

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INFORMÁTICA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

## **TRABAJO FIN DE CARRERA**

# **DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE RED Y SOPORTE INFORMÁTICO PARA UN CENTRO PÚBLICO DE EDUCACIÓN INFANTIL Y PRIMARIA**

Autor: Juan Marugán Merinero

Tutor: Daniel Calzada del Fresno

Fecha: Junio 2010

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

---

Empecé esta carrera universitaria con la idea básica de superación personal, complementación académica y con ganas de aprender más y consolidar y ampliar lo ya sabido, intentando ser un mejor profesional y mejor persona. En ese camino, tengo mucho y a muchos que agradecer...

A mi hija Jimena, quien me dio el impulso definitivo para terminar mis estudios y así poder pasar la mayor cantidad de tiempo posible a su lado.

A mi esposa Carlota, que ha estado siempre a mi lado apoyándome de forma incondicional en todos los aspectos de mi vida.

A Daniel Calzada, Félix Rincón, Ana Lías, M<sup>a</sup> Ángeles Anaya y Fco. Antoranz, por ser los docentes que más me han marcado a lo largo de mi vida académica en diferentes etapas.

A mis viejos amigos y colegas de profesión Raúl Sánchez y Roberto Bermejo, por haber crecido conmigo en este vertiginoso mundo tecnológico y por sus largas y amenas veladas y charlas sobre programación, tecnología, cine, filosofía, etc.

A mis padres, especialmente a mi madre M<sup>a</sup> Luz, por tratar de darme siempre la mejor educación y formación posible.

## ÍNDICE GENERAL

---

1. INTRODUCCIÓN .....	11
2. OBJETIVOS .....	14
3. REQUERIMIENTOS.....	17
4. ENTORNO TECNOLÓGICO DEL PROYECTO .....	19
4.1. MODELO TCP/IP .....	20
4.2. LAN ETHERNET .....	26
4.2.1. INTRODUCCIÓN Y BREVE HISTORIA.....	26
4.2.2. CONCEPTO DE DIRECCIÓN MAC.....	30
4.2.3. HUBS.....	32
4.2.4. SWITCHES.....	33
4.2.5. ROUTERS .....	35
4.3. LAN WIFI .....	37
4.3.1. ESTÁNDARES.....	39
4.3.2. SEGURIDAD .....	41
5. DISEÑO Y REALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	44
5.1. ESQUEMA FÍSICO DE LA RED .....	45
5.1.1. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO .....	45

5.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE RED.....	49
5.2. ESQUEMA LÓGICO DE LA RED .....	57
5.3. ELECCIÓN DEL CABLEADO Y VELOCIDAD DE LA RED .....	59
5.4. ELECCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA ELECTRÓNICA DE RED.....	61
5.4.1. SWITCHES Y SU CONFIGURACIÓN .....	61
5.4.2. ENLACE WIFI ENTRE AMBOS EDIFICIOS .....	64
5.4.2.1. CONFIGURACIÓN ENLACE EDIFICIO DE PRIMARIA .....	71
5.4.2.2. CONFIGURACIÓN ENLACE DEL EDIFICIO DE INFANTIL.....	77
5.4.3. MODEM-ROUTER DE SALIDA A INTERNET .....	83
5.5. OTROS ELEMENTOS DE APOYO DOCENTE .....	85
5.5.1. EQUIPOS Y SOFTWARE BÁSICO .....	85
5.5.2. IMPRESORAS .....	93
5.5.3. PIZARRAS DIGITALES Y PROYECTORES .....	97
6. PRESUPUESTO .....	100
7. POSIBLES MEJORAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO.....	105
8. BIBLIOGRAFÍA .....	109
9. GLOSARIO.....	111
10. ANEXOS .....	114
10.1. ANEXO A - PLANOS DEL CENTRO .....	115

10.2. ANEXO B - DIAGRAMAS DE RED .....	121
--	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS Y PLANOS

---

Figura 4.1.1: Correspondencias entre capas del modelo TCP/IP y OSI.....	20
Figura 4.1.2: Recorrido de la información en TCP/IP .....	23
Figura 4.1.3: Envío y recepción de datos a través de una red con arquitectura TCP/IP.....	24
Figura 4.2.1.1: Estructura de la trama Ethernet.....	26
Figura 4.2.1.2: Estructura de la trama 802.3 .....	26
Figura 5.1.2.3: Armario mural de 19" con doble cuerpo y llave .....	51
Figura 5.1.2.4: Ventilador para refrigeración superior del rack (No ocupa unidad) .....	53
Figura 5.1.2.5: Representación del rack de tipo 1 (9 unidades) .....	54
Figura 5.1.2.6: Representación del rack de tipo 2 (12 unidades) .....	55
Figura 5.4.1.1: Switch Netgear GS748T.....	62
Figura 5.4.2.1: Antena + AP Ubiquiti Networks modelo NanoStation 2.....	66
Figura 5.4.2.3: Enlace WDS sin admisión de clientes .....	67
Figura 5.4.2.4: Enlace WDS con admisión de clientes.....	68
Figura 5.4.2.1.1: Pantalla inicial del AP del edificio de primaria .....	71
Figura 5.4.2.1.2: Configuración Wireles del AP del edificio de primaria .....	72
Figura 5.4.2.1.3: Configuración de red del AP del edificio de primaria.....	73

Figura 5.4.2.1.4: Configuración avanzada del AP del edificio de primaria .....	74
Figura 5.4.2.1.5: Configuración de servicios del AP del edificio de primaria ....	75
Figura 5.4.2.1.6: Configuración de sistema del AP del edificio de primaria.....	76
Figura 5.4.2.2.1: Pantalla inicial del AP del edificio de infantil.....	77
Figura 5.4.2.2.2: Configuración Wireles del AP del edificio de infantil.....	78
Figura 5.4.2.2.3: Configuración de red del AP del edificio de infantil .....	79
Figura 5.4.2.2.4: Configuración avanzada del AP del edificio de infantil .....	80
Figura 5.4.2.2.5: Configuración de servicios del AP del edificio de infantil.....	81
Figura 5.4.2.2.6: Configuración de sistema del AP del edificio de infantil .....	82
Figura 5.4.3.1: Módem-router ADSL 2+ Ovislink EVO-DSL41 .....	83
Figura 5.5.1.2: Pantalla de elección de unidades congeladas durante la instalación de Deep Freeze.....	88
Figura 5.5.1.3: Icono de estado de Deep Freeze (el primero).....	88
Figura 5.5.1.4: Ventana de introducción de password en Deep Freeze .....	89
Figura 5.5.1.5: Panel de control de Deep Freeze.....	89
Figura 5.5.3.1: Detalle de pizarra digital genérica .....	97
Figura 5.5.3.2: Cañón proyector Optoma EX525ST .....	98
Figura 5.5.3.3: Capacidad de instalación del proyector de corto alcance .....	99
Figura 7.1: Panel de administración del switch donde se configura el trunk ..	108

Figura 10.1.1: Emplazamiento de ambos edificios y detalle del enlace wifi ...	115
Figura 10.1.2: Planta del edificio de infantil.....	116
Figura 10.1.3: Planta baja del edificio de primaria.....	117
Figura 10.1.4: Planta primera del edificio de primaria .....	118
Figura 10.1.5: Planta segunda del edificio de primaria.....	119
Figura 10.1.6: Detalle de un aula de informática.....	120
Figura 10.2.1: Distribución general de la red en el edificio de primaria .....	121
Figura 10.2.2: Distribución general de la red en el edificio de infantil.....	122
Figura 10.2.3: Esquema del enlace wifi entre ambos edificios.....	122
Figura 10.2.4: Detalle de la salida a Internet a través del equipo haciendo funciones de cortafuegos + filtro .....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 5.1.1.1: Desglose de puntos de red en el edificio de primaria .....	48
Tabla 5.1.1.2: Desglose de puntos de red en el edificio de infantil.....	48
Tabla 5.1.2.1: Desglose del reparto de electrónica de red en los armarios en el edificio de primaria .....	52
Tabla 5.1.2.2: Desglose del reparto de electrónica de red en los armarios en el edificio de infantil.....	52
Tabla 5.4.1.2: Características básicas del switch GS748TEU .....	63
Tabla 5.4.2.2: Características del Ubiquiti Networks modelo NanoStation 2....	66
Tabla 5.4.2.5: Datos que deben cumplir los equipos miembros de una red WDS69	
Tabla 5.4.2.6: Configuración del equipo del edificio de primaria .....	70
Tabla 5.4.2.7: Configuración del equipo del edificio de infantil.....	70
Tabla 5.5.1.1: Aplicaciones a instalar en los PCs del centro .....	87
Tabla 5.5.1.6: Desglose de equipos a instalar en el edificio de primaria.....	91
Tabla 5.5.1.7: Desglose de equipos a instalar en el edificio de infantil .....	91
Tabla 5.5.2.1: Desglose de impresoras a instalar en el edificio de primaria.....	94
Tabla 5.5.2.2: Desglose de impresoras a instalar en el edificio de infantil .....	94
Tabla 5.5.2.3: Modelos de impresoras y características .....	95
Tabla 5.5.2.4: Consumibles utilizados por la impresora de dirección y secretaría96	

Tabla 5.5.2.5: Consumibles utilizados por las impresoras de las salas de profesores e informática.....	96
--	----

---

## 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1. INTRODUCCIÓN

---

La informática en general y sobre todo a nivel de usuario, más cercana a las personas, es algo que forma parte de la cultura de los seres humanos desde el último tercio del siglo XX y más especialmente en los últimos 15 ó 25 años con la explosión del acceso masivo a Internet y la aparición de líneas de banda ancha en todo el mundo.

Es muy importante que los niños desde pequeños tengan acceso a un ordenador y se les enseñe a integrar esa tecnología en su vida cotidiana. Atrás quedaron las clases de informática del colegio, donde con suerte para los que pudieron acceder a ellas, con un spectrum o un comodore les enseñaban a pintar cuatro líneas o a crear un programa en Basic para que pidiera la fecha de nacimiento y calculase la edad. Ese acercamiento a los ordenadores y la informática en general resulta obsoleto e inútil en nuestros días, en gran medida, porque no tiene solución de continuidad en los hogares o fuera de la propia escuela y porque el modelo tecnológico ha cambiado con la incorporación de las redes de forma masiva, cosa que no existía en aquel momento o sólo estaban disponibles en entornos muy concretos e inaccesibles para el gran público.

Hoy en día casi todo el mundo tiene al menos un PC en casa y en muchos casos con conexión a Internet de banda ancha, por lo que todos, y especialmente los niños, debemos entender el potencial de esa tecnología e integrarla en nuestras vidas de forma natural. Los niños no deben ver el ordenador como un aparato que sólo sirve para jugar o que deben usar obligatoriamente cuando se les mande en el colegio o en el ámbito doméstico, sino como una herramienta viva que les permitirá acceder a un mundo de información y servicios ahorrando costes en tiempo y mejorando su productividad y calidad de vida, usarlo para su desarrollo vital cotidiano, igual para chatear con compañeros del colegio que para buscar información sobre cualquier tema, estar comunicados con familiares lejanos y amigos, etc. En definitiva, tener unos mínimos conocimientos para vislumbrar el

potencial de esta tecnología y ser conscientes de que puede haber contenidos dañinos para ellos a nivel digital.

---

## **2. OBJETIVOS**

---

## 2. OBJETIVOS

---

Partiendo de la idea expuesta en la introducción, el objetivo de este proyecto es establecer la base de esa idea, modelar una dotación tecnológica razonable para un centro de educación infantil y primaria de hoy en día, dar recursos técnicos a los docentes del centro y a los alumnos para que integren en su entorno y su vida la informática en general, las nuevas tecnologías, Internet y aprovechen al máximo todos los recursos tecnológicos de que se dispongan en el centro.

El centro contará con una red Ethernet de área local con un ancho de banda de 1 Gbps que vertebrará todos los servicios a los que se podrá acceder hoy y en futuras posibles ampliaciones. Debido a las peculiaridades físicas del centro, formado por dos edificios independientes, se desplegará un enlace wifi entre ambos, montado bajo la norma 802.11n para maximizar la velocidad y estabilidad del mismo. De ese modo se conseguirá una sola red de clase C con el mismo direccionamiento IP privado. Los usuarios de la red saldrán a Internet con una única dirección IP pública mediante NAT a través de un módem-router con una conexión ADSL.

A esa red local se conectarán PCs en las aulas y otras estancias, como despachos y salas de profesores, con sistema operativo Microsoft Windows que darán cobertura, por un lado a los docentes, como apoyo técnico en sus clases, y por otro a los alumnos, como apoyo técnico tutorizado en su aprendizaje.

El centro contará con pizarras digitales en todas las aulas así como un cañón para poder proyectar presentaciones, sesiones de navegación web, películas y material docente para las clases de idiomas, etc.

También habrá disponibles un número determinado de impresoras y dispositivos multifunción con fax, copiadora y escáner distribuidos según las necesidades en salas de profesores, departamento de dirección y secretaría y salas de informática.

Todo este equipamiento serán los cimientos, los instrumentos que deban manejar adecuadamente los docentes para que los niños, al final de su educación básica, acaben viendo un ordenador como una herramienta, una extensión, una posibilidad más para aprender y desarrollarse como personas y potenciar sus capacidades. En definitiva, no ser unos analfabetos tecnológicos como ocurre fuertemente en la actualidad, donde los niños disponen de acceso a un PCs sin tutela de ningún tipo, los usan sólo como elemento lúdico y no tienen una visión del potencial que tiene un PC conectado a la red.

---

### **3. REQUERIMIENTOS**

---

### 3. REQUERIMIENTOS

---

El proyecto se desarrolla en un centro educativo ficticio de infantil y primaria. Habrá por lo tanto dos tipos de usuarios claramente diferenciados. Por un lado el personal docente, que utilizará los sistemas disponibles para preparar e impartir las clases, y por otro lado los alumnos, que usarán el material técnico como herramienta para ampliar sus conocimientos o acceder a parcelas de conocimiento diferentes al clásico libro de texto. Los alumnos tendrán entre 3 y 12 años, desde el curso 1º del segundo ciclo de educación infantil hasta 6º curso de educación primaria.

Será necesario un esfuerzo especial por parte de los docentes para estar mínimamente formados y al día sobre las nuevas tecnologías y saber manejar con cierta soltura las herramientas de que dispondrán.

No existirá ningún servidor centralizado ni aplicaciones en red, por lo que cada equipo usará la red básicamente para imprimir en las impresoras compartidas disponibles y como vehículo para salir a Internet, por lo tanto la seguridad no será un punto vital. Excepcionalmente se podrá pasar información de un equipo a otro, pero no es el servicio principal del sistema a implantar.

En cualquier caso, el proyecto prevé la implantación de un sistema flexible, escalable y ampliable con modificaciones de forma escalonada a lo largo del tiempo según las necesidades futuras del centro, dejando la puerta abierta para instalar nuevos sistemas y dar cobertura a futuras tecnologías que trabajen sobre la red local a implantar.

---

## **4. ENTORNO TECNOLÓGICO DEL PROYECTO**

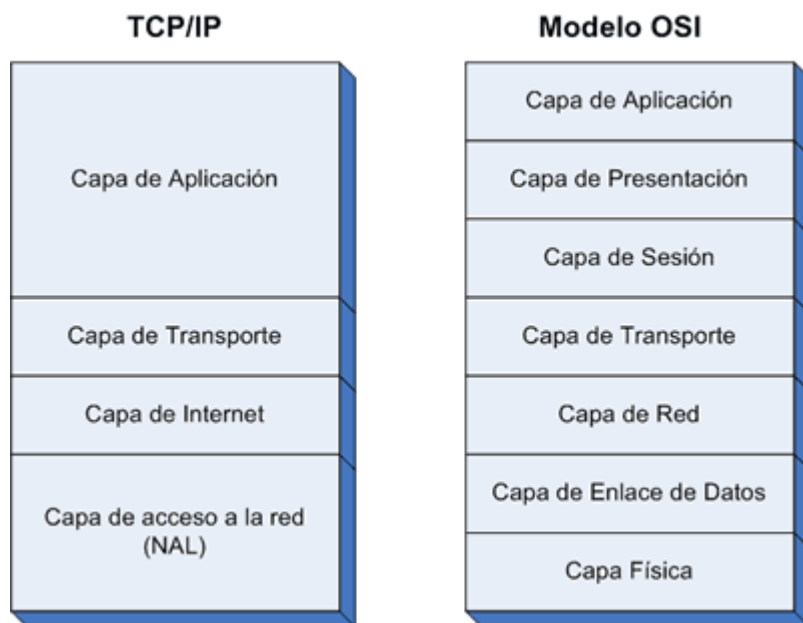
---

## 4.1. MODELO TCP/IP

---

El modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, Open System Interconnection) fue el modelo de red descriptivo creado por la ISO (Organización Internacional para la Estandarización) lanzado en 1984. Trató de imponerse como un estándar, dando solución a la disparidad de protocolos y arquitecturas de red existentes en aquel momento y tratando de hacer posible de forma sencilla y operativa la interconexión entre los sistemas de los diferentes fabricantes, pero por aquella época se imponía como un estándar de facto el modelo TCP/IP, mucho más sencillo y compacto y para el que se habían desarrollado ya protocolos de transporte, aplicación, etc.

OSI es un modelo teórico de 7 capas frente a TCP/IP, un modelo práctico con sólo 4 capas, más simple y compacto. En la figura 4.1.1 se puede apreciar la equivalencia de capas entre ambos.



**Figura 4.1.1: Correspondencias entre capas del modelo TCP/IP y OSI**

El modelo TCP/IP está dividido en cuatro capas numeradas de abajo hacia arriba:

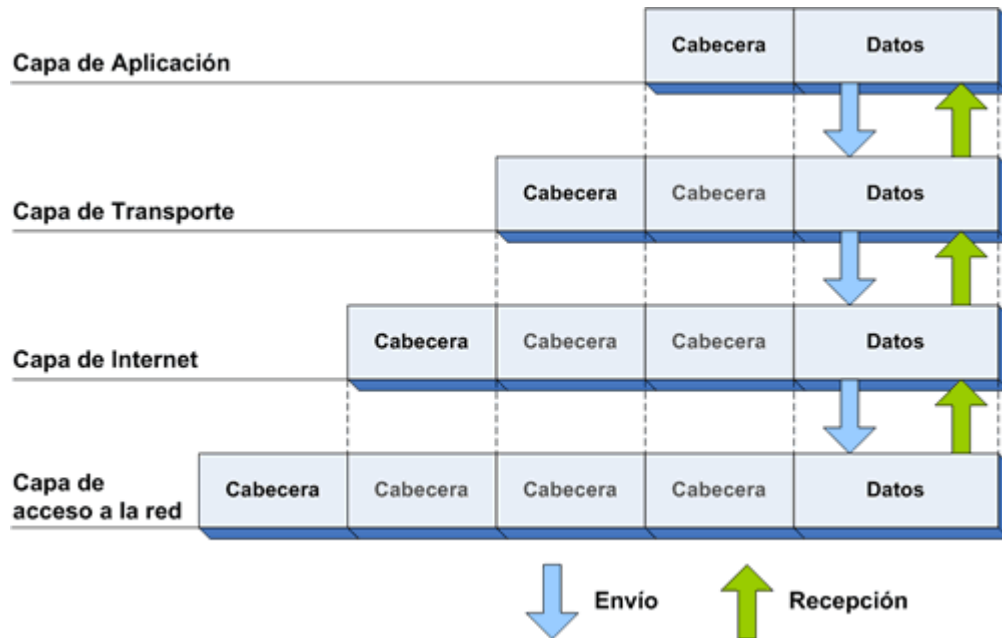
- **Capa 1 (interfaz de red):** Es la capa de acceso al medio (MAC) y se suele hacer referencia a ella con este nombre, es asimilable a las capas 1 (física) y 2 (enlace de datos) del modelo OSI. Esta capa se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso a la red, la notificación de errores, la distribución ordenada de tramas y del control del flujo, aunque otras capas tienen también su propio control de errores.
- **Capa 2 (red o internet):** Es la capa de red o internet, asimilable a la capa 3 (red) del modelo OSI. El objetivo de la capa es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aún cuando ambos no estén conectados directamente. Los routers IP trabajan en esta capa. Los firewalls actúan sobre esta capa principalmente, para realizar filtrados por direcciones de máquinas. En este nivel se realiza el direccionamiento lógico y la determinación de la ruta de los datos hasta su receptor final.
- **Capa 3 (transporte):** Es la capa de transporte, asimilable a la capa 4 (transporte) del modelo OSI. Es la capa encargada de efectuar el transporte de los datos de la máquina origen a la de destino, independizándolo del tipo de red física que se esté utilizando.
- **Capa 4 (aplicación):** Capa de aplicación, asimilable a las capas 5 (sesión), 6 (presentación) y 7 (aplicación) del modelo OSI. Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico (POP y SMTP), gestores de bases de datos o servidor de ficheros (FTP). Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas y

puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones el número de protocolos crece sin parar.

Aunque hay cierta variedad en los protocolos a usar en las diferentes capas de la arquitectura, el modelo TCP/IP usa fundamentalmente y de manera característica el protocolo IP en la capa de red o internet y los protocolos TCP y UDP en la capa de transporte.

- **IP:** Lleva encapsulados las unidades de datos del nivel de transporte y es un protocolo no orientado a la conexión. Esto facilita enormemente la distribución y enrutamiento de la información. Las PDU (Protocol Data Units o Unidades de Datos de Protocolo) de esta capa se llaman datagramas IP.
- **TCP:** Lleva encapsulados los datos de la capa de aplicación y es un protocolo orientado a la conexión, lo que significa que antes de la transmisión, ambos extremos deben conectarse entre sí para aceptar el intercambio de información. Esto garantiza la entrega de dicha información, así como el orden de llegada de la misma. Al requerir conexión es un protocolo más lento. Las PDU de este protocolo se llaman segmentos TCP.
- **UDP:** Lleva encapsulados los datos de la capa de aplicación. Es un protocolo no orientado a la conexión, lo cual significa que no existe garantía ni orden en la entrega de los mensajes enviados. Al no requerir conexión ni garantía de entrega, es mucho más rápido y se usa en aplicaciones en las que no es vital la pérdida esporádica de los envíos como el streaming de audio o vídeo, consultas al servicio de DNS, etc. Las PDU de este protocolo se llaman datagramas de usuario UDP.

Cabe aclarar que el usuario normalmente no interactúa directamente con la capa de aplicación de TCP/IP. Suele interactuar con aplicaciones de usuario que a su vez interactúan con el nivel de aplicación de TCP/IP pero ocultando la complejidad subyacente.

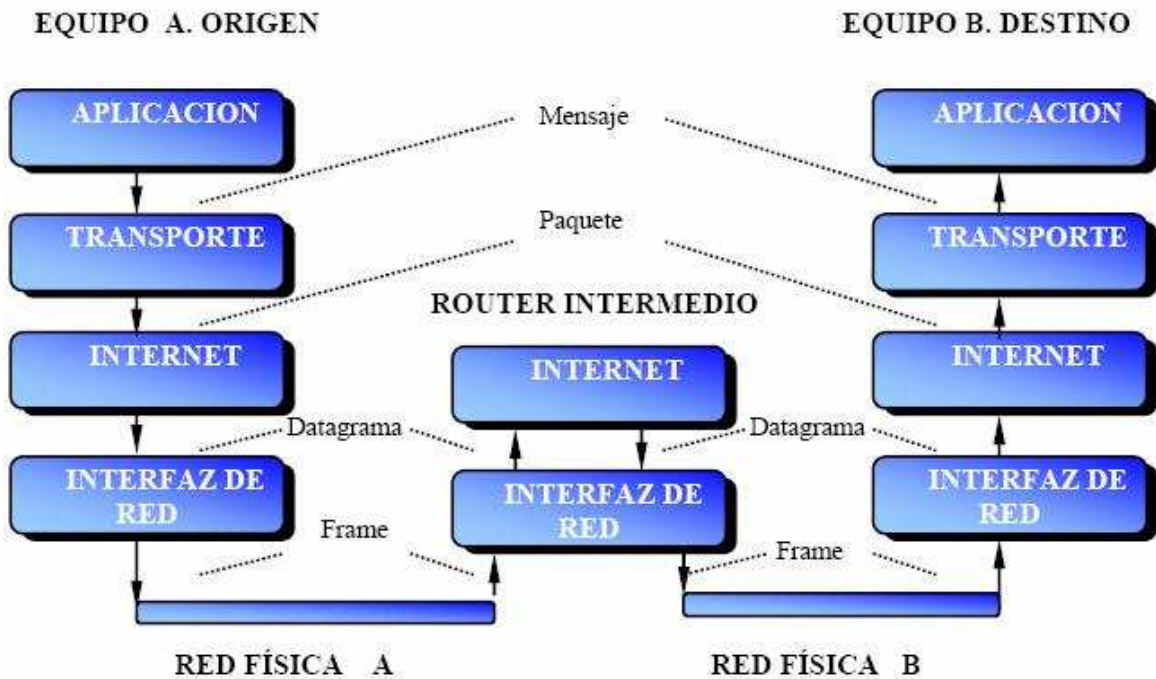


**Figura 4.1.2: Recorrido de la información en TCP/IP**

El funcionamiento esquemático de cualquier protocolo de la capa de aplicación implementado con TCP/IP es muy sencillo. Las capas de la arquitectura funcionan como elementos de una pila, de modo que la información empieza a fluir desde la capa más exterior (capa de aplicación) hacia la más interna (capa de interfaz de red o capa MAC). Cada capa pone sus propias cabeceras y encapsula los datos pasados desde la capa anterior. En muchos casos, el control de errores o el cifrado se realiza en capas diferentes. En cada capa el resultado tiene un nombre: paquete, trama, datagrama, segmento, etc según la capa y el protocolo usado. Cuando se llega a la capa de más bajo nivel, la información se transmite por el medio y llega al otro extremo, donde se desapila y se reconstruye la información original pasando por cada capa en orden inverso y aplicando los algoritmos correspondientes de descifrado, corrección y detección de errores, etc. Cada capa realiza las tareas complementarias de su mismo nivel. Si en el emisor se incluyó

un CRC de control, el receptor lo comprueba, si se cifró la información, se descifra, etc.

Algunos de los protocolos y servicios más conocidos que utilizan la capa de aplicación de TCP/IP son FTP, HTTP, SMTP, POP, etc



**Figura 4.1.3: Envío y recepción de datos a través de una red con arquitectura TCP/IP**

Un esquema de cómo funciona el encapsulamiento y desencapsulamiento de la información de aplicación en la torre TCP/IP puede ser el mostrado en la figura 4.1.2. En ella se ve claramente como desde arriba hacia abajo se van añadiendo cabeceras y/o colas en cada capa y se respetan los datos que vienen de la capa superior, encapsulándolos en el campo de datos de la capa actual. En el extremo contrario, el proceso sería simétrico e inverso hasta recopilar los datos que forman la información que la aplicación de usuario ha pasado a la capa de aplicación en el emisor. Esta técnica hace que se puedan entender máquinas con diferentes arquitecturas, sistemas operativos, etc siempre que respeten el orden y las características del modelo TCP/IP en la programación de los protocolos de comunicación de nivel aplicación.

Un sencillo ejemplo del escenario descrito que se ve a diario en todo el mundo es un navegador Microsoft Internet Explorer corriendo sobre un sistema operativo Microsoft Windows que accede usando el protocolo HTTP o FTP a un servidor Linux para obtener una información.

En la figura 4.1.3 puede apreciarse una comunicación basada en TCP/IP entre el equipo A (cliente) y el equipo B (servidor). La transmisión en la figura, pasa a través de un router intermedio que une ambas redes. Este esquema es totalmente escalable, de modo que en una situación normal en la que el cliente y el servidor estén en puntos opuestos del planeta puede haber decenas de saltos entre routers hasta llegar de un extremo al otro.

## 4.2. LAN ETHERNET

---

### 4.2.1. INTRODUCCIÓN Y BREVE HISTORIA

---

Ethernet es el estándar de facto para redes informáticas de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD. Las diferentes normas IEEE que definen Ethernet incluyen las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos.

Ethernet es anterior en el tiempo y se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3. Usualmente se toman Ethernet e IEEE 802.3 como sinónimos. Ambas se diferencian básicamente en uno de los campos de la trama de datos. Las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.

Preámbulo	Destino	Origen	Tipo	Datos	Relleno	FCS
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	0 a 1500 bytes	0 a 46 bytes	2 ó 4 bytes

*Figura 4.2.1.1: Estructura de la trama Ethernet*

Preámbulo	SOF	Destino	Origen	Longitud	Datos	Relleno	FCS
7 bytes	1 byte	2 ó 6 bytes	2 ó 6 bytes	2 bytes	0 a 1500 bytes	0 a 46 bytes	4 bytes

*Figura 4.2.1.2: Estructura de la trama 802.3*

En las figuras 4.2.1.1 y 4.2.1.2 se puede ver respectivamente el formato de la trama Ethernet y el de la 802.3, donde se aprecian las sutiles diferencias entre ambas. Normalmente en las redes locales actuales (LAN) predomina el uso de IEEE 802.3 aunque en el argot suelen ser referidas como redes LAN Ethernet,

pero no está en uso el tipo de trama original descrito en este documento. La descripción de los campos es la siguiente:

- **Preámbulo:** Un campo de 7 bytes (56 bits) con una secuencia de bits usada para sincronizar y estabilizar el medio físico antes de iniciar la transmisión de datos. El patrón del preámbulo es: 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010. Estos bits se transmiten en orden, de izquierda a derecha y en la codificación Manchester representan una forma de onda periódica.
- **SOF:** (Start Of Frame) Inicio de Trama: Campo de 1 byte (8 bits) con un patrón de 1s y 0s alternados y que termina con dos 1s consecutivos. El patrón del SOF es: 10101011. Indica que el siguiente bit será el bit más significativo del campo de dirección MAC de destino. Aunque se detecte una colisión durante la emisión del preámbulo o del SOF, el emisor debe continuar enviando todos los bits de ambos hasta el fin del SOF.
- **Dirección de destino:** Campo de 6 bytes (48 bits) que especifica la dirección MAC de tipo IEEE EUI-48 hacia la que se envía la trama. Esta dirección de destino puede ser de una estación, de un grupo multicast o la dirección de broadcast de la red. Cada estación examina este campo para determinar si debe aceptar la trama (si es la estación destinataria). La IEEE 802.3 permite que este campo sea de 2 bytes, mientras que en Ethernet sólo puede ser de 6.
- **Dirección de origen:** Campo de 6 bytes (48 bits) que especifica la dirección MAC de tipo IEEE EUI-48 desde la que se envía la trama. La estación que deba aceptar la trama conoce por este campo la dirección de

la estación origen con la cual intercambiará datos. La IEEE 802.3 permite que este campo sea de 2 bytes, mientras que en Ethernet sólo puede ser de 6.

- **Tipo / Longitud:** Campo de 2 bytes (16 bits) que en Ethernet identifica el protocolo de red de alto nivel asociado con la trama y en IEEE 802.3 contiene la longitud del campo de datos. La capa de enlace de datos interpreta este campo. En la IEEE 802.3 el campo longitud debe ser menor o igual a 1500 bytes y el campo tipo debe ser mayor o igual a 1536 bytes.
- **Datos:** Campo de 0 a 1500 Bytes de longitud. Cada Byte contiene una secuencia arbitraria de valores. El campo de datos es la información recibida del nivel de red (la carga útil). Este campo, también incluye los H3 y H4 (cabeceras de los niveles 3 y 4), provenientes de niveles superiores.
- **Relleno:** Campo de 0 a 46 bytes que se utiliza cuando la trama Ethernet no alcanza los 64 bytes mínimos para que no se presenten problemas de detección de colisiones cuando la trama es muy corta.
- **FCS:** (Frame Check Sequence / Secuencia de Verificación de Trama): Suele ser un campo de 32 bits (4 bytes) que contiene un valor de verificación CRC. El emisor calcula el CRC de toda la trama, desde el campo destino al campo CRC suponiendo que vale 0. El receptor lo recalcula, si el valor calculado es 0 la trama es válida. En Ethernet podría ser de 2 bytes, mientras que en IEEE 802.3 siempre son 4.

Algunas de las diferencias más significativas entre Ethernet e IEEE 802.3 son:

- El campo preámbulo de la trama. El propósito del preámbulo es anunciar la trama y permitir a todos los receptores en la red sincronizarse. El preámbulo en Ethernet tiene una longitud de 8 bytes pero en IEEE 802.3 la longitud del mismo es de 7 bytes, en este último el octavo byte se convierte en el comienzo del delimitador de la trama.
- El campo tipo de trama que se encuentra en la trama Ethernet. Un campo tipo es usado para especificar al protocolo que es transportado en la trama. Esto posibilita que muchos protocolos puedan ser transportados en la trama. El campo tipo fue reemplazado en el estándar IEEE 802.3 por un campo longitud de trama, el cual es utilizado para indicar el número de bytes que se encuentran en el campo de datos.
- Los campos de dirección, tanto de destino como de origen. Mientras que el formato de IEEE 802.3 permite el uso tanto de direcciones de 2 como de 6 bytes, el estándar Ethernet permite sólo direcciones de 6 Bytes.
- Todas las versiones de Ethernet son similares en que comparten la misma arquitectura de acceso al medio múltiple con detección de errores, CSMA/CD. Sin embargo, el estándar IEEE 802.3 ha evolucionado en el tiempo de forma que ahora soporta múltiples medios en la capa física, incluyendo cable coaxial de 50  $\Omega$  y 75  $\Omega$ , cable UTP, STP o fibra óptica. Otras diferencias entre los dos incluyen la velocidad de transmisión, el método de señalamiento y la longitud máxima del cableado, etc.

#### **4.2.2. CONCEPTO DE DIRECCIÓN MAC**

---

En redes de ordenadores, especialmente en Ethernet, la dirección MAC es un identificador de 48 bits (6 bloques hexadecimales) que identifica de forma única a una estación de una red Ethernet. Es individual, cada dispositivo dentro de la red debe tener su propia dirección MAC. La dirección está compuesta por información procedente del IEEE (los últimos 24 bits) y el fabricante del dispositivo (los primeros 24 bits) utilizando el OUI.

El OUI hace referencia a un número de 24 bits comprado a la Autoridad de Registro del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE). Este identificador único, identifica a cada empresa u organización (llamados asignados) a nivel mundial y reserva un bloque en cada posible identificador derivado para el uso exclusivo del asignado (como las direcciones MAC, direcciones de grupos, identificadores para el Protocolo de acceso a subredes, etc.). De esta manera, el OUI es utilizado por estas empresas u organizaciones para crear instancias particulares de estos identificadores y usarlos con diferentes fines, como la identificación de diferentes componentes (tarjetas de red, etc) o para la identificación de un protocolo de red y para ser usado en diferentes productos hardware, incluyendo direcciones MAC para Ethernet u otras NICs, en World Wide Names para los Host Bus Adapters de fibra óptica y otros componentes para fibra óptica y SCSI. En las direcciones MAC el OUI es combinado con otro número de 24 bits para formar la dirección completa.

La mayoría de los protocolos que trabajan en la capa MAC usan una de las tres numeraciones manejadas por el IEEE: MAC-48, EUI-48 o EUI-64, las cuales han sido diseñadas para ser identificadores globalmente únicos. No todos los protocolos de comunicación usan direcciones MAC, y no todos los protocolos requieren identificadores globalmente únicos.

Las direcciones MAC son únicas a nivel mundial, puesto que son escritas directamente, en forma binaria, en el hardware en su momento de fabricación,

aunque actualmente se pueden emular fácilmente por software en cualquier sistema operativo.

El concepto de dirección MAC es utilizada en varias tecnologías entre las que se incluyen:

- Ethernet
- 802.3 CSMA/CD
- 802.5 o redes en anillo a 4 Mbps o 16 Mbps Token Ring
- 802.11 redes inalámbricas (WIFI)

MAC opera en la capa de física, encargada de hacer fluir la información libre de errores entre dos máquinas conectadas directamente. Para ello se generan tramas, pequeños bloques de información que contienen en su cabecera las direcciones MAC correspondiente al emisor y receptor de la información.

### 4.2.3. HUBS

---

Los Hubs, también llamados concentradores, son los primeros elementos que aparecieron en el mercado para poder centralizar el cableado de una red y poder ampliarla.

Un concentrador funciona repitiendo cada paquete de datos en cada uno de los puertos con los que cuenta, excepto en el que ha recibido el paquete, de forma que todos los equipos conectados tienen acceso a todos los datos que pasan a través de él. También se encarga de enviar una señal de choque a todos los puertos si detecta una colisión. Son la base para las redes de topología tipo estrella.

El concentrador opera en la capa MAC (a nivel físico), al igual que los repetidores, y puede ser implementado utilizando únicamente tecnología analógica. Simplemente une conexiones y no altera ni reconoce las tramas que le llegan.

Puesto que todas las tramas recibidas por el hub se repiten en todas las bocas menos en la de origen, se generan más probabilidades de colisión y a medida que añadimos máquinas a la red siguen aumentando esas probabilidades.

Un concentrador funciona a la velocidad del dispositivo más lento de la red. Si observamos cómo funciona vemos que el concentrador no tiene capacidad de almacenar nada. Por lo tanto si una máquina que emite a 100 Mb/s le transmitiera a otra de 10 Mb/s algo se perdería del mensaje.

#### 4.2.4. SWITCHES

---

Los switches también llamados conmutadores, son dispositivos digitales de lógica de interconexión de redes de computadores que operan en la capa MAC (a nivel de enlace). Su función es interconectar dos o más segmentos de red pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red. Un conmutador en el centro de una red en estrella.

Básicamente constan de n bocas donde se conectan entre 1 y n dispositivos. Cuenta con una memoria interna para almacenar la relación entre la boca y las direcciones MAC de los dispositivos asociados a ella y otra memoria donde almacena las tramas una vez recibidas antes de ser enviadas al destino.

Al funcionar a nivel de enlace en la capa MAC de 802.3, tienen acceso a la estructura y los datos de la trama, por lo que saben leer las direcciones MAC de origen y destino y funcionan repitiendo la trama sólo por la boca donde está conectada la dirección MAC de destino. De ese modo se minimizan las colisiones notablemente ya que las otras estaciones conectadas no reciben esa trama, de hecho su principal función es dividir la red en múltiples dominios de colisión, aunque no consiguen filtrar broadcasts o multicasts (en el caso en que más de una sub-red contenga las estaciones pertenecientes al grupo multicast de destino). También aumenta la seguridad ante posibles sniffers, ya que en principio y sin técnicas de hacking, una estación conectada a una boca del conmutador no puede saber lo que intercambian dos estaciones conectadas a dos bocas diferentes del mismo conmutador.

El funcionamiento es muy simple y se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Se recibe una trama por la boca X
2. Se almacena en la memoria interna
3. Se calcula su CRC y se comprueba su estructura, si todo es correcto se continúa, sino, se descarta directamente.

4. Se inspecciona el campo de dirección destino de la trama
5. Se consulta la tabla interna para saber en qué boca está conectado el dispositivo con la dirección destino. Si no se conoce, se utilizan protocolos como ARP para averiguarlo.
6. Se envía la trama sólo a esa boca

Este funcionamiento básico es el más extendido y es el que usan los dispositivos de tipo Store-and-Forward. Hay otras variantes como la Cut-Through, que nada más disponer de la trama en la memoria interna, se lee la dirección destino y la encamina, eliminando tiempo de latencia, pero no descartando tramas erróneas, mal formadas, etc. Una evolución de ambos modos de funcionamiento son los switches del tipo Adaptive Cut-Through y que usan un modo u otro de forma pseudointeligente en función del número de tramas erróneas detectadas en la red.

Esta es la idea básica, aunque el uso masivo de los switches en las redes de área local actuales ha generado variantes de dispositivos que permiten ser configurados para hacer casi cualquier cosa en su capa de trabajo, como gestionar el QoS con colas de prioridad, filtrar, control de ancho de banda, manipulación de paquetes, etiquetado, usar una o varias bocas para labores administrativas en las que se repita todo el tráfico de todas las demás bocas emulando el comportamiento del hub, e incluso existen dispositivos híbridos que operan en la capa de red o internet, haciendo filtrado por IP, enrutamiento, etc. En los últimos tiempos han aparecido dispositivos llamados Switches 3+ o de capa 4 que son capaces de analizar las tramas a nivel de transporte, filtrando según el protocolo encapsulado: TCP, UDP, etc, aunque aún se discute sobre su verdadera utilidad.

#### 4.2.5. ROUTERS

---

Los routers o encaminadores, son dispositivos hardware para interconexión de redes de ordenadores ya que permiten asegurar el enrutamiento de paquetes entre diferentes redes o determinar la ruta que debe tomar un determinado paquete de datos en función de la dirección destino. Operan en la capa de red o internet de TCP/IP.

Los primeros modelos en los años 80 permitían multiprotocolo, pero actualmente, se usa masivamente IP en la capa de red y los dispositivos multiprotocolo se han quedado obsoletos.

Existen multitud de modelos, fabricantes y tipos de conexión, pero actualmente, de forma general y simplificada se pueden encontrar dos tipos de router en el mercado. Por un lado los que podríamos llamar routers puros o clásicos, usados más comúnmente en el mundo empresarial, grandes instalaciones, CPDs, ISPs, etc. Disponen de dos o más bocas con diferentes tipos de conexión (RJ45, fibra, etc) y de tantas interfaces de red como bocas tengan, siendo capaces de pertenecer a varias redes incluso de diferentes tipos (Ethernet, ATM, X.25, etc) y por tanto unir las a través de sus interfaces y sus reglas de encaminamiento.

Por otro lado están los routers ADSL o de cable, mal llamados routers a secas, ya que son dispositivos híbridos entre un router clásico puro y un módem ADSL o cable, denominándose modem-router. Estos dispositivos están más orientados a unir una red local pequeña, doméstica o de una pequeña empresa (SOHO) con Internet a través de la red del ISP que presta servicio de acceso por banda ancha. La función principal de estos dispositivos es hacer NAT, es decir, que los equipos de una LAN con direccionamiento interno privado salgan a Internet usando una sola dirección IP pública proporcionada por el ISP.

Cuentan normalmente con dos interfaces de red, una de tipo Ethernet con conexión RJ45 y otra de tipo RJ11 en el caso de ADSL o de tipo BNC en el caso

de que el ISP sea de cable. La parte Ethernet además suele incorporar 4 bocas haciendo también la función de switch para conectar varios dispositivos al mismo modem-router y evitar colocar un switch en un entorno doméstico.

Por lo tanto en la parte Ethernet, en cualquiera de las bocas RJ45 se conectaría uno o varios PCs o un switch más grande que interconectara varias máquinas o redes y en la parte RJ11 o BNC se conectaría la línea telefónica sobre la que va el ADSL o el cable coaxial que proporciona el operador de cable. Por la interfaz RJ45 se dispone de una red de tipo Ethernet mientras que por la interfaz RJ11 / BNC se dispone normalmente de una red de tipo ATM con acceso a través de PPP o cualquiera de sus variantes PPPoE, PPPoA, etc.

### 4.3. LAN WIFI

---

Inicialmente a esta tecnología nacida a finales de los años 90 se le llamó Wireless (Sin cables), pero pronto Nokia y Symbol Technologies crearon en 1999 una asociación conocida como WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance, Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica). Esta asociación pasó a denominarse WiFi Alliance en 2003 y contaba con más de 150 fabricantes. El objetivo de la misma fue crear una marca que permitiese fomentar más fácilmente la tecnología inalámbrica y asegurar la compatibilidad de equipos, de modo que todos los dispositivos que tuviesen el logotipo wifi fuesen compatibles entre sí con independencia del fabricante. A partir de entonces y de forma masiva, todo el mundo habla de wifi como de la tecnología sin cables, a pesar de que se trata de una marca y no de una tecnología como tal.

La norma que regula esta tecnología es la IEEE 802.11 y sus variantes (802.11a/b/n, etc). La norma fue diseñada para sustituir el equivalente a las capas físicas y MAC de la norma 802.3 / Ethernet. Esto quiere decir que en lo único que se diferencia una red wifi de una red Ethernet es en cómo se transmiten las tramas o paquetes de datos, el resto es idéntico. Por tanto, una red local inalámbrica 802.11 es completamente compatible con todos los servicios de las redes locales (LAN) de cable 802.3 / Ethernet.

En la última década la tecnología wifi se ha implantado de forma masiva en múltiples entornos.

Tiene como gran ventaja la movilidad, sencillez en la instalación ya que no necesita cableado de ningún tipo, etc. En contraposición, es mucho más lenta, ya que el medio de transmisión, el aire, es mucho más hostil y sensible a interferencias de todo tipo que el cable de cobre tradicional de las redes Ethernet / 802.3. Otro hándicap importante para frenar su uso es la seguridad. En un entorno wifi en que el no es posible acotar claramente la extensión de la red es

mucho más sencillo realizar ataques que en un entorno cableado, en el que se debe acceder físicamente a un punto de conexión para ello.

### 4.3.1. ESTÁNDARES

---

Desde la aparición de la tecnología wifi se han aprobado diferentes estándares sobre el IEEE 802.11 que funcionan a diferentes velocidades, algunos como el 802.11a no han tenido mucho éxito, especialmente en Europa. Los estándares más utilizados son:

- **802.11b:** Se aprueba por parte del IEEE en 1999. Funciona en la banda de 2,4Ghz y tiene una velocidad máxima de 11 Mbits/s. Este estándar es el que hizo despegar a las redes wifi.
- **802.11g:** Se aprueba por parte del IEEE en 2003. Funciona en la banda de 2,4Ghz y tiene una velocidad máxima de 54 Mbits/s. Este estándar es el que está actualmente implantado de forma masiva.
- **802.11n:** Se aprueba por parte del IEEE en 2009. Funciona en la banda de 2,4Ghz ó 5Ghz y tiene una velocidad máxima teórica de de 600 Mbits/s, aunque los dispositivos actuales no soportan más de 300 Mbits/s. Antes de la aprobación de la norma existió un tiempo en que algunos dispositivos incluían soporte para Draft-N que era un borrador de la norma aprobada en 2009. Este estándar 802.11n es el que se está implantado escalonadamente para sustituir a 802.11g. Su gran aportación es la ampliación de la velocidad con la tecnología MIMO que permite utilizar varios canales a la vez para enviar y recibir datos gracias a la incorporación de varias antenas.

Los estándares 802.11b y 802.11g utilizan la banda de 2.4 - 2.5 Ghz. En esta banda, se definieron 11 canales utilizables por equipos wifi, que pueden

configurarse de acuerdo a necesidades particulares. Sin embargo, los 11 canales no son completamente independientes (canales contiguos se superponen y se producen interferencias). El ancho de banda de la señal (22 MHz) es superior a la separación entre canales consecutivos (5 MHz), por eso se hace necesaria una separación de al menos 5 canales con el fin de evitar interferencias entre celdas adyacentes. Tradicionalmente se utilizan los canales 1, 6 y 11, aunque se ha documentado que el uso de los canales 1, 5, 9 y 13 (en dominios europeos) no es perjudicial para el rendimiento de la red.

Esta asignación de canales usualmente se hace sólo en el Access Point o Punto de Acceso a la red, pues los “clientes” automáticamente detectan el canal, salvo en los casos en que se forma una red “Ad-Hoc” o punto a punto en la que no existe Access Point.

La banda de 5GHz apenas se usa en la actualidad con respecto a la de 2,4Ghz, a pesar de que está mucho menos congestionada que la de 2,4GHz, ya que en esta última opera el Bluetooth, telefonía inalámbrica, hornos microondas, etc. Operar en 5GHz implica elegir entre menos equipos disponibles en el mercado, ya que hay menos oferta y además, su alcance es algo menor que el de los estándares que trabajan a 2,4 GHz debido a que la frecuencia es mayor y a mayor frecuencia, menor alcance.

### 4.3.2. SEGURIDAD

---

Existen ciertas técnicas simples de seguridad que son aplicadas masivamente en entornos wifi y que realmente no ponen barreras significativas a la intrusión en una red inalámbrica. Estas técnicas son:

- **Ocultación del SSID de la red:** Ocultar el nombre de la red no la hace más segura, ya que con un simple sniffer inalámbrico se pueden obtener todos los datos necesarios para conectarse a ella.
- **Filtrado por MAC:** El filtrado por MAC consiste en configurar el AP (Access Point o Punto de Acceso) para que sólo deje conectarse a aquellas direcciones MAC que se especifiquen. Debido a la complejidad de los protocolos de conexión al AP se intercambian muchas tramas en las que las direcciones MAC son perfectamente identificables. Con un sniffer de red se puede esperar a que una estación autorizada consiga el acceso y luego utilizar esa MAC autorizada para conseguirlo nosotros a través de un ataque tipo "Man in the middle", por lo que aunque es una técnica un poco más sofisticada que la anterior, no resulta complicado evadir la barrera del filtro MAC.

Llegamos a la conclusión de que en un entorno inalámbrico, la seguridad se basa en el apropiado cifrado de la comunicación y es un punto fundamental para evitar intrusiones en la red. Actualmente se utilizan tres modos de cifrado que se indican a continuación:

- **WEP:** Fue el primero que se desarrolló incluido en el estándar IEEE 802.11. Admite claves de 64 ó 128 bits con 24 bits de vector de inicialización en ambos casos. WEP usa el algoritmo de cifrado RC4 para la confidencialidad, mientras que el CRC-32 proporciona la integridad. Este

sistema ha sido desechado por la IEEE en las nuevas revisiones de la 802.11 ya que es muy vulnerable. A pesar de ello mucha gente lo sigue usando.

- **WPA:** Este método de cifrado fue la evolución natural de WEP, mucho más robusto y resistente a los ataques, se pensó para mantener los equipos antiguos y no tener que cambiar el hardware, pero a la vez mejorar notablemente la seguridad en entornos inalámbricos. Utiliza TKIP como algoritmo de cifrado. Basado en RC4, usa el mismo principio que WEP, pero con una clave de 128 bits y un vector de inicialización de 48 bits. Adicionalmente a la autenticación y cifrado, WPA también mejora la integridad de la información cifrada. La comprobación de redundancia cíclica (CRC) utilizada en WEP es insegura, ya que es posible alterar la información y actualizar el CRC del mensaje sin conocer la clave WEP. WPA implementa un código de integridad del mensaje (MIC - Message Integrity Code), también conocido como "Michael". Además, WPA incluye protección contra ataques de "repetición" (replay attacks), ya que incluye un contador de tramas. Al incrementar el tamaño de las claves, el número de llaves en uso, y al agregar un sistema de verificación de mensajes, WPA hace que la entrada no autorizada a redes inalámbricas sea mucho más difícil. El algoritmo Michael fue el más fuerte que los diseñadores de WPA pudieron crear bajo la premisa de que debía funcionar en las tarjetas de red inalámbricas más viejas; sin embargo es susceptible a ataques. Para minimizar este riesgo los drivers de las estaciones se desconectarán un tiempo definido por el fabricante. Si reciben dos colisiones Michael en menos de 60 segundos, podrán tomar medidas, como por ejemplo reenviar las claves o dejar de responder durante un tiempo específico. WPA Se usa en dos ámbitos diferentes:

- **WPA (TKIP):** Usado en entornos empresariales, es necesario un servidor RADIUS que valide los usuarios que acceden a la red inalámbrica.
  
- **WPA-PSK (TKIP):** Usado en entornos domésticos, todas las estaciones utilizan una clave compartida para conectarse a la red wifi.
  
- **WPA2:** Este método de cifrado es el más fuerte de los tres. El bloque cifrador se basa en el algoritmo AES, que ofrece mayores garantías ya que actualmente es irrompible con claves lo suficientemente grandes. Es el último método de cifrado en aparecer y no es soportado por hardware antiguo ya que no está basado en RC4 y la electrónica de equipos antiguos no está preparada para computar este cifrado, ni siquiera con actualizaciones de firmware. WPA2 Se usa en dos ámbitos diferentes:
  - **WPA2 (AES):** Usado en entornos empresariales, es necesario un servidor RADIUS que valide los usuarios que acceden a la red inalámbrica.
  
  - **WPA2-PSK (AES):** Usado en entornos domésticos, todas las estaciones utilizan una clave compartida para conectarse a la red wifi.

---

## **5. DISEÑO Y REALIZACIÓN DEL PROYECTO**

---

## **5.1. ESQUEMA FÍSICO DE LA RED**

---

### **5.1.1. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO**

---

El centro de enseñanza ficticio objeto de este TFC estará formado por dos edificios separados, uno principal (primaria) donde se encuentran los despachos, la zona administrativa, aulas de informática, conexión telefónica, etc y otro secundario (infantil) donde están sólo las aulas de educación infantil, la sala de profesores de los docentes que atienden las clases de ese nivel y un pequeño almacén.

Ambos edificios se encuentran separados por unas canchas y unos patios de juego tal como se ve en la figura 10.1.1 del anexo A. La distancia en línea recta que separa ambos edificios no es de más de 100 ó 150 metros aproximadamente entre las fachadas más próximas de ambas edificaciones.

La red por lo tanto estará dividida físicamente en dos partes, una en cada edificio y unidas después a través de un enlace wifi transparente cuyas características y configuración se detallarán en próximas secciones de este documento, formando finalmente una única red Ethernet con el mismo direccionamiento IP. En la figura 10.2.3 del apéndice B se puede apreciar el esquema de unión de ambas redes.

En el edificio principal, el de primaria, hay tres plantas, siendo necesaria la colocación de puntos de red en todas ellas. Básicamente y de forma general se instalarán 6 puntos de red por aula, dos en la mesa del profesor para que éste disponga de un equipo de apoyo para la docencia y un punto auxiliar para futuras necesidades, otros puntos en el lado opuesto del aula para dos equipos, que se destinarán para uso de los alumnos en función de los criterios del profesor en cada momento. Los últimos dos puntos se cablearán, pero no se conectarán al switch, tal como se describe más adelante.

El equipo del profesor dispondrá además de una PDI (Pizarra Digital Interactiva) y podrá ser usada como pizarra convencional con rotuladores específicos y para proyectar presentaciones, mostrar a los alumnos páginas web o aplicaciones, etc. Los equipos del fondo se usan en grupos de dos alumnos por puesto para realizar tareas de apoyo a la docencia en diferentes materias, autoevaluación, búsqueda de información, formación, etc, utilizando en cada caso software específico para ello.

Por otro lado habrá varios puntos de red concentrados en las aulas de informática y otros más repartidos por despachos, aulas de docencia especial (AL, PT, TGD), etc.

En el área ocupada por la sala de profesores del edificio principal y la secretaría hay más puntos de red que equipos previstos a instalar inicialmente porque las impresoras que usarán los profesores y la dirección del centro se colocarán en esos puntos físicos. Por otro lado, en el aula número 1, en el primer piso habrá un punto de red adicional al lado de la ventana para el AP del enlace wifi con el otro edificio, tal como se puede apreciar en la figura 10.1.4 del anexo A. En el caso del edificio de infantil no hará falta un punto especial para el otro AP del enlace wifi, ya que la antena se colocará a pocos metros del rack y se podrá llevar un cable directamente desde el patch-panel del armario de comunicaciones hasta la propia antena.

La distribución de los puntos de red en los dos edificios se realizará de acuerdo a las tablas 5.1.1.1 y 5.1.1.2. En ellas se indican los puntos de red conmutados, es decir, los que están conectados a un switch, y los puntos de red que a pesar de estar físicamente desplegados en las aulas y otras estancias, sólo está disponible el cableado hasta el rack y el patch-panel, pero no serán conectados a ningún conmutador. Este tipo de instalación se lleva a efecto con una previsión de ampliaciones futuras, de modo que si fuese necesario ampliar y usar esos puntos, se trabajaría siempre a nivel de armario, recolocando y ampliando la electrónica si fuese necesario, pero la infraestructura del cableado estaría hecha. En las diferentes figuras 10.1.2 y siguientes del anexo A se puede apreciar donde está

concretamente cada estancia dentro de cada edificio y situarla mejor, así como la distribución de los puntos de red dentro de cada aula, sala de profesores, etc.

<b>EDIFICIO DE PRIMARIA</b>		
<b>Estancia</b>	<b>Puntos de red conmutados</b>	<b>Puntos de red no conmutados</b>
<b>PLANTA BAJA (40)</b>		
Dirección	2	2
Secretaría	4	2
AMPA	4	2
Aula de psicomotricidad	4	2
Aula general TGD	4	2
Aula de PT	4	2
Aula de AL	4	2
Sala de profesores	8	4
Control	1	
Aula de música	4	2
Comedor	1	
<b>PLANTA PRIMERA (33)</b>		
Aula 1	5	2
Aula 2	4	2
Aula 3	4	2
Aula 4	4	2
Aula 5	4	2
Aula 6	4	2
Aula 7	4	2
Aula 8	4	2
<b>PLANTA SEGUNDA (88)</b>		
Aula 9	4	2

Aula 10	4	2
Aula 11	4	2
Aula 12	4	2
Aula de informática 1	36	
Aula de informática 2	36	
Biblioteca	6	4
Aula de usos varios	4	2
Total	171	50

**Tabla 5.1.1.1: Desglose de puntos de red en el edificio de primaria**

<b>EDIFICIO DE INFANTIL</b>		
<b>Estancia</b>	<b>Puntos de red conmutados</b>	<b>Puntos de red no conmutados</b>
Aula 1	4	2
Aula 2	4	2
Aula 3	4	2
Aula 4	4	2
Aula 5	4	2
Aula 6	4	2
Sala de profesores	6	4
Punto de conexión para la antena wifi	1	
Total	31	16

**Tabla 5.1.1.2: Desglose de puntos de red en el edificio de infantil**

## 5.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE RED

---

En el edificio principal, el de primaria, se montará una troncal o backbone que unirá todos los switches de todas las plantas. El cable de red que una los switches será de un color claramente diferente al que llegue desde los puntos de red a cada armario, así será muy sencillo distinguir el cableado de la troncal que une los switches del cableado que forma la red de los puestos de trabajo. Por otro lado, todos los puntos de red de cada planta se unirán a su switch correspondiente en esa misma planta en una topología de estrella.

En principio, la troncal estará formada por un sólo cable UTP que cosa todos los switches, pero los switches elegidos disponen de la posibilidad de hacer trunk con sus puertos, por lo que podrían ponerse enlaces de 2 ó 4 Gbps por ejemplo en la troncal frente a 1 Gbps en los puntos de red. Esto requerirá el uso de tantas bocas en el switch como velocidad queramos en el enlace trunk. Si queremos 2 Gbps necesitaremos usar 2 bocas, si queremos 4 Gbps, 4 bocas y así sucesivamente. Al final el enlace trunk creado se comportará como una sola boca a la velocidad definida.

El principio, con un sólo enlace de 1 Gbps en la troncal será más que suficiente para soportar el tráfico previsto en la red, a pesar de que la velocidad entre switches sea igual a la de los puntos de red. En cualquier caso, ampliar este factor en el futuro no es complicado y resulta económico. Se plantea esa posibilidad más adelante, en el apartado correspondiente.

La troncal atravesará el forjado del edificio longitudinalmente desde la segunda planta, arriba, hacia la planta baja. Este despliegue será sencillo ya que los armarios que formarán los nodos de la troncal se colocarán estratégicamente para que queden unos encima de otros entre plantas. El cable que baje de un armario a otro se protegerá con una canaleta vertical, colocada en paralelo con respecto a la esquina formada por las paredes que separan el pasillo de las estancias y lo

más pegada posible a dicha esquina. De este modo quedará disimulada estéticamente y se conseguirán minimizar además golpes y manipulaciones. Hay que evitar que la canaleta quede en mitad de una pared, ya que estaría más desprotegida y sería más vulnerable frente a impactos incontrolados por parte de los alumnos, etc.

El cableado desde cada uno de los puntos de red hacia el nodo de la troncal situada en cada planta se realizará, en la medida de lo posible, a través de dos canaletas paralelas al pasillo en sus extremos y sujetas al techo, de modo que de cada aula salgan los cables UTP correspondientes a los puntos de red hacia esa canaleta y desde allí hacia el armario correspondiente a esa planta, tal como se aprecia en el las figuras 10.1.2 a 10.1.5 del anexo A.

Por otro lado cada una de las salas de informática de la tercera planta del edificio principal de primaria contará con su propio armario y todos los equipos del aula unidos al switch dentro de ese armario y en topología de estrella. De ese switch de cada una de las salas de informática, saldrá la conexión al switch principal de la planta, como si todo el armario fuese un punto de red más. Ese cable UTP que unirá ambos switches, aunque no forma parte de la troncal que une las plantas entre sí, puede ser considerado como parte fundamental de la estructura de la red troncal y será del mismo color que el de dicha red. Para la unión entre switches, tanto entre plantas, como entre las salas de informática y su switch correspondiente en la planta, se usarán los últimos puertos de cada conmutador, en este caso la boca número 48, mientras que para los puntos de red, se usarán las bocas 1 y siguientes. De este modo, si se amplía el ancho de banda de la troncal mediante trunking en el futuro se podrán usar las bocas 47, 46, etc respetando los colores asignados a dicha troncal, dando lugar a una instalación mucho más limpia, clara y organizada.

Debido al uso de switches que trabajan en la capa MAC y la capacidad de estos para aprender que direcciones MAC están conectadas en cada boca, la mayoría del tráfico de la sala de informática se circunscribirá al switch que gestionan esa sala, por lo que no es necesario ampliar a priori la velocidad del enlace con el

switch de la planta, aunque también se le pueden aplicar a esas conexiones, las propuestas realizadas anteriormente sobre trunking en la troncal y que serán desarrolladas en detalle más adelante.

Los racks donde se colocarán los conmutadores de las plantas, se instalarán en los pasillos, al lado de las puertas de entrada de cada planta, como se puede ver en las figuras 10.1.2 a 10.1.5 del anexo A. Cada nodo constará de un armario tipo rack mural de 19" y 9 ó 12 unidades según su ubicación y necesidades de contenido. Los armarios serán de dos cuerpos, puerta de cristal y cerraduras en puerta y en lateral para mayor seguridad, ya que serán colocados en zonas de paso. El sistema de doble cuerpo, que mejora notablemente la accesibilidad a los elementos internos puede ser apreciado en la figura 5.1.2.3.



**Figura 5.1.2.3: Armario mural de 19" con doble cuerpo y llave**

Dentro del armario y con carácter general se dispondrá de 3 patch-panel, 2 pasa hilos, 1 switch de 48 bocas (6 Unidades en total) y una regleta de 6 tomas con interruptor con soporte hasta 16A (1 Unidad), dejando las unidades restantes para adaptaciones especiales como se verá más adelante o para posibles futuras ampliaciones. El armario tendrá ventilación artificial superior (integrada sin ocupación de unidades) y estará colocado en la pared, lo más pegado al techo posible para evitar el fácil acceso de las personas que transitan por allí, dejando unos 20 ó 25 cm entre el techo y la parte superior del armario para no dificultar la respiración del mismo. Es importante resaltar el tema de la ventilación, ya que al no encontrarse los equipos en un CPD apropiadamente climatizado, hay que procurar que la electrónica no sufra en exceso. Dentro de los márgenes posibles,

se procura colocar lejos de fuentes de calor como tuberías de calefacción, ventanas por las que entre el sol directamente, etc

El armario de la planta baja dispondrá además de una bandeja para colocar apropiadamente el modem-router de salida a Internet, ya que el PTR (Punto de Terminación de Red) que da acceso a Internet a través de ADSL se encuentra justo al lado del lugar elegido para la colocación del armario. El armario dispondrá de llave para cada uno de los cuerpos, así se garantizará la imposibilidad de manipulación por parte de alumnos o profesores.

<b>EDIFICIO DE PRIMARIA</b>	
<b>Armario</b>	<b>Electrónica de red</b>
Planta baja	1 x Switch de 48 bocas 1 x Módem-router
Planta primera	1 x Switch de 48 bocas
Planta segunda	1 x Switch de 48 bocas
Planta tercera	1 x Switch de 48 bocas
Aula de informática 1	1 x Switch de 48 bocas
Aula de informática 2	1 x Switch de 48 bocas

**Tabla 5.1.2.1: Desglose del reparto de electrónica de red en los armarios en el edificio de primaria**

<b>EDIFICIO DE INFANTIL</b>	
<b>Armario</b>	<b>Electrónica de red</b>
Planta baja	1 x Switch de 48 bocas

**Tabla 5.1.2.2: Desglose del reparto de electrónica de red en los armarios en el edificio de infantil**

Habrà otro armario idéntico a los descritos en el edificio de infantil, pero sin troncal porque sólo habrá un conmutador para recibir todos los puntos de red de ese edificio, que tiene una sola planta.

En las aulas de informática se colocarán dos armarios de iguales características a los de los pasillos.

La electrónica de red se repartirá en los armarios por todo el centro según la distribución de las tablas 5.1.2.1 para el edificio de primaria y 5.1.2.2 para el de infantil.

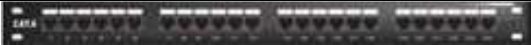





Desde el punto de vista técnico y de contenido, los armarios serán de 2 modelos diferentes con diferentes elementos según las necesidades del lugar donde vaya ubicado.

En todos los casos los armarios tendrán refrigeración superior sin ocupación de unidad a través de un ventilador sencillo. Por otro lado, la primera unidad de todos los armarios se dejará vacía para mejorar el flujo de aire interno y conseguir una mejor refrigeración, permitiendo la posibilidad futura de instalar un kit de refrigeración más potente si fuera necesario, formado por múltiples ventiladores y que si ocupa una unidad.



**Figura 5.1.2.4: Ventilador para refrigeración superior del rack (No ocupa unidad)**

En las figuras 5.1.2.5 y 5.1.2.6 se pueden ver los diferentes modelos de armario según los lugares donde van colocados.

#U	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	VACIO	Libre para un posible kit de refrigeración
2	VACIO	Libre para futuras ampliaciones, de momento libre para mejorar la ventilación
3		Patch-panel de 24 bocas para puntos de red conmutados
4		Pasahilos
5		Switch de 48 bocas
6		Pasahilos
7		Patch-panel de 24 bocas para puntos de red conmutados
8		Patch-panel de 24 bocas que albergará los puntos de red cableados pero no conmutados (Excepto en los racks de las salas de informática)
9		Regleta PDU de 8 tomas con interruptor

**Figura 5.1.2.5: Representación del rack de tipo 1 (9 unidades)**

#U	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	VACIO	Libre para un posible kit de refrigeración
2	VACIO	Libre para futuras ampliaciones, de momento libre para mejorar la ventilación
3		Patch-panel de 24 bocas para puntos de red conmutados
4		Pasahilos
5		Switch de 48 bocas
6		Pasahilos
7		Patch-panel de 24 bocas para puntos de red conmutados
8		Patch-panel de 24 bocas que albergará los puntos de red cableados pero no conmutados
9		Bandeja para colocar el modem-router de salida a Internet
10		
11	VACIO	Libre para futuras ampliaciones, de momento libre para mejorar la ventilación
12		Regleta PDU de 8 tomas con interruptor

**Figura 5.1.2.6: Representación del rack de tipo 2 (12 unidades)**

Los racks de tipo 1 (Figura 5.1.2.5) estarán ubicados en las siguientes estancias:

- Planta primera del edificio de primaria
- Planta segunda del edificio de primaria
- Planta baja del edificio de infantil
- Sala de informática 1
- Sala de informática 2

En los racks de las aulas de informática 1 y 2 no será necesario el patch-panel adicional que va en la unidad número 8, ya que no se cableará más de los puntos previstos, entre otras cosas, porque no hay lugar físico para colocar más PCs que usen esos posibles puntos de red adicionales en el futuro.

Los racks de tipo 2 (Figura 5.1.2.6) estarán ubicados en las siguientes estancias:

- Planta baja del edificio de primaria

## 5.2. ESQUEMA LÓGICO DE LA RED

---

Debido al entorno donde se implantará la solución y al nivel de seguridad requerido, se optará por una red de clase C para 254 equipos como máximo.

Se optará por la red privada 192.168.0.0/24 para la implantación. La dirección de broadcast será 192.168.0.255/24 y la puerta de enlace será el router de salida a Internet, en la dirección IP 192.168.0.1/24. Las direcciones 192.168.0.2/24 a 192.168.0.20/24 estarán reservadas para impresoras, electrónica de red, APs del enlace wifi, etc. El propio modem-router de salida a Internet hará las funciones de servidor DHCP para mayor facilidad y mantenimiento de los equipos conectados. El servidor DHCP asignará direcciones desde la 192.168.0.21/24 hasta la 192.168.0.254/24, en total 233 direcciones, más que suficientes para los equipos y dispositivos que se prevén conectar inicialmente.

La salida a Internet se realizará a través de una sola dirección IP pública facilitada por el proveedor de acceso contratado en las condiciones pactadas con él (IP fija o dinámica) y se hará NAT a través del módem-router de salida, de ese modo, todo el direccionamiento de la red es privado y no es alcanzable desde Internet directamente.

La mayoría de los equipos a conectar a la red son PCs que tomarán los datos de red (dirección IP, puerta de enlace, servidores de DNS, etc) de un servidor de DHCP, por lo que cualquier cambio en el direccionamiento IP de la red será muy sencillo de implantar porque afectará a pocos elementos: conmutadores, modem-router e impresoras fundamentalmente, que tendrán su IP establecida de forma fija y manual.

Se trata de un centro educativo y no hay datos sensibles en casi ningún equipo conectado a dicha red, salvo quizás en el despacho de dirección y en secretaría. En los equipos con datos sensibles, se puede instalar un cortafuegos software y no dejar recursos compartidos, con esto será más que suficiente por el momento.

No hay previsiones de crecimiento a corto plazo, por lo que unas 30 direcciones IP más que los puntos de red disponibles, son en principio suficientes para posibles ampliaciones: más equipos, posibles APs de una red wifi para profesores y alumnos, etc, teniendo en cuenta que además no se instalarán inicialmente todos los PCs en las aulas ni estarán conmutados todos los puntos de red cableados.

Se prevé la instalación de 104 PCs en total en la fase inicial contemplada en este proyecto, con la posibilidad de ampliar hasta los 200 aproximadamente según los puntos de red disponibles que se encuentran conectados a un switch. En una segunda fase de ampliación si fuese necesaria, se podría llegar a 66 equipos más, pero esto requería por un lado la conmutación de los puntos de red desplegados que en esta fase y que no van a ser conectados a un switch, y por otro lado la redefinición lógica de la red, ya que llegados a ese punto, una red de clase C no sería suficiente para direccionar todos los equipos disponibles (más de 254).

### 5.3. ELECCIÓN DEL CABLEADO Y VELOCIDAD DE LA RED

---

Basándonos en el mercado actual y las diferencias de precio existentes entre el cableado y la electrónica de red del tipo Fast Ethernet frente al tipo Gigabit Ethernet, queda claro que se impone la segunda opción, ya que por muy poca diferencia en la inversión inicial, se obtiene mucha más rentabilidad en lo que a efectividad, velocidad, calidad, escalabilidad y potencial de la red se refiere.

Una vez elegido el estándar Gigabit Ethernet para el despliegue de la red, es importante definir desde el principio el tipo de cableado a usar en la red a desplegar y sus características. En este caso se optará por un cable de cobre tipo UTP rígido y libre de halógenos. Siempre es interesante que el cable esté libre de halógenos, pero en este caso, lo es más, ya que se trata de una instalación donde hay muchos niños y es muy importante minimizar cualquier riesgo, en este caso, de incendio. Además el coste de implantar una solución libre de halógenos no será especialmente representativo, puesto que, a pesar de ser algo más caro, la inversión se realiza una sola vez.

La norma IEEE 802.3ab, ratificada en 1999, define el funcionamiento de Gigabit Ethernet sobre cable de cobre UTP de categorías 5, 5e y 6. Se pueden encontrar muchos argumentos a favor y en contra sobre si se debe utilizar categoría 5 / 5e ó 6 para implantar Gigabit Ethernet. En este caso se optará por un cable de categoría 6 porque actualmente la diferencia de precio entre ambas posibilidades no es muy importante, la inversión se realiza sólo al principio y merece la pena que la instalación esté lo más preparada posible para abordar ampliaciones futuras y maximizar su durabilidad en el tiempo.

Desde el punto de vista técnico la diferencia general entre las categorías 5e y 6 es la eficiencia en la transmisión. Mientras que 5e tiene un ancho de banda de 100 MHz por par, la categoría 6 llega a los 200 MHz por par. Esto redundará en una mejor relación señal/ruido, ofreciendo mayor fiabilidad y mayores velocidades de

transmisión para futuras aplicaciones. Por otro lado, la categoría 6 es la más ampliamente recomendada por los fabricantes de electrónica de red para el despliegue de redes Gigabit Ethernet.

## 5.4. ELECCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA ELECTRÓNICA DE RED

---

### 5.4.1. SWITCHES Y SU CONFIGURACIÓN

---

Se han barajado múltiples posibilidades para los switches. Sin perder de vista la idea general de conseguir un equilibrio entre calidad y precio, se pensó en varios modelos de marcas asequibles, por ejemplo el SMCGS24C-Smart EZ Switch de SMC, el SNMP-GSH2402 de la marca Airlive (Filial de Ovislink) e incluso el SMB SRW2024-EU de Cisco. Todos ellos son switches gestionables 10/100/1000 en todas sus bocas RJ45, pero finalmente, el switch para colocar en todas las plantas y formar la troncal del despliegue de la red será el GS748TEU ProSafe Smart Switch de Netgear (figura 5.4.1.1). Se trata de un switch gestionable, instalable en rack de 19" de 48 puertos Gigabit Ethernet con la posibilidad de ampliación con 4 slots compartidos Mini GBIC 1000 Base-SX/LX Gigabit Ethernet que permiten conectar 4 enlaces de fibra para unirse con otros switches a distancias máximas de 550 metros. En esta solución no usaremos la posibilidad de unir los switches con fibra, pero merece la pena disponer de esa opción desde el principio por si fuese necesario, ya que podríamos, en el futuro si fuese necesaria más velocidad en el enlace de ambos edificios, incluir sendas tarjetas de fibra en los correspondientes switches y disponer de toda la red a la misma velocidad, eliminando el cuello de botella que supone el enlace wifi en este momento. Incluso si se usaran los 4 conectores de fibra, podríamos tener una troncal a 4 Gbps en ambos edificios.

Estos equipos tienen garantía de por vida dada por el fabricante directamente y cumplen con creces las necesidades de este proyecto. Incluyen soporte para gestión de QoS y soportan el estándar IEEE 802.1q para implementación y etiquetado de VLANs, tal como se puede ver en la tabla 5.4.1.2 de características principales del equipo.

Puesto que en principio no se van a implementar VLANs ni se van a unir puertos haciendo trunk, la configuración de fábrica que viene con los switches será suficiente, sólo habrá que seguir el manual de usuario para cambiar su dirección IP, el nombre de usuario y la contraseña de administración.



**Figura 5.4.1.1: Switch Netgear GS748T**

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Modo de trabajo	CESMA/CD  Store & Forward
Protocolos de red	IEEE 802.3 10BASE-T Ethernet  IEEE 802.3u 100BASE-TX Fast Ethernet  IEEE 802.3ab 1000BASE-T Gigabit Ethernet  IEEE 802.3x full-duplex flow control
Interfaces	48 puertos RJ-45 (Auto Uplink en todos los puertos)  4 slots SFP compartidos para módulos de fibra Gigabit Ethernet

Características básicas	<p>IEEE 802.1Q Tag VLAN (hasta 128 grupos VLAN)</p> <p>VLAN basadas en puerto (hasta 48 grupos)</p> <p>IEEE 802.1p (Class of Service)</p> <p>QoS basada en puerto</p> <p>Port trunking</p> <p>Spanning Tree sencillo (802.1w)</p> <p>IGMP snooping V1</p> <p>SNMP V1/V2c</p>
Rendimiento	<p>Ancho de banda: 96 Gbps</p> <p>Latencia: Menos de 20 <math>\mu</math>s para paquetes de 64 bytes entre puertos 100BASE-TX</p> <p>Buffer: 4Mb</p> <p>Memoria para MACs: 8Kb</p>
Tamaño	<p>19"</p> <p>(ancho x fondo x alto): 440 x 305 x 43mm</p>

**Tabla 5.4.1.2: Características básicas del switch GS748TEU**

## 5.4.2. ENLACE WIFI ENTRE AMBOS EDIFICIOS

---

Existe la necesidad de unir ambos edificios y la separación física para poder utilizar canalización de cobre UTP excede con creces los 100 metros, por lo que no es viable utilizar un enlace sencillo a Gigabit Ethernet con un cable de cobre UTP. El despliegue de un enlace de fibra, que permitiría unir distancias de hasta 550 metros con la electrónica disponible sería lo más indicado en este caso, pero el uso que se va a hacer de la red en el edificio de infantil es ínfimo, limitándose a la navegación por Internet, la impresión en impresoras del edificio de primaria y posiblemente el intercambio de algunos datos entre equipos del mismo edificio, lo cual no afecta esta decisión, puesto que dichos equipos están conectados por una LAN cableada.

Con este escenario y teniendo en cuenta los elevados costes que representa la implantación de la fibra óptica, la solución adoptada será unir ambos edificios con un enlace wifi en modo WDS, ya que el coste es mucho menor que el de la fibra y la velocidad es más que suficiente para el servicio que esperamos en esa parte de la red y que se ha descrito anteriormente.

La primera decisión a tomar es el tipo de tecnología wifi a utilizar. En este caso se optará por el estándar 802.11n, ratificado por la IEEE en septiembre de 2009 y que ofrece una velocidad teórica de hasta 600Mb, encontrando en el mercado mucha variedad de productos que llegan a los 300Mb. La siguiente decisión es la banda de trabajo. Se podría optar por trabajar en la banda de 2,4Ghz o 5Ghz y a pesar de que sobre el papel los 5Ghz serían recomendables por ser una banda menos congestionada, lo cierto es que es más complicado encontrar productos que trabajen en esta banda, así como documentación que avalen su elección, por lo que nos hemos decantado por la banda de los 2,4Ghz. Además la banda de 5GHz tiene menos alcance al ser la frecuencia más alta y nos interesa maximizar la velocidad del enlace, por lo que 2,4GHz parece más indicado en este caso.

El hecho de elegir 802.11n frente a 802.11g ha sido por dos motivos básicos. Por un lado, la norma 802.11n estaba totalmente aprobada por el IEEE en el momento de la realización de este proyecto, encontrando en el mercado equipos que la cumplen, no sólo el borrador (802.11n Draft) anterior que se venía usando desde unos meses antes. Además, la 802.11n con los 300Mb ofrecidos por los equipos actuales supera con creces a los 54Mb disponibles en el mejor de los casos si nos decantamos por la 802.11g. Además usando la 802.11n, el enlace estará más cerca en velocidad al resto de la instalación, que funciona a Gigabit Ethernet, minimizando el cuello de botella formado en ese punto, que sería mucho más acusado si usamos 802.11g.

La siguiente decisión importante a tomar es si se usan APs con antenas exteriores o se usan antenas con el AP integrado. La primera solución es la más clásica y utilizada normalmente a pesar de que se producen mayores interferencias y pérdida de calidad de la señal al tener las antenas separadas del AP. Esto obliga también a colocar el AP en algún lugar fuera de los armarios destinados a la electrónica de red, por lo que serían más vulnerables. Finalmente, teniendo en cuenta estos factores, se opta por una solución que integre la antena y el AP y se elige un modelo de exterior para poder ser instalado en la fachada de ambos edificios.

Se ha elegido el modelo Nano Station M2 de la marca americana Ubiquiti Networks por su excelente relación calidad/precio y sus prestaciones (figura 5.4.2.1).

El equipo cumple el estándar 802.11n y puede funcionar en modo WDS. En este caso se ha optado por un sistema WDS sin posibilidad de admitir clientes, ya que de otro modo, no estaría disponible el cifrado WPA2-PSK, que es uno de los puntos que más interesan en este caso para garantizar la seguridad del enlace. Además, no tiene mucho sentido admitir clientes, ya que se trata de antenas direccionales que se usan para unir dos localizaciones y que enfocan su capacidad de transmisión/recepción en una zona muy concreta y fuera de ese espacio, no se capta su señal.



**Figura 5.4.2.1: Antena + AP Ubiquiti Networks modelo NanoStation 2**

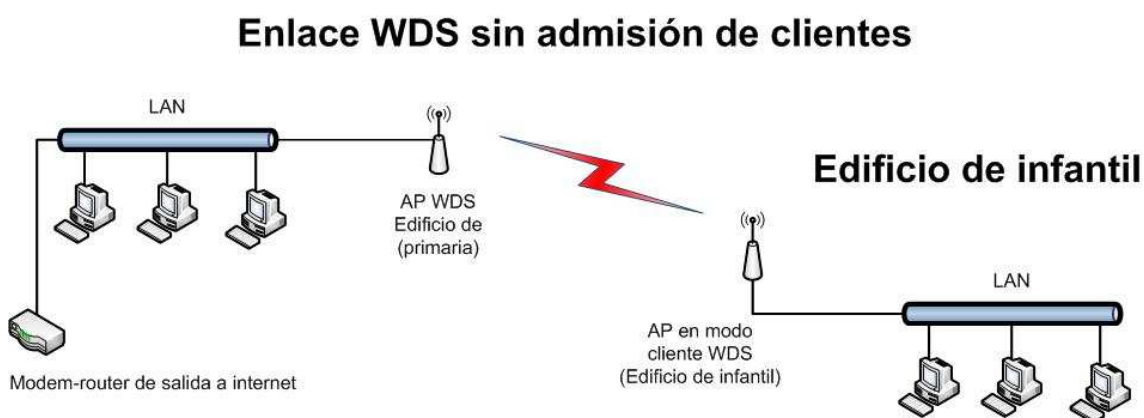
<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Interfaces	2 x RJ45 10/100 BASE-TX
Tamaño	29,4 x 8 x 3 cm
Peso	400 gr.
Entorno	Interior / exterior
Alimentación	24V, 0.5A vía PoE
Temperatura de trabajo	-30 a 80 °C
Humedad	5 a 95% de condensación
Estándar	802.11n
Cifrado	WEP, WPA, WPA-PSK, WPA2, WPA2-PSK
Procesador	Atheros MIPS 24KC, 400MHz
Memoria	32MB SDRAM, 8MB Flash

**Tabla 5.4.2.2: Características del Ubiquiti Networks modelo NanoStation 2**

Este equipo dispone de su propio sistema operativo (AirOS V) que hace muy sencilla e intuitiva su configuración. Además cuenta con 4 diodos led externos situados en la parte trasera del equipo, de modo que si el equipo está a la vista, sólo mirando esos diodos led se puede ver la calidad del enlace, ya que se puede configurar cuando se debe activar cada led en función de la potencia del equipo en cada momento.

El enlace wifi se hará utilizando la posibilidad de que disponen los APs elegidos para montar un WDS. Este modo de trabajo consiste básicamente en que uno de los AP, en este caso el del edificio principal de primaria, funcionará en modo AP y otro, en este caso el instalado en el edificio de infantil, funcionará en modo cliente.

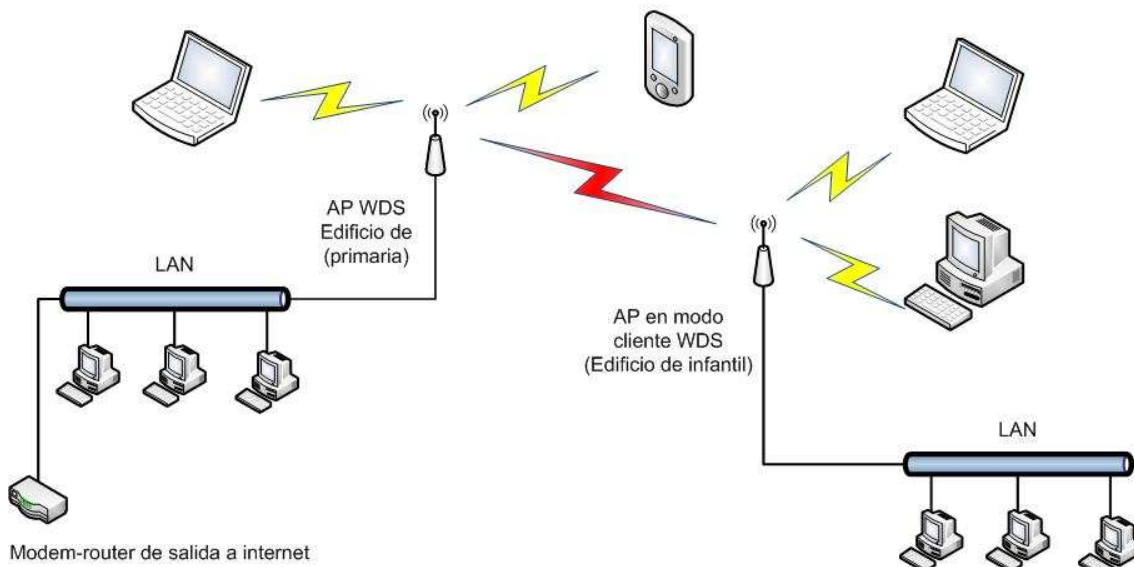
La ventaja de WDS sobre la solución clásica de funcionamiento en modo Bridge es que conserva las direcciones MAC de los paquetes de los clientes a través de los distintos puntos de acceso, aunque en este caso solo haya uno.



**Figura 5.4.2.3: Enlace WDS sin admisión de clientes**

Cada AP dentro de la red WDS puede ser configurado para admitir o no clientes, de modo que puede funcionar sólo como repetidor o como repetidor y AP. Es importante destacar que si funciona en modo AP admitiendo clientes, el ancho de banda se reduce a la mitad.

## Enlace WDS con admisión de clientes



**Figura 5.4.2.4: Enlace WDS con admisión de clientes**

También es importante destacar que el enlace funciona a nivel MAC, por lo tanto podríamos configurar los APs en una red con direccionamiento IP diferente y todo seguiría funcionando correctamente, ya que el enlace cumpliría su función. En este caso, para facilitar la posible administración y teniendo en cuenta el entorno donde está instalado, no será necesario añadir este pequeño nivel de seguridad y será suficiente con tener los equipos en el mismo rango de red que el resto y protegidos con contraseña.

Para que el sistema funcione correctamente, ambos APs deben cumplir las características detalladas en la tabla 5.4.2.5 de forma general y las indicadas en las tablas 5.4.2.6 para el AP del edificio de primaria y 5.4.2.7 para el de infantil respectivamente.

Se puede jugar con el ancho de banda de los equipos. A menor ancho de banda, menos capacidad de transmisión, pero más distancia se puede tener.

Según la documentación de AirOS V existe una opción llamada "Airmax" cuya activación es recomendable para mejorar el rendimiento y la estabilidad del enlace, por lo tanto, lo dejamos activo siguiendo el consejo del fabricante.

Es importante indicar, que el equipo elegido ajusta su potencia de emisión según el país que elijamos en la configuración. Actualmente, en España, la potencia máxima de emisión es de 100mW, mientras que en EE.UU. por ejemplo es de 1W. En condiciones normales debemos ajustarnos a la normativa vigente en el lugar de instalación, deberíamos elegir en la configuración el país "España" y jugar con el rango de valores que se permite en la interfaz para ajustar el máximo de la potencia de emisión permitida.

<b>Parámetro</b>	<b>Configuración</b>
SSID	Puede ser igual o diferente en cada AP de la red WDS
Canal	Debe ser igual en todos los AP de la red WDS
Velocidad	Debe ser igual en todos los AP de la red WDS: 802.11a/b/g/n
Modo de trabajo	Cada AP puede funcionar como repetidor o como repetidor y AP aceptando clientes
Cifrado	Todos los AP de la red WDS deben tener el mismo tipo de cifrado y la misma clave

**Tabla 5.4.2.5: Datos que deben cumplir los equipos miembros de una red WDS**

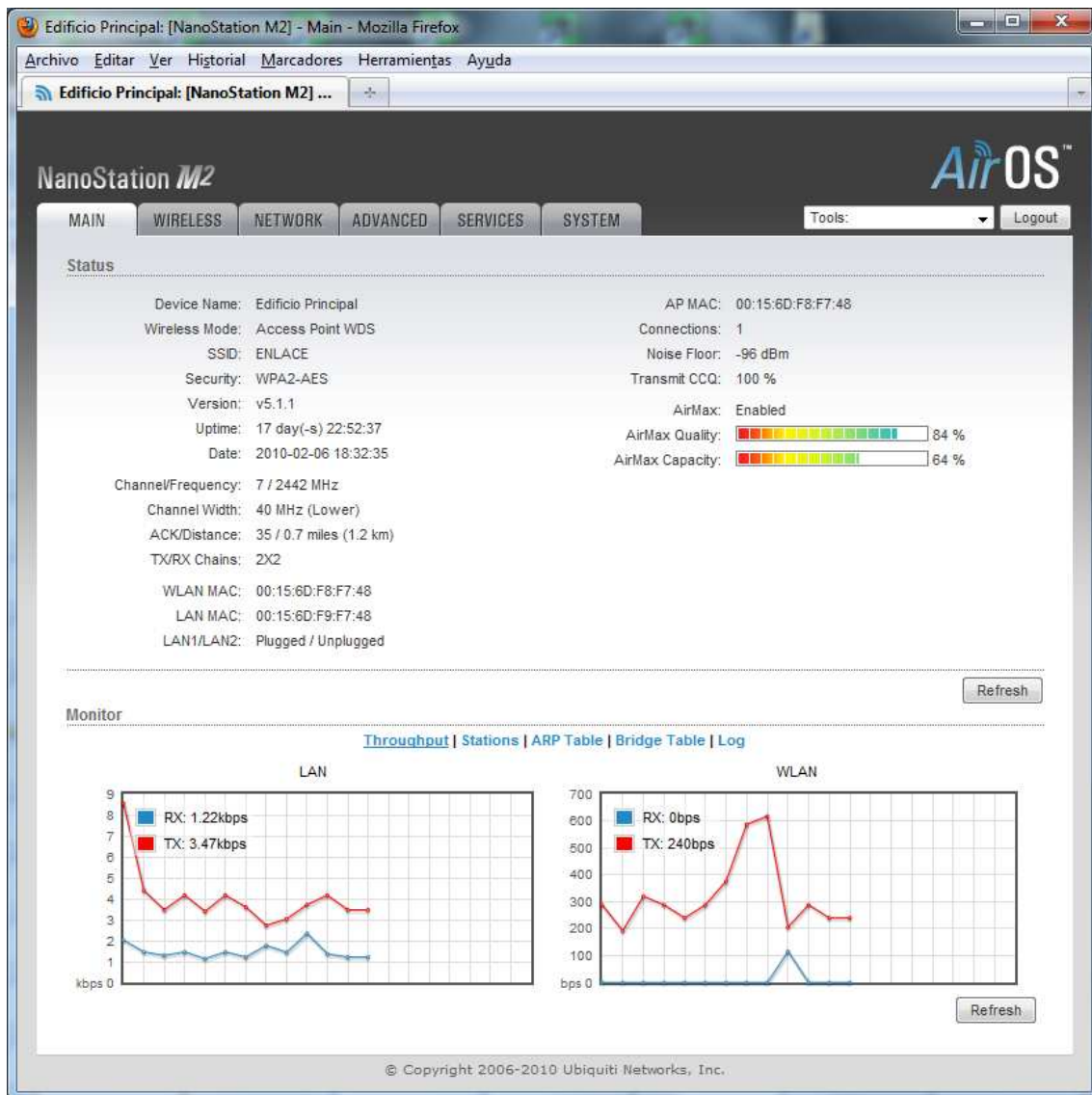
<b>Parámetro</b>	<b>Configuración</b>
IP	192.168.0.2
Canal	7
Velocidad	802.11n
Modo de trabajo	AP en modo WDS
Cifrado	WPA-PSK + AES
Password WPA2-PSK	PASSWORD
SSID	ENLACE
WLAN MAC	00:15:6D:F8:F7:48
Usuario de login	administrador
Password	1234567890
Sistema propietario airmax	Activo

**Tabla 5.4.2.6: Configuración del equipo del edificio de primaria**

<b>Parámetro</b>	<b>Configuración</b>
IP	192.168.0.3
Canal	7
Velocidad	802.11n
Modo de trabajo	Cliente en modo WDS
Cifrado	WPA-PSK + AES
Password WPA2-PSK	PASSWORD
SSID	ENLACE
WLAN MAC	00:15:6D:F8:F7:1A
Usuario de login	administrador
Password	1234567890
Sistema propietario airmax	Activo

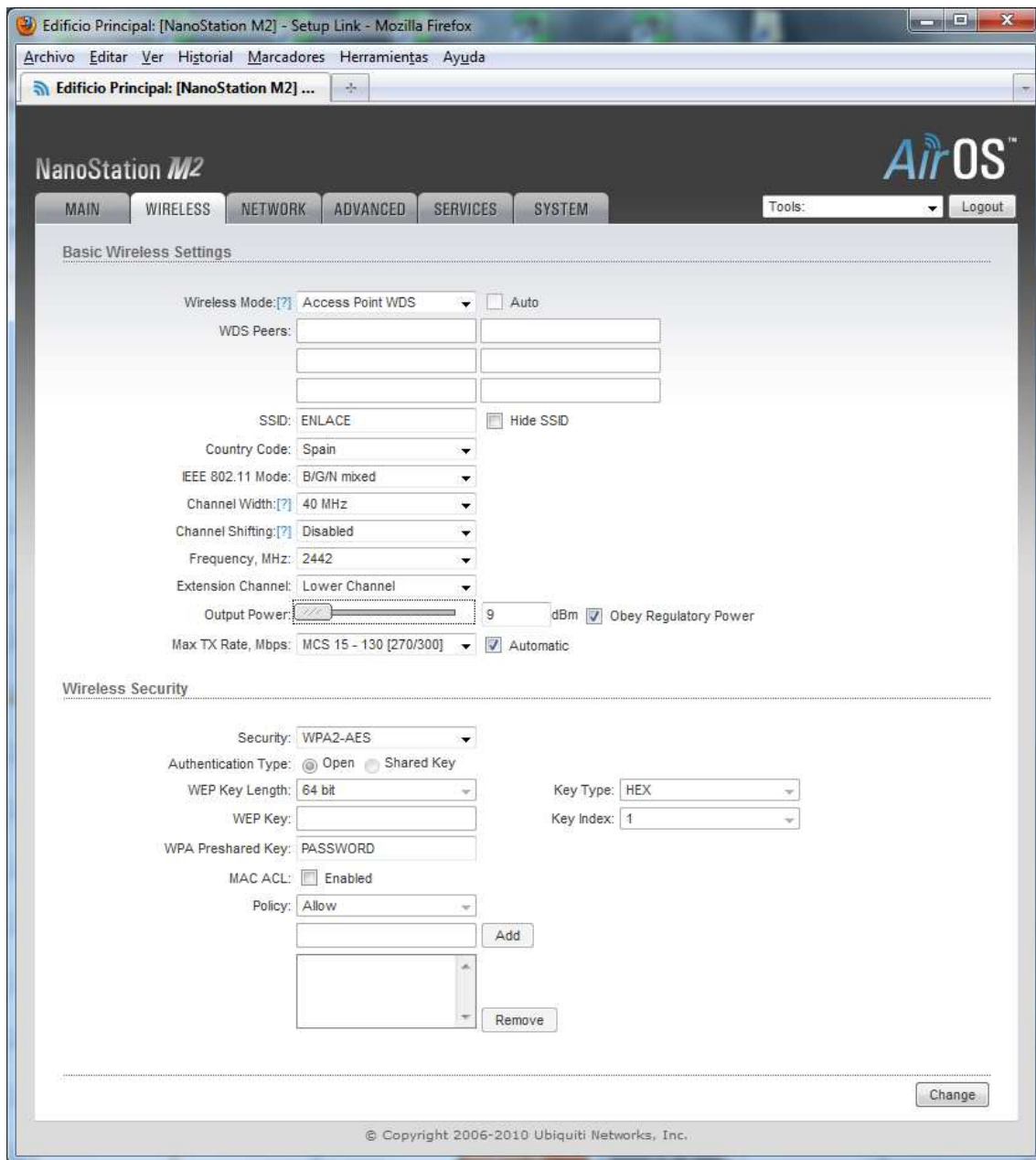
**Tabla 5.4.2.7: Configuración del equipo del edificio de infantil**

## 5.4.2.1. CONFIGURACIÓN ENLACE EDIFICIO DE PRIMARIA



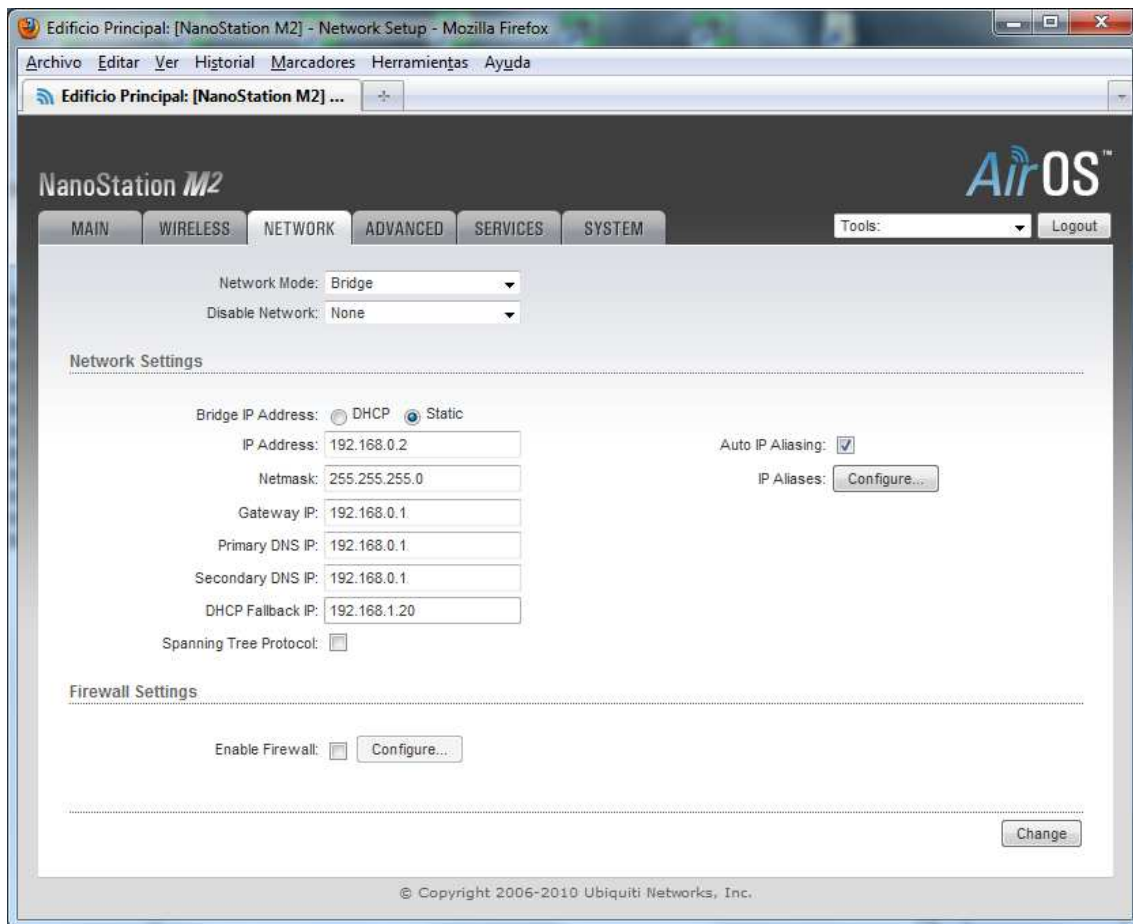
**Figura 5.4.2.1.1: Pantalla inicial del AP del edificio de primaria**

La figura 5.4.2.1.1 muestra la ventana inicial, en ella se puede ver un resumen de los parámetros de configuración del dispositivo.



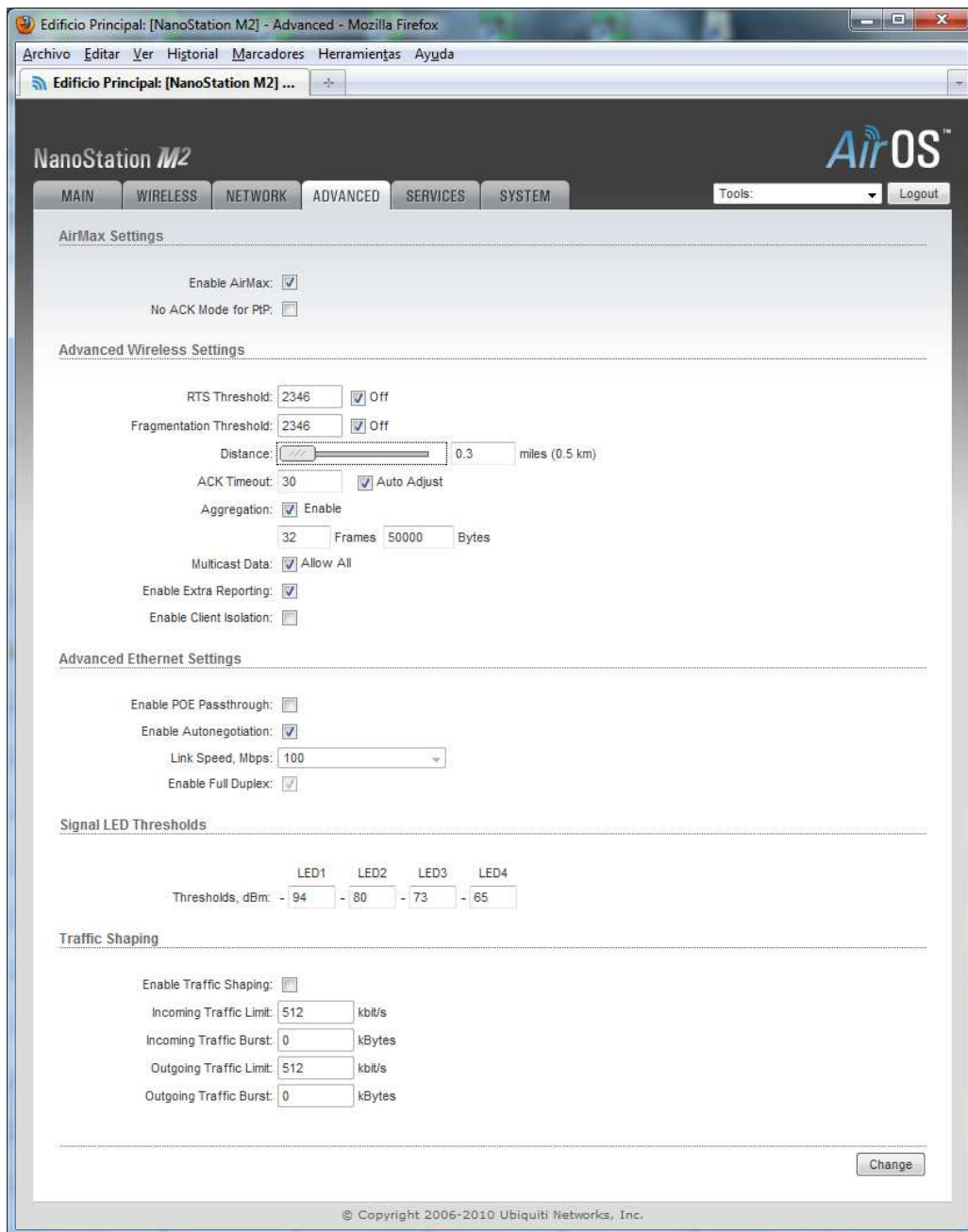
**Figura 5.4.2.1.2: Configuración Wireles del AP del edificio de primaria**

En la figura 5.4.2.1.2 se aprecia la pantalla de configuración de las propiedades wireless. En esta ventana se especifican parámetros como el canal, tipo de cifrado, potencia, modo de trabajo, etc.



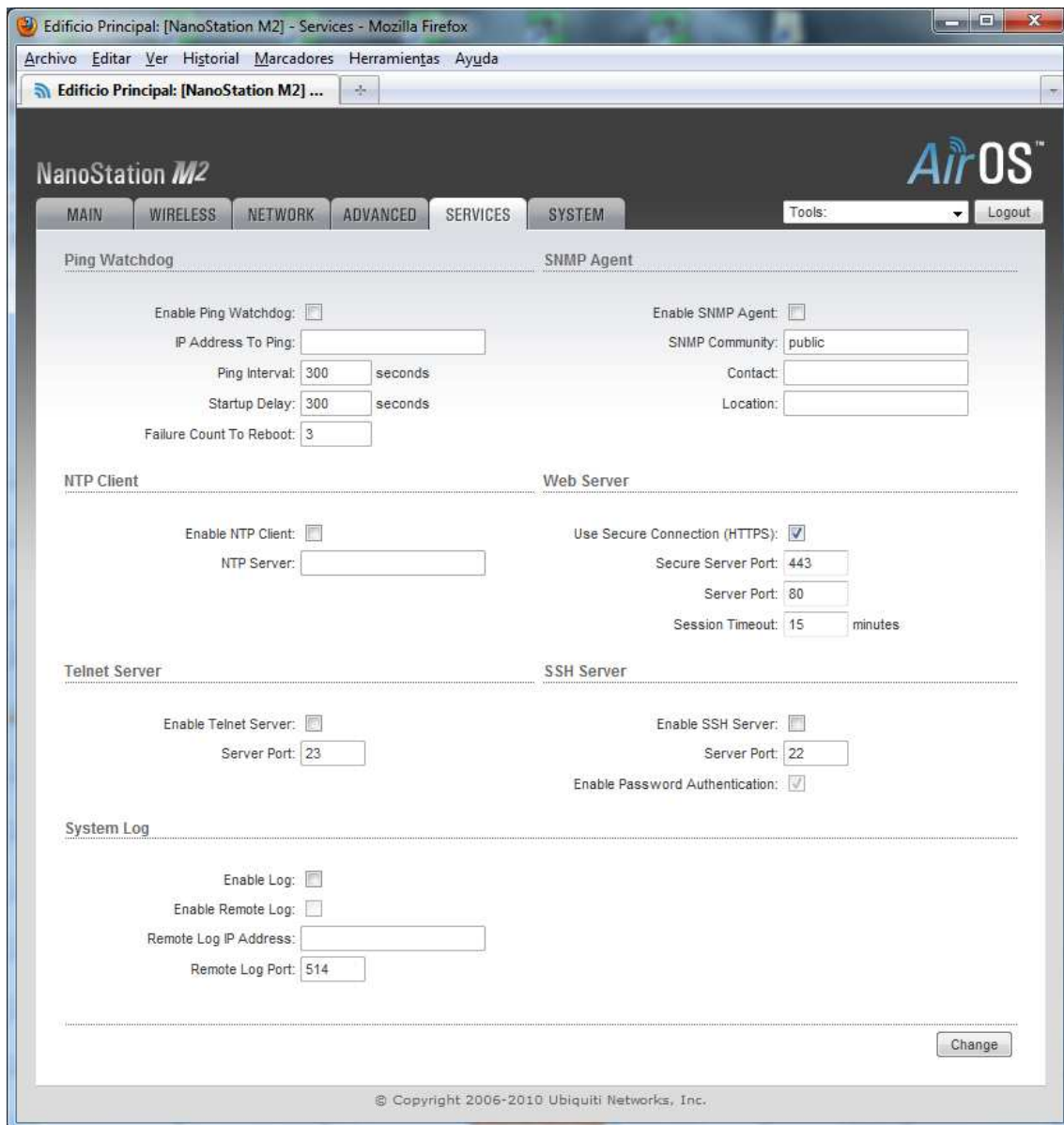
**Figura 5.4.2.1.3: Configuración de red del AP del edificio de primaria**

En la figura 5.4.2.1.3 se ve la ventana en la que se configura todo lo que tiene que ver con la dirección IP del equipo, puerta de enlace, etc.



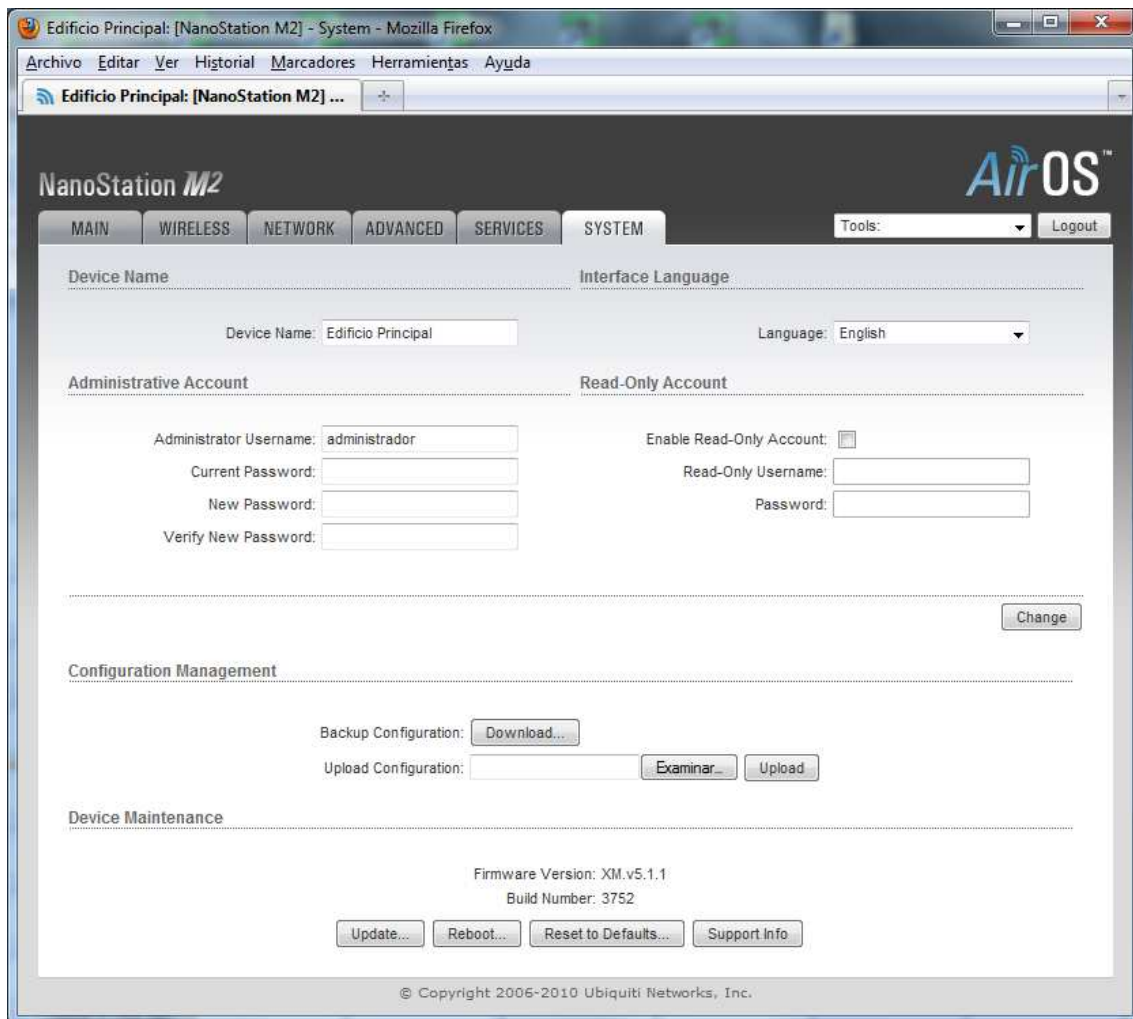
**Figura 5.4.2.1.4: Configuración avanzada del AP del edificio de primaria**

La ventana que se muestra en la figura 5.4.2.1.4 corresponde a la sección donde se pueden configurar otros aspectos del equipo, por ejemplo con que potencia se deben activar los diodos led externos y ver visualmente desde fuera la calidad del enlace.



**Figura 5.4.2.1.5: Configuración de servicios del AP del edificio de primaria**

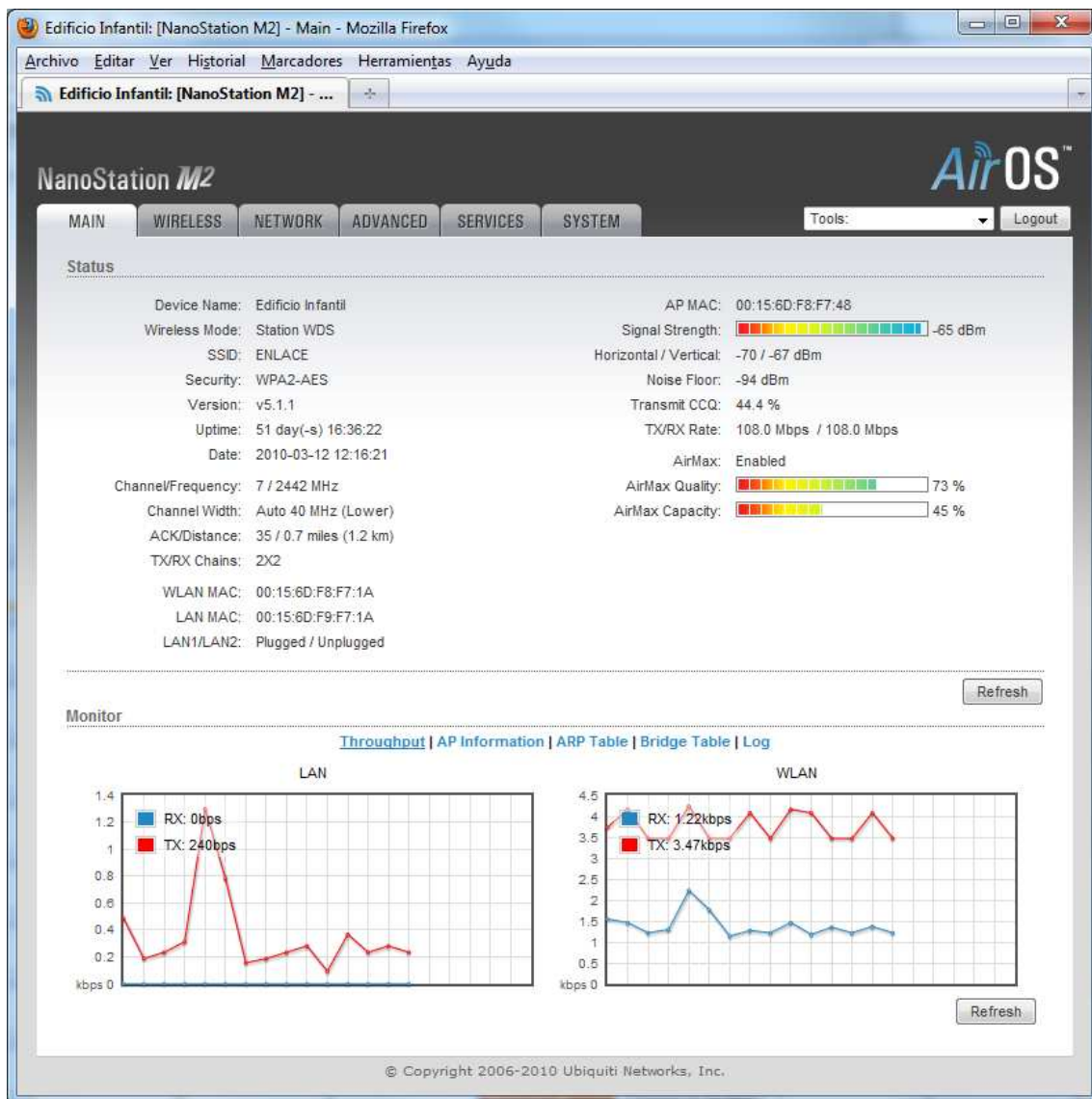
En figura 5.4.2.1.5 se ve la interfaz que permite configurar el tipo de administración del equipo, en este caso, sólo se permite acceder a través de HTTPS por el puerto 443.



**Figura 5.4.2.1.6: Configuración de sistema del AP del edificio de primaria**

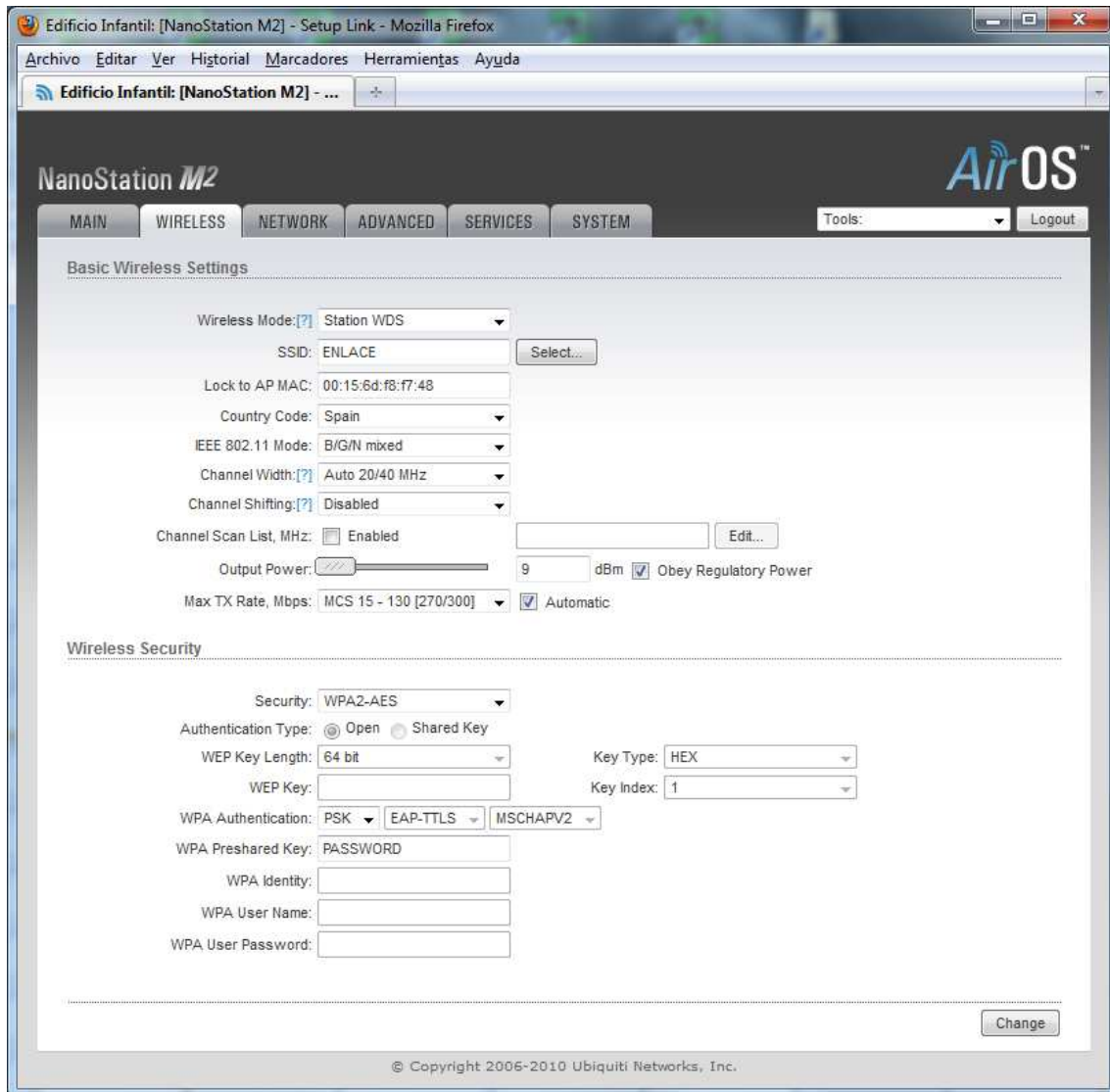
La figura 5.4.2.1.6 muestra la ventana en la que se configura el nombre de usuario y contraseña de administración, etc.

## 5.4.2.2. CONFIGURACIÓN ENLACE DEL EDIFICIO DE INFANTIL



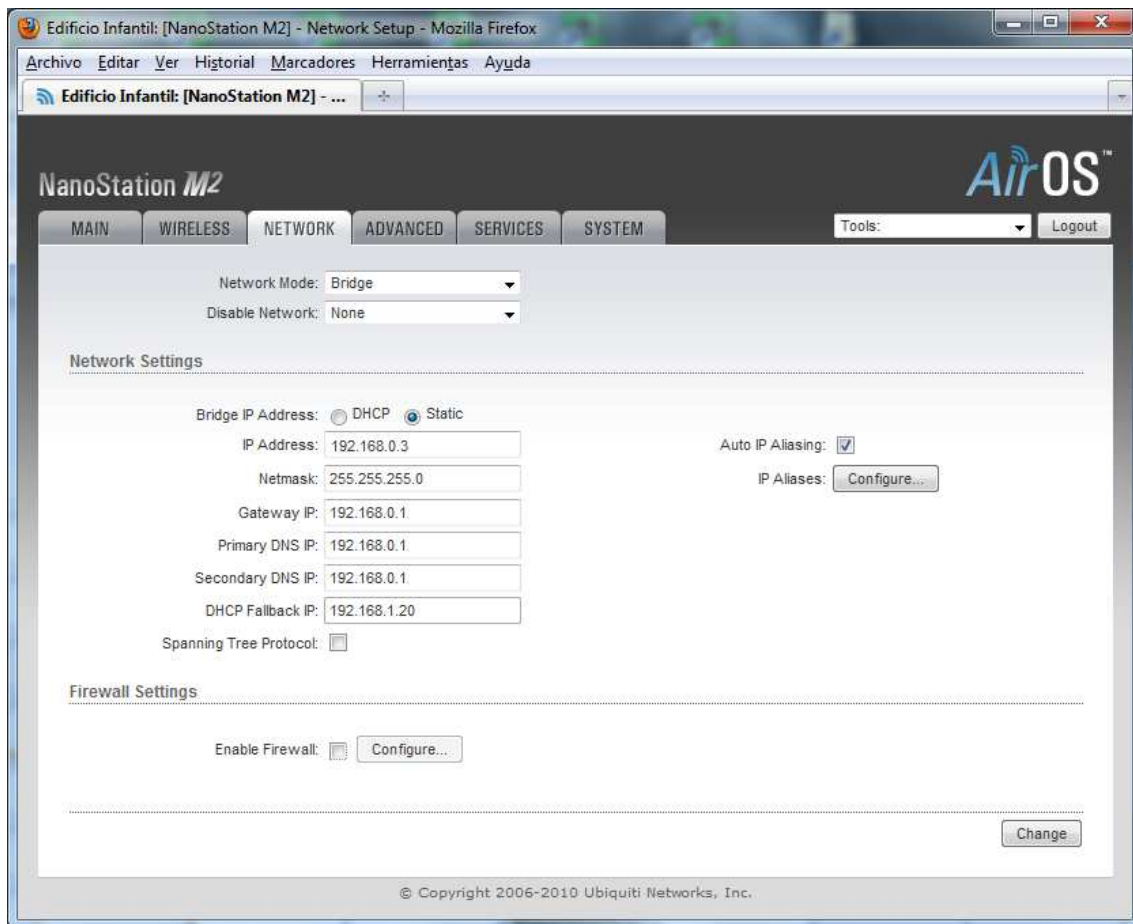
**Figura 5.4.2.2.1: Pantalla inicial del AP del edificio de infantil**

La figura 5.4.2.2.1 muestra la ventana inicial, aquí se puede ver un resumen de los parámetros de configuración, velocidad del enlace, etc.



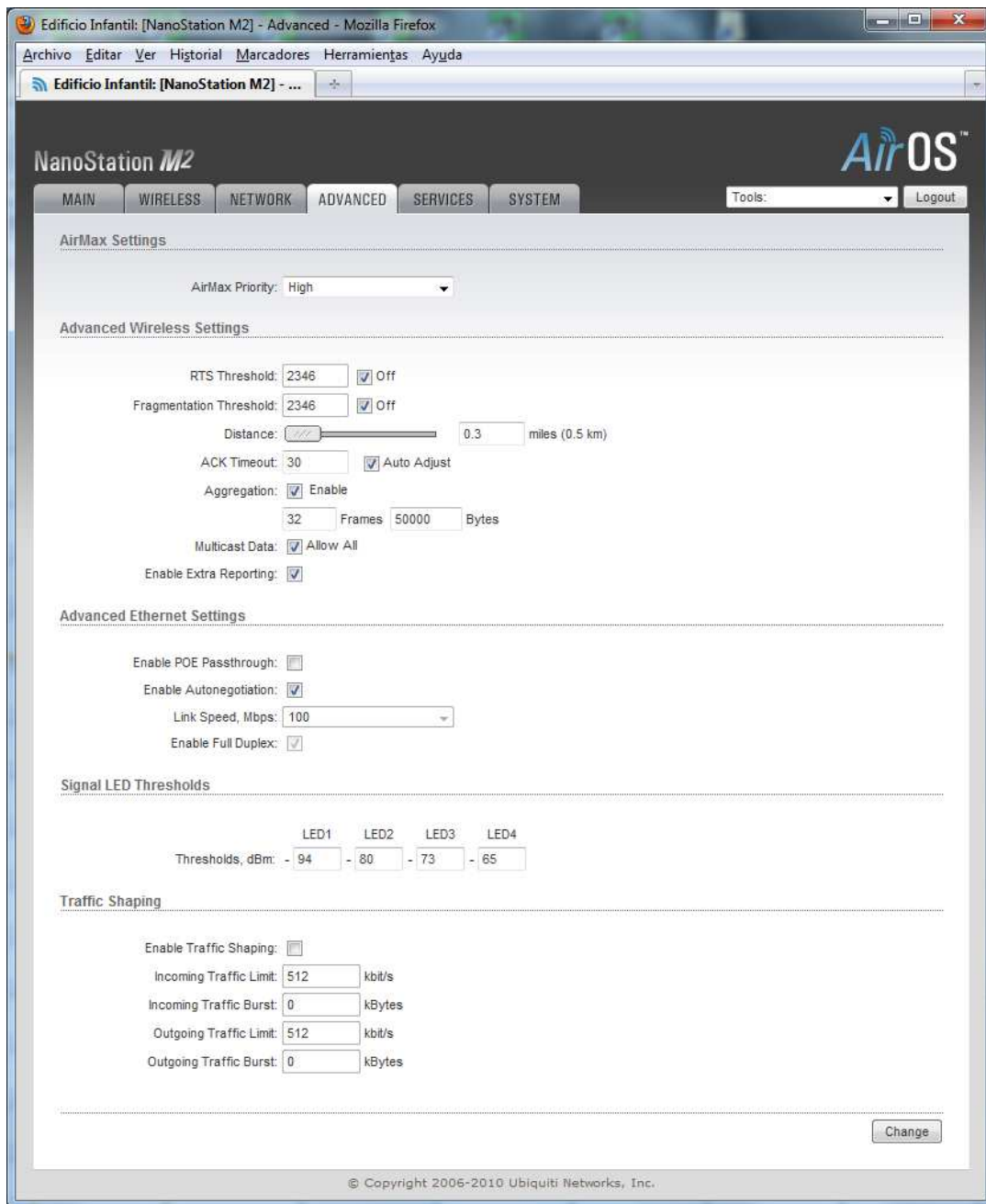
**Figura 5.4.2.2.2: Configuración Wireles del AP del edificio de infantil**

En la figura 5.4.2.2.2 se aprecia la pantalla de configuración de las propiedades wireless: tipo de cifrado, país, potencia, SSID, tipo de WDS. Interesante destacar que aquí es donde se fija este equipo al AP WDS a través de su dirección MAC en la interfaz de red inalámbrica.



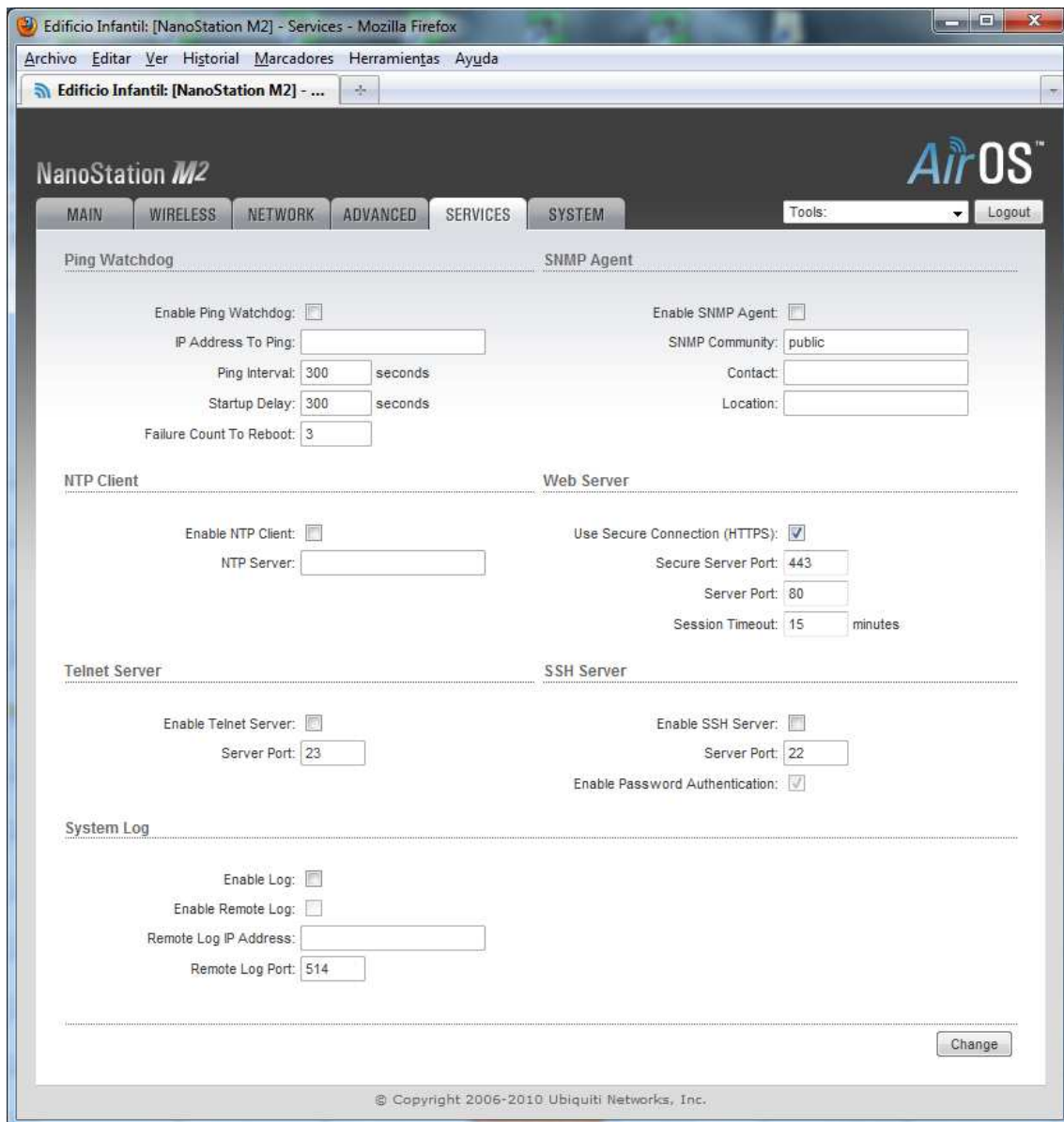
**Figura 5.4.2.2.3: Configuración de red del AP del edificio de infantil**

En la figura 5.4.2.2.3 se ve la ventana en la que se configura todo lo que tiene que ver con la dirección IP del equipo, puerta de enlace, etc.



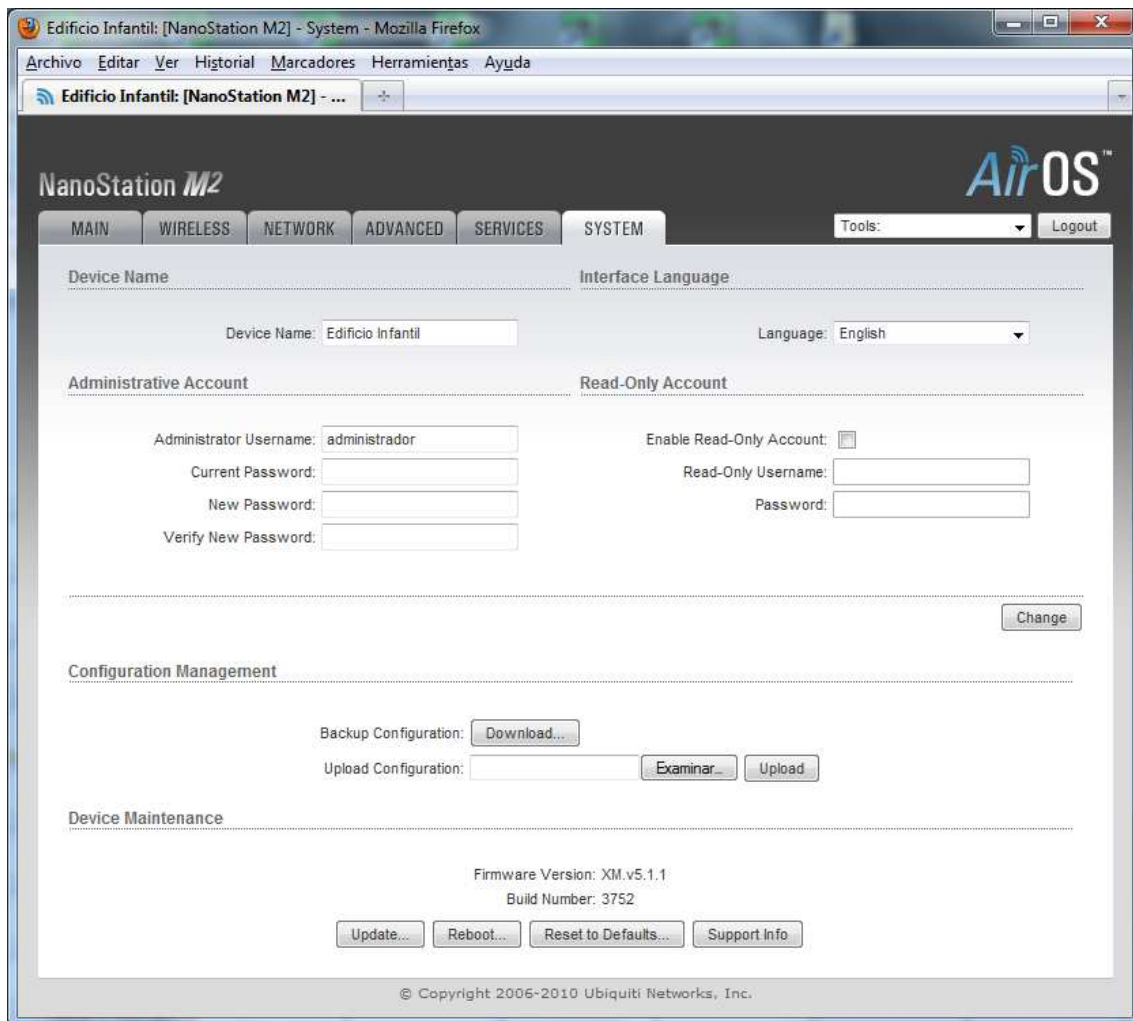
**Figura 5.4.2.2.4: Configuración avanzada del AP del edificio de infantil**

La ventana que se muestra en la figura 5.4.2.2.4 corresponde a la sección en la que se pueden configurar otros aspectos del equipo, por ejemplo con que potencia se deben activar los diodos led externos y ver visualmente desde fuera la calidad del enlace.



**Figura 5.4.2.2.5: Configuración de servicios del AP del edificio de infantil**

En figura 5.4.2.2.5 se ve la pestaña en la que se puede configurar el tipo de administración del equipo, en este caso, sólo podremos acceder a través de HTTPS por el puerto 443.



**Figura 5.4.2.2.6: Configuración de sistema del AP del edificio de infantil**

La figura 5.4.2.2.6 muestra la ventana en la que se configura el nombre de usuario y contraseña de administración, etc.

### 5.4.3. MODEM-ROUTER DE SALIDA A INTERNET

---

La salida de toda la red hacia Internet se realizará por medio de una línea ADSL montada sobre la línea RTC (Red Telefónica Conmutada) de teléfono o la línea de fax del colegio. En cualquier caso, se elegirá el operador que mejor oferta tenga en ese momento y que mantenga la línea telefónica en modo RTC, es decir, que no se contratará ninguna solución de ningún operador que realice una desagregación del bucle de abonado y migre la línea de voz a Voz IP. Esta técnica se aplica con demasiada frecuencia hoy en día. Nos interesa contar con una línea RTC convencional, con portadora de voz, para poder usarla si fuese necesario en el futuro como soporte para una alarma o cualquier otro servicio no compatible con Voz IP. Además, en caso de emergencia, si falla el fluido eléctrico por ejemplo, seguirá estando disponible la portadora de voz aunque el modem-router o el adaptador de Voz IP no funcione.



**Figura 5.4.3.1: Módem-router ADSL 2+ Ovislink EVO-DSL41**

El tipo de conexión será preferiblemente de tipo ADSL, ADSL 2 ó ADSL 2+ según el operador, en cualquier caso, el equipo elegido para gestionar la conexión es el módem-router EVO-DSL41 de Ovislink (figura 5.4.3.1). Aparte de ser una marca cuya relación calidad/precio es más que aceptable, este equipo, al igual que los switches de NetGear, dispone de garantía de por vida y soporta cualquiera de los modos de conexión más utilizados en nuestro país. Por supuesto puede hacer NAT, por lo que es perfecto para la tarea que necesitamos llevar a cabo.

Soporta los estándares ANSI T1.413 ISSUE 2, ITU G.992.1 (G.DMT),G.992.2 (G.LITE), G992.3 y G992.5, se puede conectar a Internet a través de Bridging, PPPoA, PPPoE, MER y IPoA con encapsulado LLC, LLC/SNAP-BRIDGING, LLC/SNAP-ROUTING y VC/MUX. La autenticación puede ser CHAP, MSCHAP y PAP

Con estas características puede ser conectado a casi cualquier operador de banda ancha por ADSL sobre RTC que opera en España actualmente: Telefónica, Jazztel, Orange, etc. Este modelo no serviría para ADSL bajo RDSI ni para operadores de cable como Ono, pero no es el caso.

## 5.5. OTROS ELEMENTOS DE APOYO DOCENTE

---

### 5.5.1. EQUIPOS Y SOFTWARE BÁSICO

---

Tan importante como la red de conexión entre los equipos son los propios equipos, ya que sin ellos nada tiene sentido, puesto que son el vehículo de acceso a la red y los servicios que esta ofrece. Debido al entorno en el que se utilizarán los equipos, para este proyecto se equiparán con el sistema operativo Microsoft Windows 7 64 bits por los siguientes motivos:

- El un sistema operativo de última generación, lo cual hará que los equipos se amorticen durante más tiempo.
- Microsoft Windows es conocido por casi todo el mundo.
- Las licencias no representan un coste adicional, ya que están incluidas con el equipo.
- La mayoría del software diseñado para la docencia está disponible sólo en plataforma Microsoft.

Una vez decidido el sistema operativo, se instalarán aplicaciones básicas y gratuitas para el mayor aprovechamiento de los equipos, tal como se ve en la tabla 5.5.1.1.

Además de estas aplicaciones, se instalará un sistema de congelación del PC. Este tipo de sistemas son casi obligados en un entorno como el que nos ocupa, ya que regeneran el PC al estado inicial en cada reinicio (iconos, programas, etc), deshaciendo cualquier cambio intencionado o malintencionado por parte del usuario. Para la implantación de este sistema, el disco duro del equipo tendrá dos particiones, una dedicada al sistema operativo de unos 50Gb, que es la que se congelará y otra con el resto de capacidad del disco dedicada a datos, que no estará congelada y que se destinará a que los usuarios puedan dejar en ella información y que no se pierda entre reinicio y reinicio del PC.

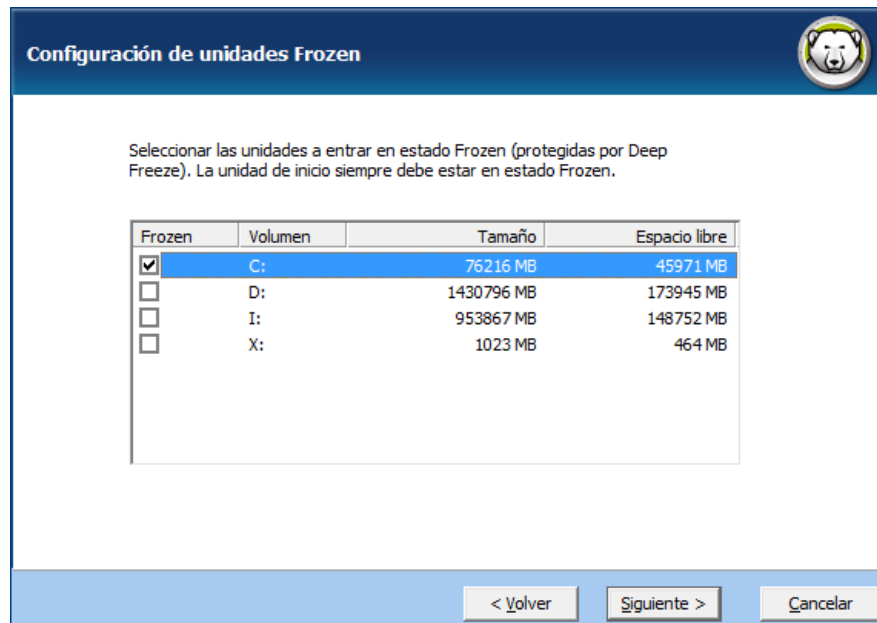
Aplicación	Descripción
PDF Creator	Impresora virtual que permite convertir a PDF cualquier documento de cualquier programa que sea capaz de imprimir en Microsoft Windows.
Adobe Acrobat Reader	Lector de archivos en formato PDF
XNView	Potente gestor de imágenes capaz de manejar más de 45 tipos de formatos, realizar conversiones por lotes, visualizaciones, presentaciones, etc
Open Office	Suite similar en características a Microsoft Office, pero totalmente gratuita. Incluye un procesador de textos, hoja de cálculo, base de datos, etc
Infra Recorder	Software de grabación y creación de CDs y DVDs
Mozilla Firefox	Navegador web compatible con HTML 5.0, potente, escalable a través de plug-ins, rápido y eficaz.
Codecs de DivX	Formato de vídeo MPG4 para poder visualizar documentación audiovisual
Video LAN	Reproductor multimedia capaz de reproducir DVDs, archivos de sonido y video (según codecs instalados), etc
Paint .NET	Aplicación gratuita de retoque fotográfico. Incluye posibilidad de conexión TWAIN con un escáner si fuese necesario.

Máquina virtual Java	Necesaria para ejecutar multitud de aplicaciones generadas por la administración y otros organismos públicos y privados disponibles en el mundo docente
.NET Framework	Plataforma necesaria para que funcionen las aplicaciones Microsoft de Última generación (varias versiones)

**Tabla 5.5.1.1: Aplicaciones a instalar en los PCs del centro**

La aplicación elegida para realizar esta función de congelación es de pago, la fabrica la empresa Faronics y se llama Deep Freeze. Existe alguna solución gratuita como el sistema Steady State de Microsoft, pero no ofrece la versatilidad de Deep Freeze. También hay soluciones por hardware, pero tienen mayor coste y mayor índice de error que una aplicación software. La diferencia fundamental entre Deep Freeze y Steady State es que Deep Freeze funciona por encima del nivel de usuario, por lo que aún siendo administrador del equipo no se puede desinstalar sin la correspondiente password de administración de su propia consola, mientras que el Steady State se puede manipular si se poseen permisos administrativos a nivel Windows en la máquina. Además la solución Deep Freeze está disponible también para linux, aunque de pago, mientras que Steady State sólo está disponible en plataformas Microsoft.

La instalación es muy sencilla, una vez llegados al punto de correcta instalación y configuración de todas las aplicaciones que estarán disponibles en el PC, basta con ejecutar el instalador de Deep Freeze y elegir que partición queremos congelar, en este caso la del sistema (figura 5.5.1.2).



**Figura 5.5.1.2: Pantalla de elección de unidades congeladas durante la instalación de Deep Freeze**

Una vez instalado, el sistema se reinicia activando la congelación. Se puede apreciar a través de un mini icono en la barra de tareas (figura 5.5.1.3)



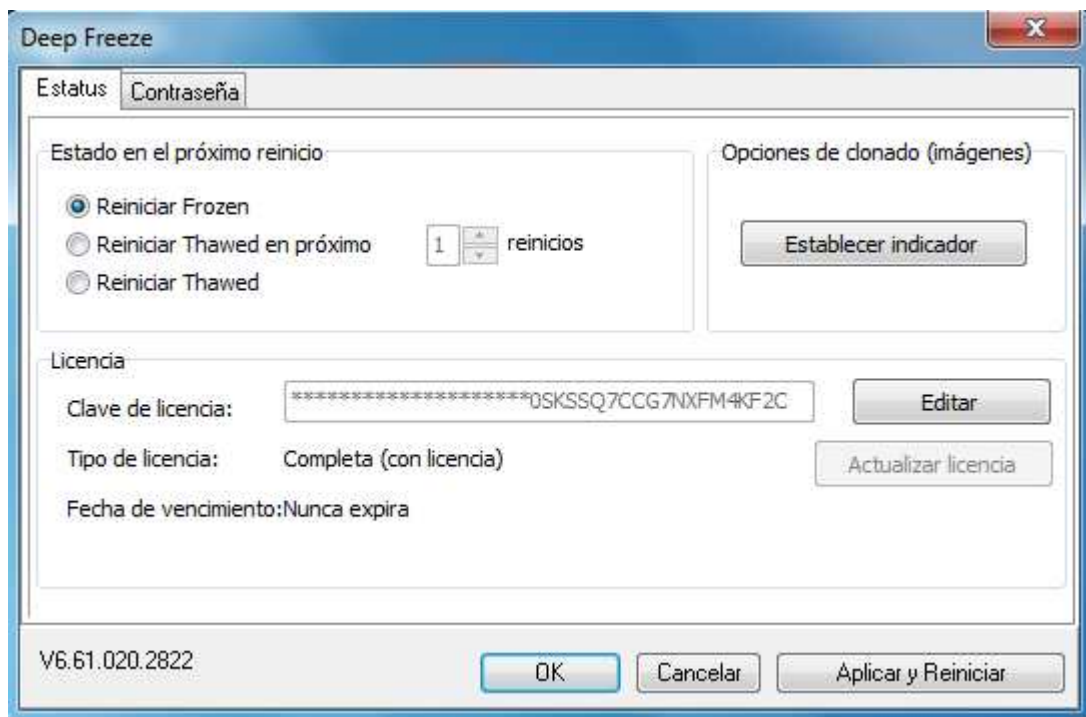
**Figura 5.5.1.3: Icono de estado de Deep Freeze (el primero)**

Cualquier cambio en el equipo solo tendrá efecto hasta que reiniciemos de nuevo, momento en el cual todo volverá al punto en el que se instaló Deep Freeze y el sistema quedó congelado. Si se desea actualizar o instalar alguna aplicación, cambiar el entorno de trabajo, drivers, etc, basta con acceder al panel de administración de Deep Freeze haciendo doble click sobre el icono mientras se pulsa la tecla mayúsculas e introducir la contraseña (figura 5.5.1.4)



**Figura 5.5.1.4: Ventana de introducción de password en Deep Freeze**

Después hay que indicar al sistema que no se desea mantener la congelación en el siguiente reinicio y reiniciar el PC (figura 5.5.1.5)



**Figura 5.5.1.5: Panel de control de Deep Freeze**

a partir de ese momento todos los cambios serán permanentes hasta que se vuelva a activar de nuevo el modo congelado.

También existe un modo alternativo de trabajo rápido, indicando a Deep Freeze que se desea trabajar en modo descongelado los próximos X reinicios de la máquina, de modo que al alcanzar ese número, el modo congelado se activa automáticamente. Esta opción es muy interesante para agilizar la instalación de aplicaciones puntuales en las que se sabe de antemano las veces que se reiniciará el PC para completar el proceso de instalación.

<b>EDIFICIO DE PRIMARIA</b>	
<b>Estancia</b>	<b>Equipos</b>
<b>PLANTA BAJA (40)</b>	
Dirección	1
Secretaría	1
AMPA	1
Aula de psicomotricidad	
Aula general TGD	2
Aula de PT	2
Aula de AL	2
Sala de profesores	4
Control	
Aula de música	
Comedor	
<b>PLANTA PRIMERA (33)</b>	
Aula 1	2
Aula 2	2
Aula 3	2
Aula 4	2
Aula 5	2
Aula 6	2

Aula 7	2
Aula 8	2
<b>PLANTA SEGUNDA (88)</b>	
Aula 9	2
Aula 10	2
Aula 11	2
Aula 12	2
Aula de informática 1	26
Aula de informática 2	26
Biblioteca	1
Aula de usos varios	
Total	90

**Tabla 5.5.1.6: Desglose de equipos a instalar en el edificio de primaria**

<b>EDIFICIO DE INFANTIL</b>	
<b>Estancia</b>	<b>Equipos</b>
Aula 1	2
Aula 2	2
Aula 3	2
Aula 4	2
Aula 5	2
Aula 6	2
Sala de profesores	2
Punto de conexión para la antena wifi	
Total	14

**Tabla 5.5.1.7: Desglose de equipos a instalar en el edificio de infantil**

Este tipo de sistemas de congelación es básico para minimizar las averías, ya que en condiciones normales con estos sistemas activos las averías serán sólo físicas por rotura de ratones, teclados, fuentes, placas base, etc, pero un PC nunca

dejará de esta operativo porque se han desconfigurado los drivers de la tarjeta de red o video, por un virus, etc. Este escenario minimiza el gasto en servicio técnico y maximiza la productividad y disponibilidad de los equipos, amortizando el coste de las licencias en muy poco tiempo.

Gracias a este sistema, los equipos también están libres de virus permanentemente, por lo que no es necesario a priori instalar un antivirus.

La relación de equipos a instalar en las diferentes aulas y salas viene descrita en las tablas 5.5.1.6. y 5.5.1.7 para los edificios de primaria e infantil respectivamente.

## 5.5.2. IMPRESORAS

---

Las impresoras son un elemento importante y fundamental en la dotación informática de un centro de enseñanza. Debe haber dispositivos con prestaciones suficientes para cubrir las necesidades de la dirección, los docentes, etc.

En todos los casos se usarán dispositivos láser por eficiencia y productividad, se imprimirá mucho y deben ser dispositivos preparados para ello.

Se instalará un dispositivo multifunción láser color con capacidad de fax para la sala de secretaría que será usado para labores administrativas y por la propia dirección del centro, ya que el despacho está al lado.

También se instalarán impresoras láser multifunción con escáner en las salas de profesores a disposición de los docentes y por último impresoras láser normales en las dos aulas de informática.

Todos los dispositivos dispondrán de tarjeta de red y de opción duplex para imprimir a doble cara de forma automática.

Para este caso se ha diseñado la distribución de impresoras en el centro que se indica en las tablas 5.5.2.1 y 5.5.2.2 para los edificios de primaria e infantil respectivamente.

<b>EDIFICIO DE PRIMARIA</b>		
<b>Estancia</b>	<b>Impresoras</b>	<b>Modelo</b>
<b>PLANTA BAJA</b>		
Secretaría y dirección	1	MFC-9450CDN
Sala de profesores	1	DCP-8085DN
<b>PLANTA SEGUNDA</b>		
Aula de informática 1	1	HL-5350DN
Aula de informática 2	1	HL-5350DN

*Tabla 5.5.2.1: Desglose de impresoras a instalar en el edificio de primaria*

<b>EDIFICIO DE INFANTIL</b>		
<b>Estancia</b>	<b>Impresoras</b>	<b>Modelo</b>
Sala de profesores	1	DCP-8085DN

*Tabla 5.5.2.2: Desglose de impresoras a instalar en el edificio de infantil*

Se ha optado por la marca BROTHER frente a otras clásicas como RICOH, HP o EPSON por varias razones:

- La oferta es muy clara y es sencillo escoger los modelos apropiados en cada caso
- Se ofrecen 3 años de garantía en todos los productos
- Hay una muy buena relación entre el precio de los consumibles y el número de páginas que imprimen, mejor que en otras marcas
- Los dispositivos láser monocromo instalados en ambas salas de profesores y en las aulas de informática usan los mismos modelos de tóner, lo que hace más operativo y eficaz el hecho de comprar consumibles.

En la tabla 5.5.2.3 se aprecian las características de las impresoras instaladas en cada zona y en las tablas 5.5.2.4 y 5.5.2.5 se ofrece una relación aproximada del precio y rendimiento de los consumibles utilizados por cada modelo de impresora propuesta.

<b>Modelo</b>	<b>Características</b>
Brother MFC-9450CDN	Dispositivo multifunción láser color con escáner, copiadora, fax, tarjeta de red y función duplex para impresión automática a doble cara
Brother DCP-8085DN	Dispositivo multifunción láser monocromo con escáner, copiadora, tarjeta de red y función duplex para impresión automática a doble cara
Brother HL-5350DN	Impresora láser monocromo con tarjeta de red y función duplex para impresión automática a doble cara

***Tabla 5.5.2.3: Modelos de impresoras y características***

<b>Brother MFC-9450CDN</b>			
<b>Modelo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Páginas</b>	<b>Precio</b>
TN130BK	Cartucho de tóner Negro	2.500	45 €
TN130C	Cartucho de tóner Cian	1.500	65 €
TN130M	Cartucho de tóner Magenta	1.500	65 €
TN130Y	Cartucho de tóner Amarillo	1.500	65 €
TN135BK	Cartucho de tóner Negro de larga duración	5.000	70 €
TN135C	Cartucho de tóner Cian de larga duración	4.000	110 €
TN135M	Cartucho de tóner Magenta de larga duración	4.000	110 €
TN135Y	Cartucho de tóner Amarillo de larga duración	4.000	110 €

*Tabla 5.5.2.4: Consumibles utilizados por la impresora de dirección y secretaría*

<b>Brother HL-5350DN y Brother DCP-8085DN</b>			
<b>Modelo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Páginas</b>	<b>Precio</b>
TN3230	Cartucho de tóner Negro	3.000	60 €
TN3280	Cartucho de tóner Negro de larga duración	8.000	110 €

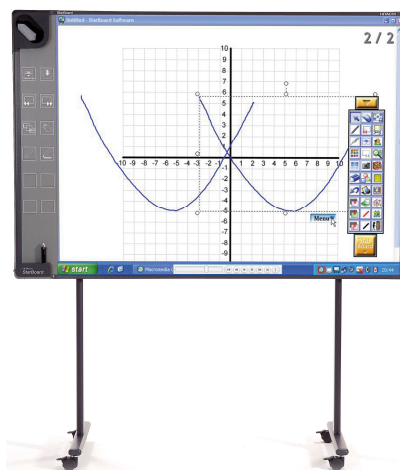
*Tabla 5.5.2.5: Consumibles utilizados por las impresoras de las salas de profesores e informática*

### 5.5.3. PIZARRAS DIGITALES Y PROYECTORES

---

Las pizarras digitales (figura 5.5.3.1) son la evolución natural de las clásicas pizarras de tiza. Se puede hacer lo mismo que con ellas: borrar, trazar, escribir, etc, con la gran ventaja de que cada pizarra, una vez escrita se puede almacenar y durante la clase se puede volver a ella si fuese necesario.

El concepto de pizarra digital va inexorablemente unido a un proyector, de hecho se conoce como PDI (Pizarra Digital Interactiva) al conjunto compuesto por un dispositivo señalador, una superficie de proyección y un proyector.



**Figura 5.5.3.1: Detalle de pizarra digital genérica**

Para este proyecto se ha elegido el modelo de PDI TauchIt de la empresa española Roycan. Se trata de una pantalla táctil de 78" y una resolución de 4096x4096, con una superficie de acero vitrificado (esmalado de porcelana) resistente al rallado. Es de fácil limpieza y sirve como pizarra normal con cualquier rotulador tipo "veleda", por lo que se puede prescindir de la pizarra de tiza y no es necesario tener ambas en el aula. Al ser táctil puede funcionar sin dispositivo señalador activo específico, tan solo con el dedo o un bolígrafo o rotulador cerrado, puntero de plástico, etc. El software de control del dispositivo está disponible para Microsoft Windows, Mac y Linux

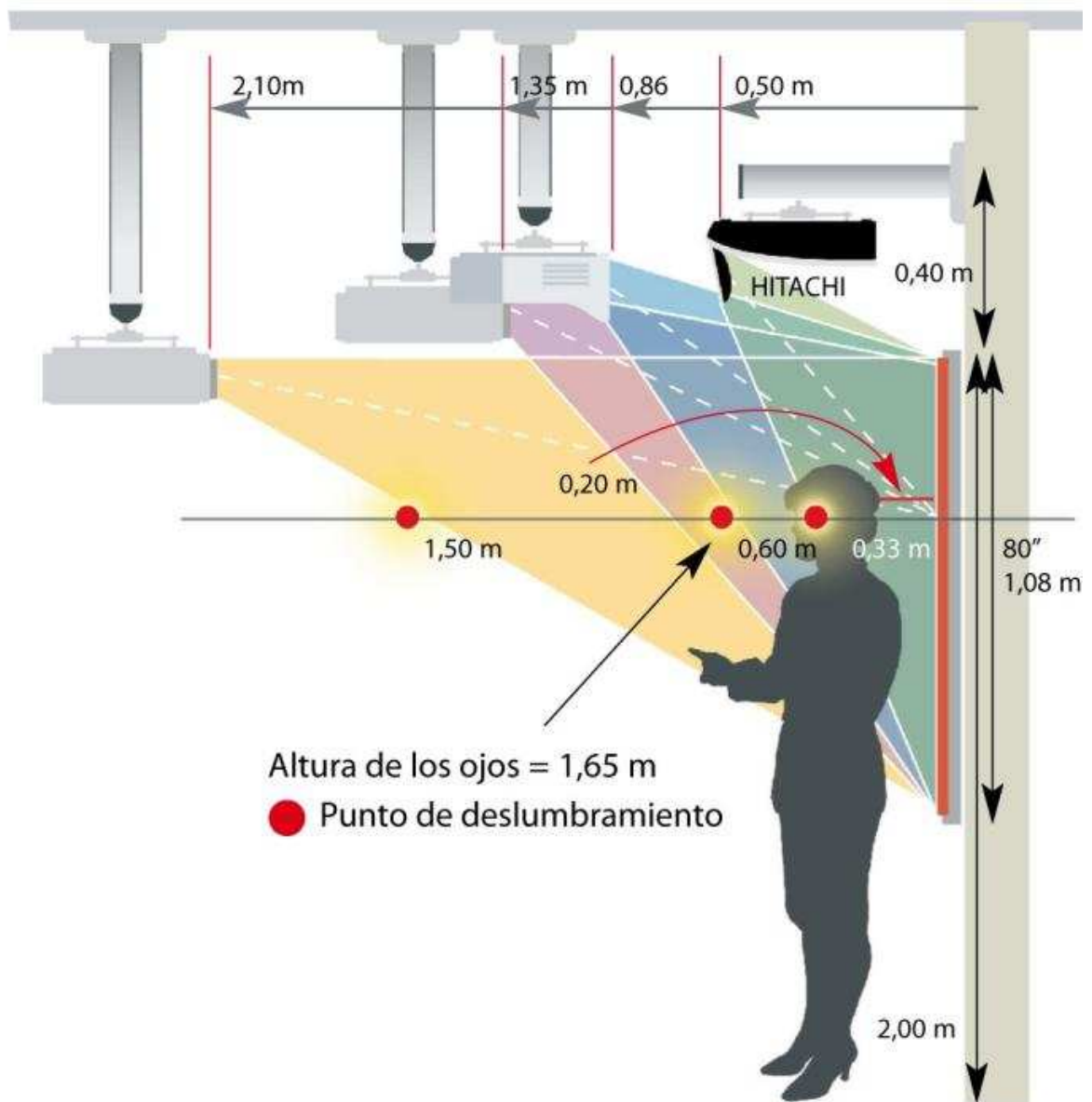
Con respecto al cañón proyector necesario para utilizar la pizarra digital, valdría cualquiera del mercado. Se puede optar por un proyector convencional de techo, que necesita de 2 a 4 metros de distancia para proyectar o por proyectores de corto alcance, que van instalados con un mástil en el mismo plano que la pizarra y que con sólo 40 ó 70 cm pueden proyectar imágenes de más de 60".

La gran ventaja de esta nueva generación de proyectores frente a los clásicos es que están ubicados sobre la cabeza del hablante y por lo tanto no genera sombras porque el hablante no se pone delante de la proyección, que viene desde arriba. Otra gran ventaja es que la instalación de este tipo de modelos de proyector minimiza la canalización necesaria y la dificultad de llevar el cableado VGA, corriente eléctrica, audio, etc por el techo, siendo más sencillo hacerlo por detrás de la propia pizarra hacia el PC que usa el profesor, ahorrando en metros canalización y cableado de todo tipo, así como mejorando la estética de la instalación. Para este proyecto se ha elegido el cañón EX525ST de la marca Optoma (Figura 5.5.3.2) de corto alcance. Este cañón proyector es capaz de proyectar unas 42" desde 50cm de distancia, por lo que a unos 70cm aproximadamente se cubre la superficie útil de la pizarra.



**Figura 5.5.3.2: Cañón proyector Optoma EX525ST**

En la figura 5.5.3.3 se puede apreciar la diferencia entre la instalación de este tipo de proyectores de corto alcance frente a los tradicionales de techo y se ve claramente la ventaja de instalarlo en la misma superficie que soporta la pizarra.



**Figura 5.5.3.3: Capacidad de instalación del proyector de corto alcance**

---

## **6. PRESUPUESTO**

---

## 6. PRESUPUESTO

---

A continuación se detalla un presupuesto aproximado para la completa implantación de la solución propuesta. Se han indicado algunos de los proveedores más conocidos del mercado español donde se puede encontrar el material referenciado.

Los precios indicados aquí son orientativos PVP por lo que habría que quitarle entre un 20% y un 30% de media para obtener PVD.

Presupuesto de instalación de la red y electrónica necesaria:

Producto	Proveedor	Precio €	Uds.	Importe €
Rack mural 19" de 9 unidades, 2 cuerpos con puerta de cristal y cerraduras en puerta y en lateral (Ref. 2411)	Ingesdata	350,00	5	1.750,00
Rack mural 19" de 12 unidades, 2 cuerpos con puerta de cristal y cerraduras en puerta y en lateral (Ref. 2403)	Ingesdata	392,00	1	392,00
Kit ventilación superior para rack sin consumir unidad 130 m3 (Ref: 2545)	Ingesdata	75,00	6	450,00
Patch-panel cat. 6 24 bocas (Ref. 1296)	Ingesdata	96,00	16	1.536,00
Pasahilos (Ref. 1279)	Ingesdata	8,10	12	97,20
PDU Regleta eléctrica 8 tomas Schuko	Ingesdata	58,00	6	348,00

Bandeja soporte de 250 mm de fondo (Ref. 2330)	Ingesdata	34,00	1	34,00
Kit de tuerca enjaulada, tornillo y arandela para montaje en rack (Ref. 2352)	Ingesdata	0,62	175	108,50
Latiguillos 150 cm RJ45 cat. 6 para conexión interior en los racks (Ref. 1451)	Ingesdata	3,84	200	768,00
Cable UTP cat. 6 libre de halógenos. Bobina de 305m (Ref. 0115)	Ingesdata	94,00	8	752,00
Rosetas dobles de superficie con salida lateral y conexión RJ45 cat. 6 (Ref. 1289)	Ingesdata	12,00	145	1.740,00
Canaleta central para pasillos (50x100 m con doble cuerpo, en paquetes de 16 m). Total unos 250 m. (60 m/planta)	Ingesdata	119,00	16	1.904,00
Canaleta para despliegue en las estancias (16x20 m en paquetes de 140 m). Total unos 270 m (10m / aula)	Ingesdata	128,00	2	256,00
Switch Netgear GS748T	Ciudad Wireless	395,00	6	2.370,00
AP + Antena integrada Ubiquiti Networks NSM2 NANOSTATION M2 - 2,4 GHz. 10 dBi MIMO	Ciudad Wireless	69,50	2	139,00
Soporte mural para NSM2	Ciudad Wireless	15,00	2	30,00

Mano de obra para instalación de racks, cableado, canaleta, etc y certificación de red en categoría 6		5.000,00	1	5.000,00
Horas de mano de obra de configuración switches, enlace wifi, pruebas, etc		75,00	15	1.125,00
<b>TOTAL (€)</b>				<b>18.799,70</b>

Presupuesto de instalación de las pizarras, los proyectores y los equipos de las aulas, salas de profesores, etc. Esta partida se podría aplicar por fases si el presupuesto resulta alto, dotando a las aulas de equipamiento de forma progresiva a lo largo de varios cursos:

<b>Producto</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Precio €</b>	<b>Uds.</b>	<b>Importe €</b>
PC para las aulas, salas de profesores, etc.  Cualquier modelo con procesador Intel Pentium Dual Core 2,5 Ghz o superior / 4Gb RAM DDR3 / 500Gb HD SATA-II / DVD-RW / Windows 7 64 bits / LAN Gigabit Ethernet / Monitor TFT de 22" / Teclado y ratón óptico	Cualquier proveedor solvente que ofrezca marcas como HP, ACER, COMPAQ, ASUS, etc.	500,00	104	52.000,00

Kit PDI táctil TauchIt + Cañon proyector Optoma EX525ST + Columna auto amplificada, todo instalado y con caja de conexiones	Roycan	2.500,00	18	45.000,00
Impresora Brother MFC- 9450CDN	Brother	670,00	1	670,00
Impresora Brother DCP- 8085DN	Brother	465,00	2	930,00
Impresora Brother HL- 5350DN	Brother	255,00	2	510,00
Material adicional (cables VGA, latiguillos USB, etc)		750,00	1	750,00
Licencias del software Deep Freeze	Faronics	9,00	104	936,00
<b>TOTAL (€)</b>				<b>100.796,00</b>

Relación de proveedores:

<b>Proveedor</b>	<b>Contacto</b>
Ingesdata	<a href="http://www.ingesdata.com">http://www.ingesdata.com</a>
Ciudad wireless	<a href="http://www.ciudadwireless.com">http://www.ciudadwireless.com</a>
Roycan	<a href="http://www.roycan.com">http://www.roycan.com</a>
Brother	<a href="http://www.brother.com">http://www.brother.com</a>
Faronics	<a href="http://www.faronics.com">http://www.faronics.com</a>

---

## **7. POSIBLES MEJORAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO**

---

## 7. POSIBLES MEJORAS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

---

Son múltiples las posibles mejoras que se pueden hacer en esta instalación. De hecho, durante el desarrollo del proyecto se han indicado algunas de ellas sobre la marcha. En este caso, al tratarse de un entorno docente a nivel infantil y primaria, con un presupuesto ajustado, no se han tenido en cuenta algunos aspectos básicos en un entorno empresarial, como cortafuegos, zonas D.M.Z. para servidores, VLANs, etc.

Algunas mejoras que se pueden hacer en ese aspecto en esta instalación son las siguientes:

- **VLAN:** Los switches que se han instalado soportan los estándares de etiquetado de VLANs 802.11q. Si fuese necesario en el futuro, podrían crearse VLANs para mejorar el tráfico y la seguridad de la red. Podrían crearse por ejemplo los siguientes grupos:
  - Electrónica de red: Switches, routers y APs
  - Equipos de aulas destinados a alumnos
  - Equipos de aulas destinados a profesores y sala de profesores
  - Equipos de dirección y secretaría
  - Impresoras

Con estos simples grupos, cambiando los direccionamientos IP de cada red e instalando los correspondientes routers donde fuera necesario, se podría mejorar notablemente la seguridad del sistema con muy poca inversión, llegando al punto en el que desde ningún equipo accesible por alumnos se pudiera acceder a ninguno de profesores o que desde ningún equipo del centro se pueda acceder a modificar los parámetros de la electrónica de red, asignando esa función a un eventual administrador del sistema, etc. En definitiva, este ejemplo sólo pretende ilustrar el potencial de crecimiento y versatilidad que tiene la implantación actual.

- **Cortafuegos y filtro:** En la instalación actual no se contempla ninguna posibilidad de filtrado en la salida a Internet, por lo que en un determinado momento, si se deja a los alumnos salir a Internet sin docentes presentes y sin control, podrían acceder a material pornográfico o de cualquier otro tipo al que no deberían acceder. Esta situación es difícil que se de con el modelo docente actual, ya que al tratarse de alumnos siempre de corta edad, o no disponen de los conocimientos necesarios para navegar solos y además no pueden hacerlo porque siempre usarán el PC en el transcurso de una clase con un profesor presente.

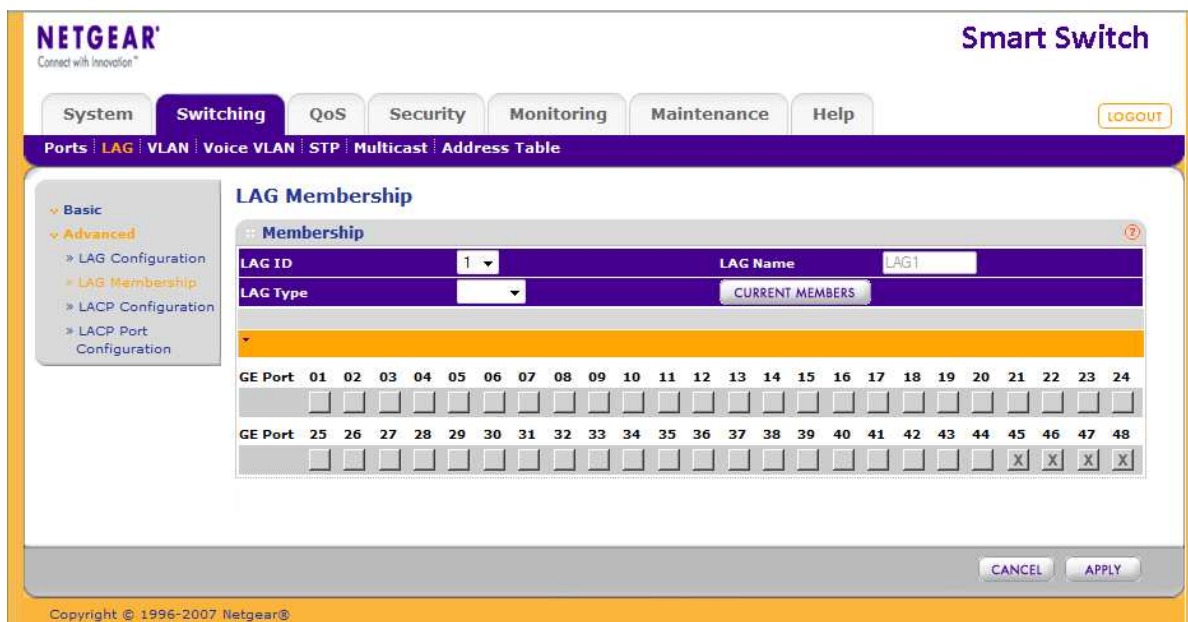
En cualquier caso, una posible mejora del sistema que cortaría de raíz esta posibilidad es la instalación de un equipo entre el modem-router actual y el resto de la red, de modo que haga las funciones de cortafuegos y filtro. El equipo sería por ejemplo un PC normal con Linux y dos tarjetas de red, con una distribución coyote o similar, que ya está orientada a esta tarea. No resultaría muy costoso reconfigurar el modem-router para que trabaje en otro rango de IPs (por ejemplo en la red 192.168.1.0/24) y colocar ese PC con dos tarjetas de red tal como se aprecia en la figura 10.2.4 del anexo B.

Una vez instalado de ese modo, se podría configurar fácilmente el equipo para que filtrase el acceso a Internet por IPs, por determinados dominios, etc, impidiendo el acceso de los menores a contenidos inadecuados y evitando también, si fuese necesario, el acceso de los docentes a recursos fuera de su ámbito de trabajo (youtube, hotmail, etc)

- **Trunk:** En la implantación propuesta, la troncal que une todos los switches de las plantas está montada sobre un solo cable UTP a Gigabit Ethernet. Una ampliación interesante si se desea mejorar la capacidad de la troncal es ampliar ese enlace entre switches a través de Trunking. Los switches se han elegido estratégicamente para soportar también esa función, de modo que se puedan unir varias bocas físicas del switch en una sola boca virtual consiguiendo la suma de ancho de banda resultante. Es decir, que si se unen 2 bocas, se consigue un enlace a 2 Gbps, si se usan 4 el enlace será

a 4 Gbps, etc. Técnicamente según la documentación del switch se podrían hacer trunking hasta con 12 puertos, lo que nos daría 12 Gbps de ancho de banda entre switches. Realmente, con 4 Gbps sería más que suficiente si algún día se quisiera implantar esta mejora. Para ello habría que crear una troncal paralela con tantos cables UTP como Gbps queramos aumentar y conectarlos en las bocas 47 y anteriores de los correspondientes switches, siguiendo el esquema propuesto en capítulos anteriores. En todos los switches se ha dejado capacidad suficiente para poder llegar a un trunk de 4 Gbps sin tener que tocar nada más que la aplicación de cable por la canaleta ya existente. Una vez conectados las nuevas bocas de los switches, habría que entrar en el panel de administración de cada uno de ellos e indicar que bocas forman el trunk, sino se producirían problemas y colisiones en la red por haber ciclos entre los switches.

En este modelo de switch, el trunking se configura de forma muy sencilla en la sección llamada LAG (Link Aggregation Groups) tal como se aprecia en la figura 7.1, en este caso con las 4 últimas bocas que forman un solo link.



**Figura 7.1: Panel de administración del switch donde se configura el trunk**

---

## 8. BIBLIOGRAFÍA

---

## 8. BIBLIOGRAFÍA

---

- DATA AND COMPUTER COMMUNICATIONS. W. Stallings, Prentice-Hall, 2.004
- COMPUTER NETWORKS. A. S. Tanenbaum, Prentice-Hall, 1.997
- TCP/IP ILUSTRATED. W.R. Stevens, Prentice-Hall, 1.995
  
- <http://compnetworking.about.com/>
- <http://en.wikipedia.org>
- <http://es.wikipedia.org>
- <http://aprenderedes.com>
- <http://www.netgear.com>

---

## **9. GLOSARIO**

---

## 9. GLOSARIO

---

<b>Término</b>	<b>Significado</b>
AL	Audición y Lenguaje
PT	Pedagogía Terapéutica
TGD	Trastorno General del Desarrollo
AMPA	Asociación de Madres y Padres de Alumnos
CPD	Centro de Proceso de Datos
PTR	Punto de Terminación de Red
UTP	Unshielded Twisted Pair (Par Trenzado no Blindado)
STP	Shielded Twisted Pair (Par Trenzado Blindado)
PoE	Power Over Ethernet
ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Line
PPP	Point to Point Protocol (Protocolo Punto a Punto)
PPPoE	Point to Point Protocol Over Ethernet
PPPoA	Point to Point Protocol Over ATM
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
PDU	Power Distribution Unit (En un contexto eléctrico)  Protocol Data Unit (En un contexto de comunicaciones)
DNS	Domain Name System
FTP	File Transfer Protocol
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
POP	Post Office Protocol
CRC	Cyclic Redundancy Check
WDS	Wireless Distribution System
PDI	Pizarra Digital Interactiva
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection (Acceso Múltiple por Detección de Portadora / Detección de Colisiones)

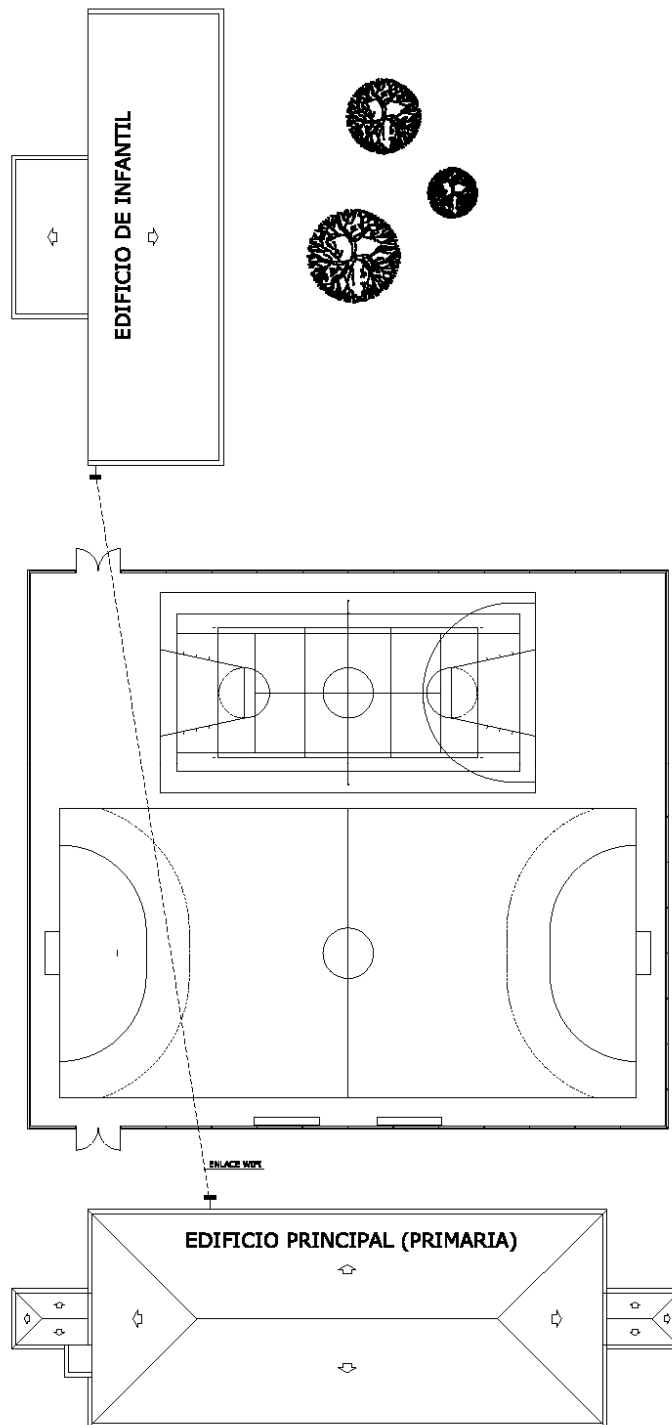
MAC	Media Access Control
NAL	Network Access Layer
SOF	Start Of Frame (Inicio de Trama)
FCS	Frame Check Sequence (Secuencia de Verificación de Trama)
CRC	Código de Redundancia Cíclica
OUI	Organizationally Unique Identifier (Identificador Único Organizacional)
OSI	Open System Interconnection (Interconexión de Sistemas Abiertos)
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización)
QoS	Quality of Service (Calidad de Servicio)
SOHO	Small Office Home Office (Concepto de PYME)
ISP	Internet Service Provider
NAT	Network Address Translation
MIMO	Multiple In - Multiple Out
AP	Acces Point
WEP	Wired Equivalent Privacy
WPA	Wifi Protected Access
WPA-PSK	Wifi Protected Access Pre Shared Key
WPA2	Wifi Protected Access 2
WPA2-PSK	Wifi Protected Access 2 Pre Shared Key
AES	Advanced Encryption Standard
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol

---

## **10. ANEXOS**

---

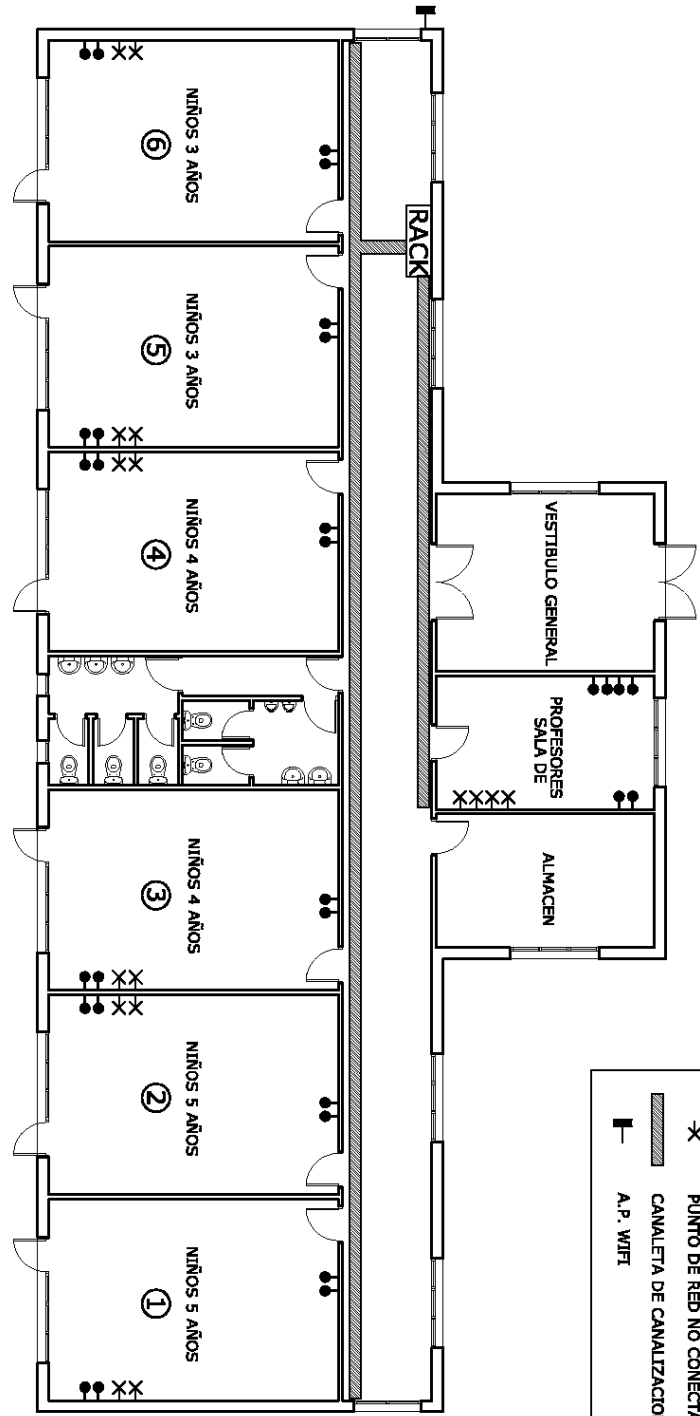
## 10.1. ANEXO A - PLANOS DEL CENTRO



PLANTA DE EMPLAZAMIENTO

*Figura 10.1.1: Emplazamiento de ambos edificios y detalle del enlace wifi*

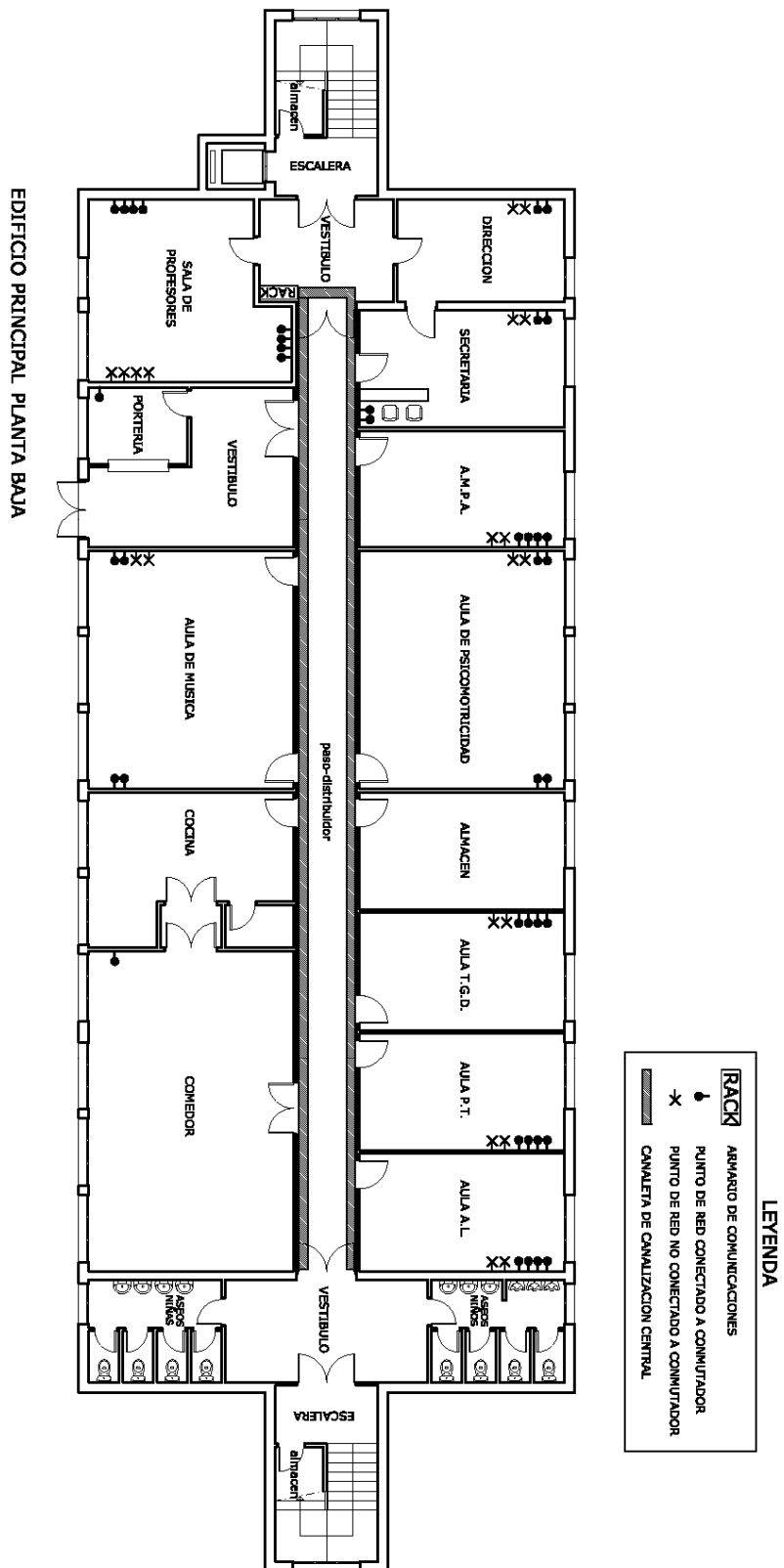
PLANTA BAJA



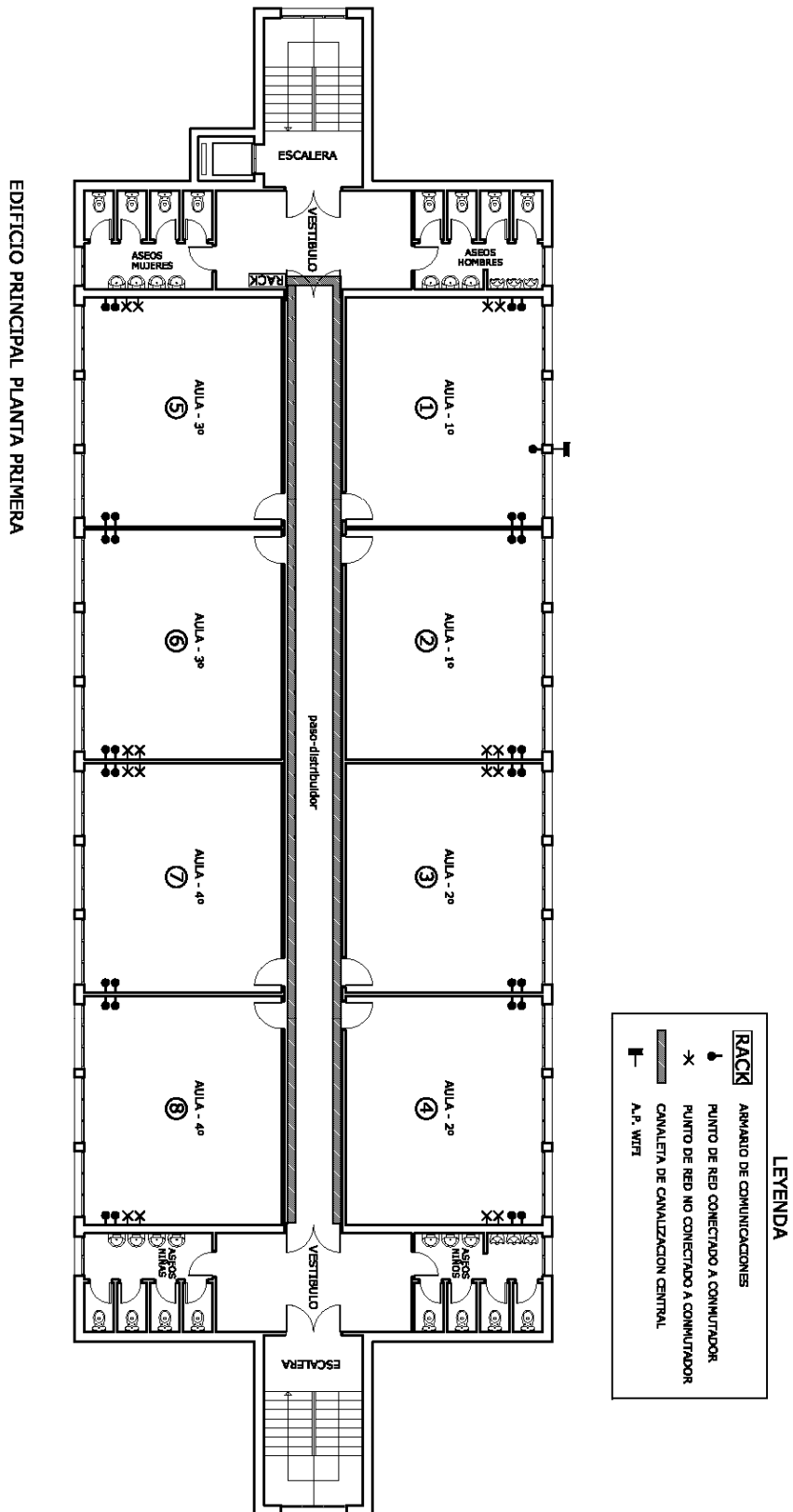
**LEYENDA**

<b>RACK</b>	ARMARIO DE COMUNICACIONES
●	PUNTO DE RED CONECTADO A COMPUTADOR
✕	PUNTO DE RED NO CONECTADO A COMPUTADOR
▨	CAVALETA DE CANALIZACION CENTRAL
⊥	A.P. WIFI

Figura 10.1.2: Planta del edificio de infantil

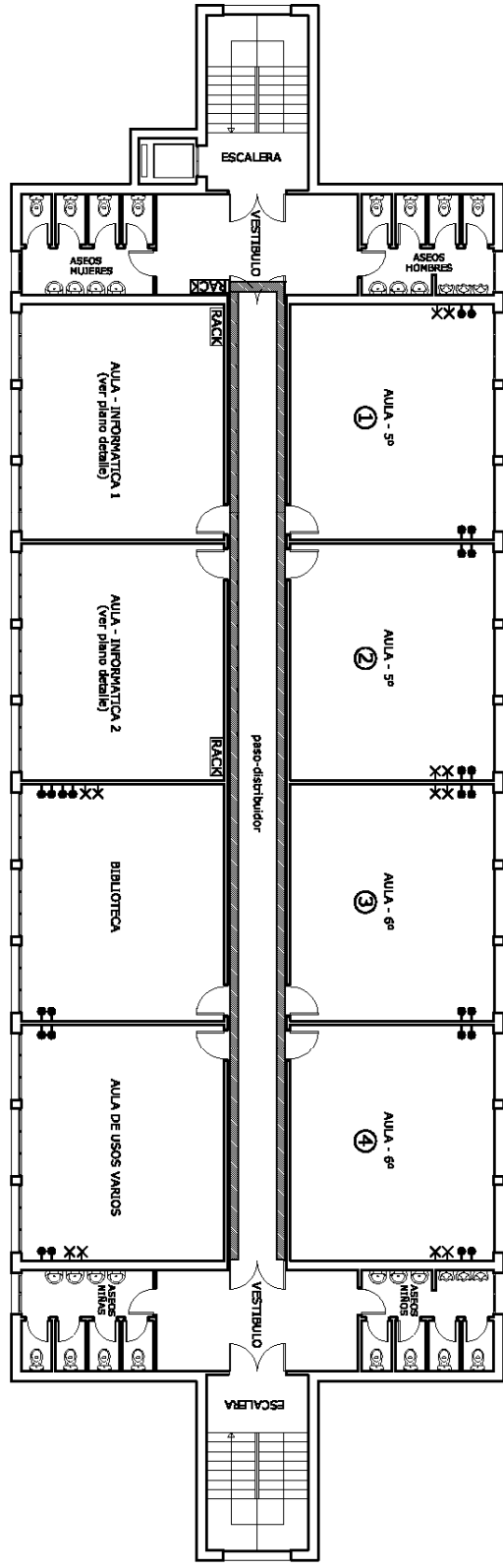


**Figura 10.1.3: Planta baja del edificio de primaria**



**Figura 10.1.4: Planta primera del edificio de primaria**

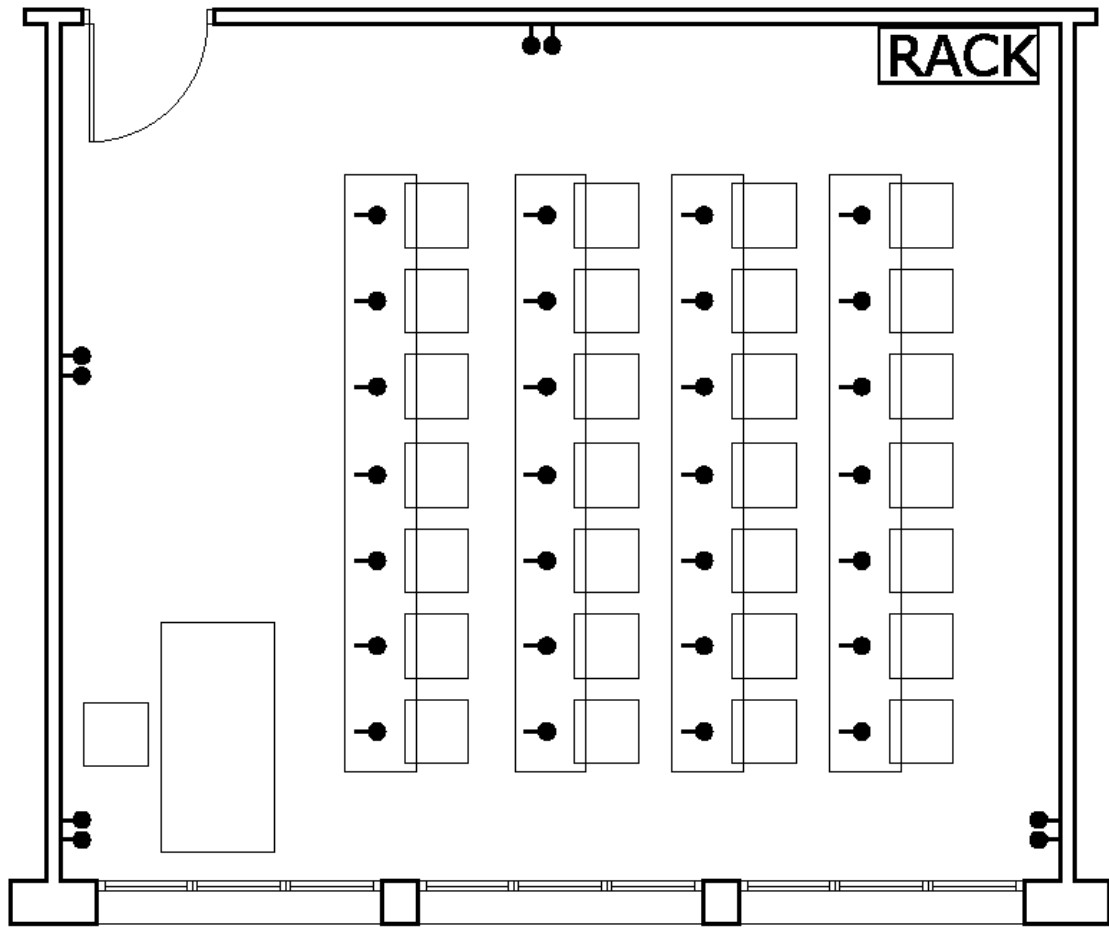
EDIFICIO PRINCIPAL PLANTA SEGUNDA



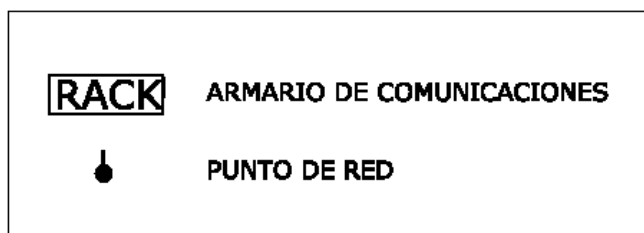
**LEYENDA**

	ARMARIO DE COMUNICACIONES
	PUNTO DE RED CONECTADO A COMPUTADOR
	PUNTO DE RED NO CONECTADO A COMPUTADOR
	CANALERIA DE CANALIZACION CENTRAL

Figura 10.1.5: Planta segunda del edificio de primaria

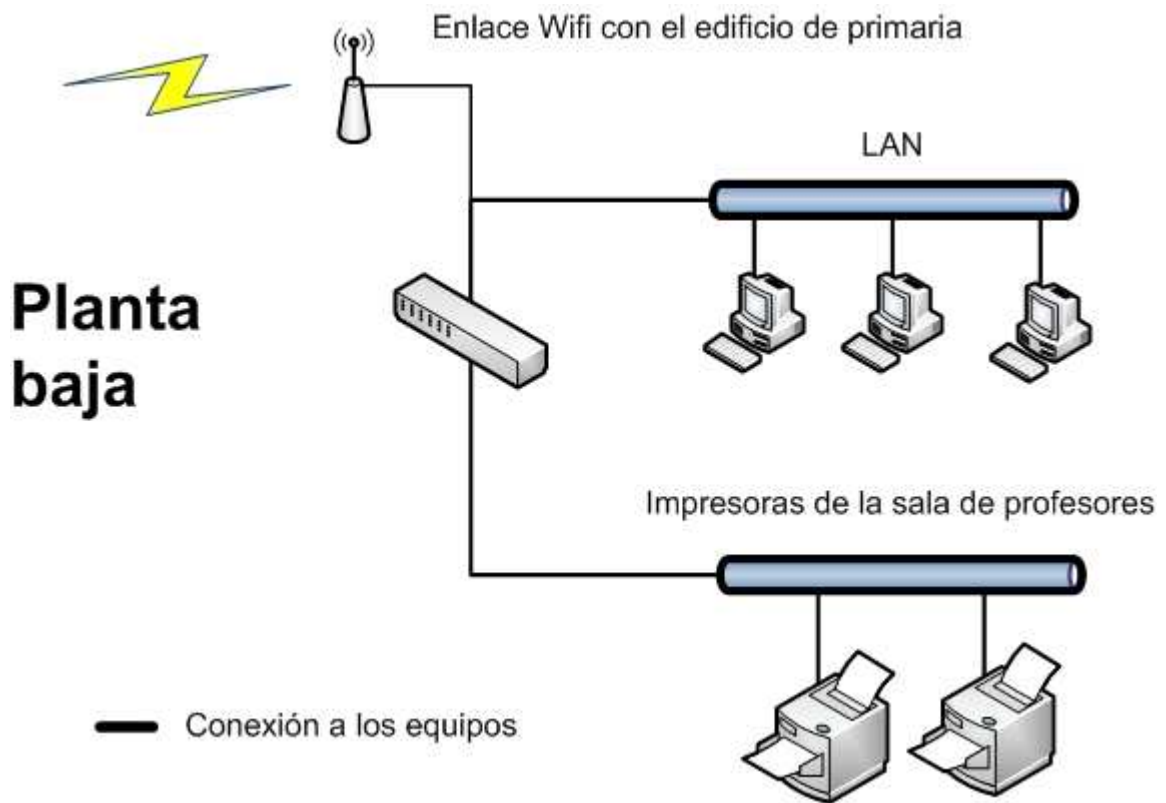


### LEYENDA

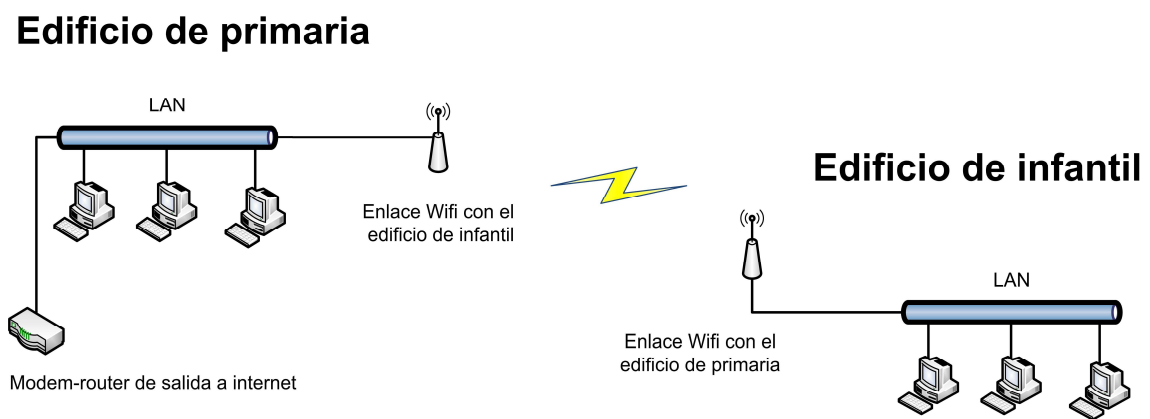


*Figura 10.1.6: Detalle de un aula de informática*

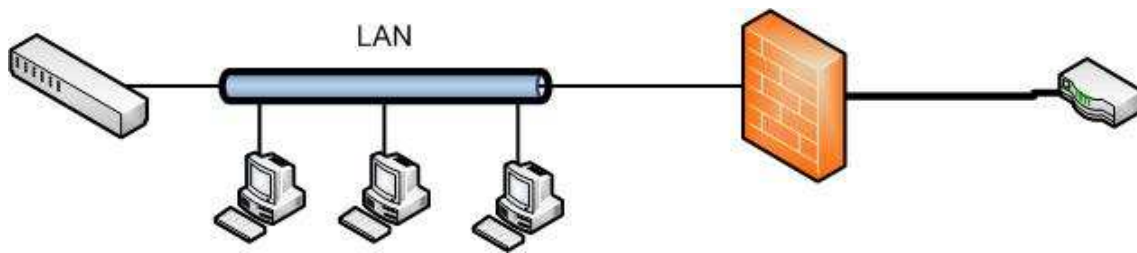




**Figura 10.2.2: Distribución general de la red en el edificio de infantil**



**Figura 10.2.3: Esquema del enlace wifi entre ambos edificios**



**Figura 10.2.4: Detalle de la salida a Internet a través del equipo haciendo funciones de cortafuegos + filtro**