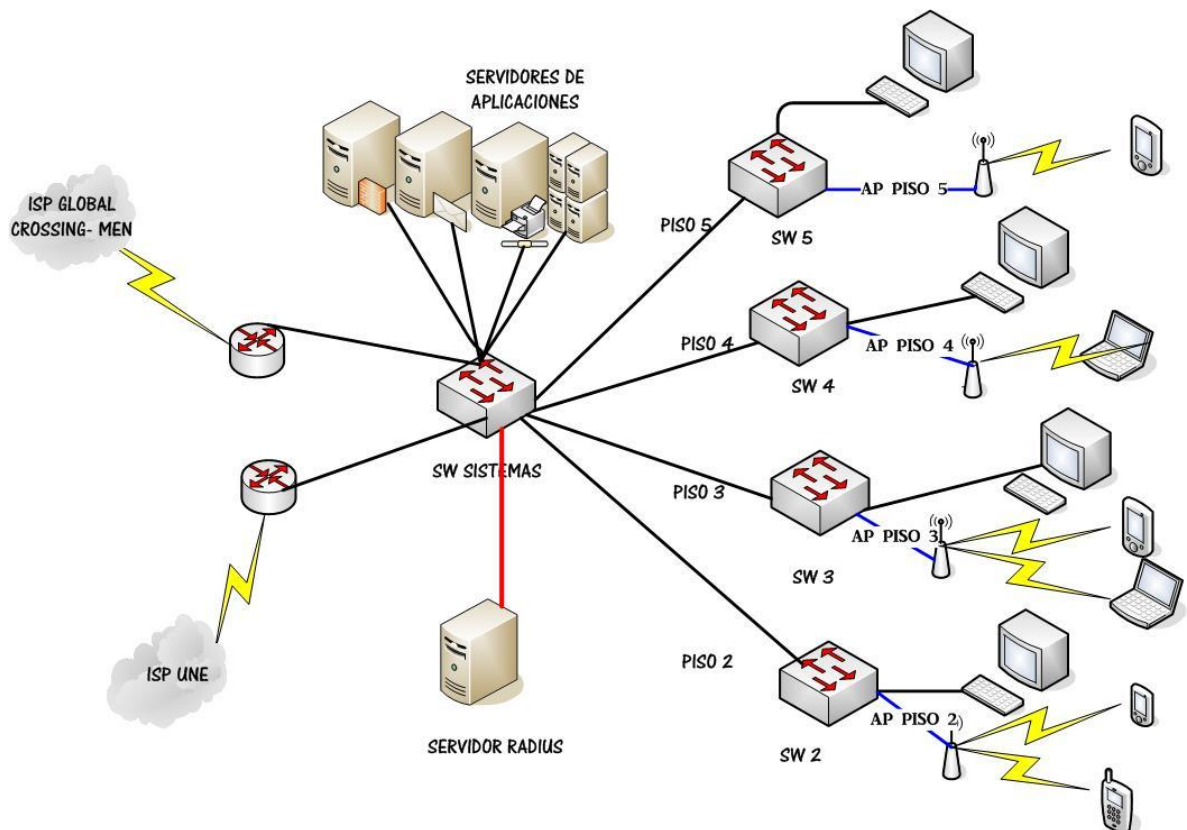


Figura 15. Esquema de red inalámbrica para SED Cartagena

## **5.5 ESQUEMAS DE SEGURIDAD PARA LA RED INALÁMBRICA DE SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL DE CARTAGENA.**

En primera instancia, cambiaremos el nombre por defecto del SSID a uno que no tenga relación con la empresa, y restringiremos el broadcast del SSID, para evitar que la red sea fácilmente encontrada e identificada. Sin embargo, el cambiar y restringir el SSID, es un método que no garantiza seguridad absoluta en la red, así que, en segunda instancia se trabajará con los equipos autorizados a usar la red inalámbrica mediante el filtrado MAC implementado en los puntos de acceso de cada piso. Se deberá mantener una lista de todas las direcciones MAC permitidas y programarlas en cada Access Point, o en su defecto en un servidor RADIUS.

El filtrado MAC es susceptible a ataques ya que aunque en teoría las direcciones MAC son únicas de cada dispositivo de red y no pueden modificarse, sin embargo, existen comandos o programas que permiten simular temporalmente por software una nueva dirección MAC para una tarjeta de red.

Si un equipo no autorizado, logró acceder es necesario realizar la autenticación utilizando el estándar 802.1x. Esta autenticación es realizada normalmente por un tercero, tal como un servidor de RADIUS. Esto permite la autenticación sólo del cliente.

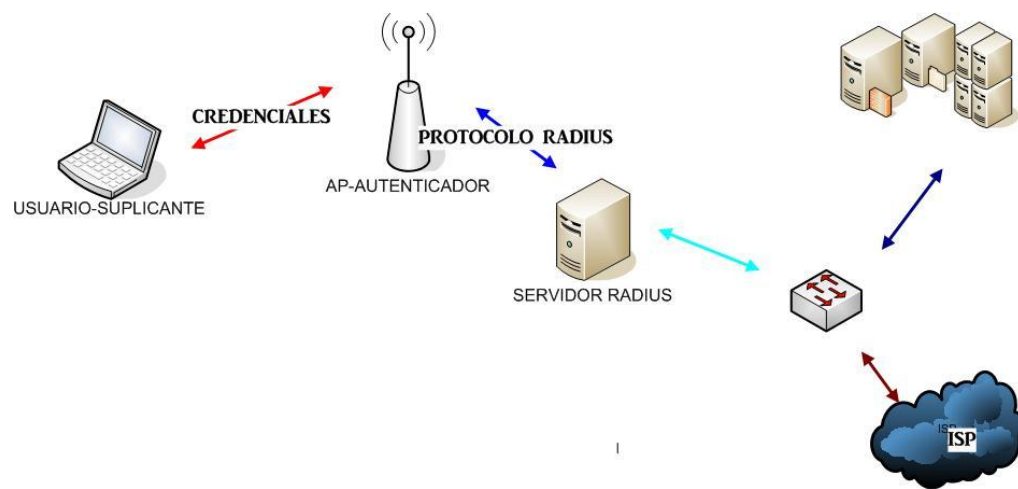
Como se describió anteriormente, 802.1x es un protocolo de control de acceso y autenticación basado en la arquitectura cliente/servidor, que restringe la conexión de equipos no autorizados a la red.

El protocolo 802.1x involucra tres participantes:

- El equipo cliente que desea conectarse a la red.
- El servidor de autorización/autenticación, que contiene toda la información necesaria para saber cuáles equipos y/o usuarios están autorizados para acceder a la red.

- El autenticador, que es el equipo de red (AP), que recibe la conexión del cliente. El cual actúa como intermediario entre el cliente y el servidor de Autenticación y solamente permite el acceso del cliente a la red cuando el servidor de autenticación así lo autoriza.

El proceso de acceso de los usuarios de la SED para acceder a los servicios sería. Al usuario se le denomina suplicante. En la figura 16 se esquematiza el sistema de seguridad Radius



**Figura 16. Diagrama de sistemas de seguridad**

Paso 1: Un cliente se asocia al AP utilizando el protocolo 802.11

Paso 2: El Suplicante inicia el proceso de autenticación 802.1X porque el AP no le concede acceso a la red y se elige el EAP-Method.

Paso 3: El Autenticador requiere la Identidad al Suplicante

Paso 4: El Suplicante le entrega la Identidad al Autenticador que retransmitirá al Servidor de Autenticación. Como se puede ver, el Servidor de Autenticación es un servidor RADIUS que pedirá las credenciales para esa identidad al Autenticador.

Las credenciales pueden ser desde el par usuario/contraseña hasta el uso de certificados de seguridad X.509.

Paso 5: El Autenticador pide las Credenciales al Suplicante.

Paso 6: Suplicante entrega las Credenciales al Autenticador que se retransmiten al Servidor de Autenticación (Servidor RADIUS en este caso).

Paso 7: Servidor RADIUS valida las credenciales y acepta la conexión.

Paso 6: El Autenticador entrega tras aceptar la conexión la EAPOL-Key que no es más que una secuencia de bits que utilizaremos como Clave Maestra en el proceso de cifrado del algoritmo de cifrado elegido (TKIP o AES). Así, cada vez que tenemos un proceso de autenticación o re-autenticación se genera una nueva Clave Maestra

## CONCLUSIONES

- ✓ En la solución propuesta en este texto para la ampliación o complementación de la red existente en la SED de Cartagena, encontramos viable la implementación de una red wireless, ya que es una solución de bajo costo, de rápida implementación, evita las incomodidades de las obras civiles que pueden ocasionar traumas en la prestación del servicio y en el diario devenir de los trabajadores.
- ✓ La red cableada ya existente, aunque funcional, es insuficiente al momento de hablar de escalabilidad y en el mundo actual la interconexión es fundamental para el cabal cumplimiento de los objetivos en el entorno laboral, sobre todo cuando hablamos de educación la cual tiene su componente digital de obligatoria enseñanza.
- ✓ El diseño propuesto esta pensado para soportar 40 usuarios por piso es decir 160 usuarios en todo el edificio es decir nos permite ahorrar costos al incrementar nodos en la red sin disminuir la calidad de la transmisión y servicio.
- ✓ La ubicación de los puntos de acceso se realizo pensando el cubrir mayor cobertura de espacio , teniendo en cuenta la densidad de usuarios por pisos y finales , aunque las especificaciones técnicas dan como resultado un radio de propagación mas amplio necesario en la SED Cartagena se opto por el pensando en ofrecer otro tipo de servicios y muchos mas clientes , ofreciendo políticas de seguridad y control de acceso robustas basadas en filtrado de MAC ,y protocolos Radius



- ✓ A Grosso modo la solución planteada en esta monografía consta de un Access Point por piso, cada uno transmite en la banda de los 2,4Ghz a través de una antena omnidireccional a una potencia de 15 dBm, lo cual permite cubrir un rango radial de hasta 100 metros indoors y hasta 400 outdoors - en condiciones ideales - y además cuenta con un servidor Radius que administra el acceso o autenticación de los usuarios a la red brindando seguridad a la misma.
- ✓ Si tenemos en cuenta que cada piso tiene un área aproximada de  $486 \text{ m}^2$  cuyo radio es de 15 metros aproximadamente y que los usuarios de la red inalámbrica llegan a un promedio de 38 personas por día podríamos afirmar que la interconexión a la red ya existente y los servicios que esta presta están garantizados y a un muy bajo costo a través de la nueva red inalámbrica.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda la implementación de VLAN y listas de control de acceso como primera medida , lo cual beneficiaría también nuestra solución inalámbrica. A la vez se debe implementar QoS por prioridad de acuerdo al contenido del tráfico .-
- ✓ Para nuestra solución WLAN se debe adquirir un servidor para implementar el software RADIUS que maneje el acceso de los equipos inalámbricos a la red protegiéndola de los intrusos , ya que este tipo de autenticación demanda un considerable consumo en tiempo de maquina y memoria para realizar la verificación , si fuese instalado en una maquina compartida no se garantizaría su buen funcionamiento
- ✓ Como recomendación proponemos adquirir un canal de 2 MB adicional para la salida a la internet de equipos pertenecientes a la red inalámbrica puesto que los 3 megabits existentes por la demanda por la red cableada no soportaría todos los usuarios existentes , además ralentizaría mas la red.-
- ✓ Al momento de diseñar esta solución se propone usar como canales de transmisión tentativos los cuales están sujetos modificación al momento de la implementación, la rectificación y verificación de estos canales se hace necesaria para evitar que se produzca interferencia con otras redes WLAN nuevas o ya existentes en el área de influencia de la SED.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ MARTÍN, Betty. Guía Para la Elaboración y Presentación De Trabajos de Investigación. Tercera Edición. Bogota. Ediciones Jurídicas Gustavo Ibáñez Ltda. 2002.
  
- ✓ SABINO, Carlos. Como hacer un Tesis y Elaborar Todo tipo de Escritos .Novena Edición. Santa Fe de Bogota. Editorial Panamericana.1996.-
  
- ✓ TAMAYO Y TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. México D. F. Editorial LIMUSA ED. 7ª. Reimpresión 1992.
  
- ✓ American Agent & Broker Mar 2007, "Weighing the pros and cons of wireless networks"
  
  
- ✓ Alonso C., 2006, "Proteger una red Wireless", PC World Profesional Noviembre 2006, IDG, Madrid, España.
  
  
- ✓ Andrew A. Vladimirov, Konstantin V. Gavrilenko, Andrei A. Mikhailovsky 2004 "Wi-FOO The Secret of Wireless Hacking"

- ✓ Baghaei N., 2003, "IEEE 802.11 Wireless LAN Security Performance Using Multiple Clients", Honours Project Report, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand
  
- ✓ Capítulo 3: Arquitectura de la solución de LAN inalámbrica segura", [http://www.microsoft.com/latam/technet/articulos/wireless/](http://www.microsoft.com/latam/technet/articulos/wireless/pgch03.msp) pgch03.msp
  
- ✓ Cisco Systems Inc., 2004, "Academia de Networking de Cisco Systems: Guía del segundo año. CCNA® 1 y 2 ", Ed. Pearson Educación S.A., Madrid, España
  
- ✓ Computer Economics Report Apr 2006, "Organizations at Risk from Lax Wi-fi Security"
  
- ✓ Earle, Aron E. 2006 Wireless Security Handbook
  
- ✓ FreeRADIUS <http://www.freeradius.org>

- ✓ Gast, Mathew S. Redes wireless 802.11
  
- ✓ Gast M., “802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide”, O’Reilly 2nd Edition, 2005, California, USA
  
- ✓ IEEE Std. 802.11, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications”, Reaffirmed 12 June 2003, 1999, New Jersey, USA
  
- ✓ IEEE 802.11 – Wikipedia, the free encyclopedia,  
<http://en.wikipedia.org/wiki/802.11>
  
- ✓ IEEE 802.11 – Wikipedia, la enciclopedia libre”,  
[http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)
  
- ✓ In Stat/MDR, cuadro estadístico [www.isp-planet.com/research/2002/wlan\\_020807.html](http://www.isp-planet.com/research/2002/wlan_020807.html)
  
- ✓ John Kindervag Sept/Oct 2006 “The Five Myths of Wireless Security”
  
- ✓ Principios de criptografía  
[www.gris.det.uvigo.es/wiki/pub/Main/PaginaRsc2/Clase6-SPT.pdf](http://www.gris.det.uvigo.es/wiki/pub/Main/PaginaRsc2/Clase6-SPT.pdf)

- ✓ RFC2865, RFC 2866 [www.ietf.org/rfc/rfc2866.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc2866.txt) [www.ietf.org/rfc/rfc2865.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc2865.txt)
  
- ✓ SAFE: Wireless LAN Security in Depth - version 2  
<http://www.cisco.com/en/US/>
  
- ✓ “The Wi-Fi Alliance”, <http://www.wi-fi.org>
  
- ✓ Wireless LAN Security White Paper <http://www.cisco.com/en/US/>