



UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA SUPERIOR DE INFORMÁTICA

GRADO EN INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

**Diseño de la red de comunicaciones y servicios del Campus de
Ciudad Real de la Universidad de Castilla-La Mancha**

Elena Díaz del Campo González-Gallego
Sara Lara Caro



**UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA SUPERIOR DE INFORMÁTICA**

**Departamento de Tecnologías y
Sistemas De Información**

**GRADO EN INGENIERÍA EN INFORMÁTICA
Tecnologías de la Información**

**Diseño de la red de comunicaciones y servicios del Campus de Ciudad
Real de la Universidad de Castilla-La Mancha**

Autor: Elena Díaz del Campo González-Gallego

Autor: Sara Lara Caro

Tutor académico: Sebastián Reyes Ávila

Mayo, 2019

Resumen

Hoy en día, el Campus Universitario de Ciudad Real de la Universidad de Castilla-La Mancha está formado por diversos edificios que requieren de una conexión a internet segura, con una alta disponibilidad sin retardos y que sea robusta.

Son muchos los usuarios que hacen uso de ella, diferenciando alumnos, profesores y personal de administración.

Además, el campus está en constante crecimiento, por eso, se ha tratado el diseño de una red de campus jerárquica, que nos permita añadir nuevos edificios sin complejidad alguna.

Se han analizado las distintas metas de negocio que nos han permitido realizar el diseño físico y lógico de la red del Campus de Ciudad Real, conectado por fibra multimodo y monomodo entre edificios y por cable UTP en las plantas de los mismos.

Todo ello, utilizando los dispositivos más usados hoy en día, seguros y con un precio adecuado, ajustándose al presupuesto.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
2. Análisis de Requisitos	2
2.1 Búsqueda de información	2
2.2 Analizar metas de negocio y restricciones	2
2.3 Analizar metas técnicas, pros y contras	3
3. Topología de la red	5
4. Sistema de cableado estructurado en el interior de los edificios	8
5. Esquema lógico de la red y medidas de seguridad	11
6. Protocolos de Conmutación y Enrutamiento	14
7. Equipos de comunicaciones de red	15
Router cisco 2911	15
Switch 3650-24PS	15
Switch S3900-24F4S	15
Servidor Cisco B440	16
Punto de acceso Cisco Aironet 2600	16
8. Gestión del diseño de la Red	17
9. Cálculo del presupuesto	19
8.1 Presupuesto por piso	19
8.2 Presupuesto de cada edificio	20
8.3 Presupuesto del Núcleo de la Red	20
8.4 Presupuesto servidores de la red	21
8.5 Presupuesto Mano de Obra	22
8.6 Presupuesto Total	22
10. Diagrama Topológico Final	23
11. Conclusión	24
Apéndice 1. Resultado de las pruebas del diseño de red	25
Conectividad	25
Servicio de Correo Electrónico	26
Web	28
Bibliografía	30

Índice de Figuras

Figura 1 Organigrama Usuarios UCLM Ciudad Real	2
Figura 2. Diseño Físico de la Red	7
Figura 3.Sistema de Cableado en el interior de los edificios	8
Figura 4. Armario Rack	10
Figura 5. Router Cisco 2911.....	15
Figura 6. Switch 3650-34PS.....	15
Figura 7. Switch S3900-24F4S	16
Figura 8. Servidor Cisco B440	16
Figura 9. Punto de acceso Cisco Aironet 2600	16
Figura 10. Comando show cdp	17
Figura 11. Comando show cdp interface.....	17
Figura 12. Comando show cdp neighbors	18
Figura 13. Comando show cdp entry Router	18
Figura 14. Diseño Topológico Final	23
Figura 15. Ping desde la terminal de un ordenador	25
Figura 16. Simulación mensaje de un ordenador a otro	25
Figura 17. Mensaje redactado de correo electrónico	26
Figura 18. Mensaje enviado de correo electrónico.....	27
Figura 19. Comprobación del mensaje enviado de correo electrónico	28
Figura 20. Comprobación página www.uclm.es	29
Figura 21. Comprobación página www.campusvirtual.uclm.es	29

Índice de Tablas

Tabla 1. Distancias entre los Edificios y el CPD	6
Tabla 2. Número plantas de los edificios y puntos de acceso requeridos	9
Tabla 3. Esquema lógico de la red.....	13
Tabla 4. Presupuesto por Piso.....	20
Tabla 5. Presupuesto por Edificio.....	20
Tabla 6. Presupuesto del Núcleo de la Red	21
Tabla 7. Presupuesto Servidores de la Red	21
Tabla 8. Presupuesto Mano de Obra.....	22
Tabla 9. Presupuesto Total.....	22

1. Introducción

En el presente trabajo, se pretende crear el diseño de la red de comunicaciones y servicios del campus universitario de Ciudad Real de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM).

Para ello, habrá que interconectar los distintos edificios que se encuentran distribuidos por el campus universitario de Ciudad Real, respetando así la organización (edificios, recursos humanos, etc.).

El objetivo principal es conectar cada uno de estos edificios con el edificio principal, que es donde se centrará la red, ya que ahí está instalado el CPD que se encuentra en un anexo del rectorado de la UCLM en la calle Altagracia.

Es importante que, en el desarrollo del proyecto, se tengan en cuenta diversos factores que aseguren la escalabilidad, la sostenibilidad, seguridad y robustez, que permitan asegurar un buen funcionamiento de la red, dentro de un presupuesto acordado.

2. Análisis de Requisitos

2.1 Búsqueda de información

Antes de empezar con el diseño, hemos tenido que recabar información básica como el plano del Campus de Ciudad Real, distancias de las facultades al rectorado, número de alumnos y personal tanto profesorado como administración, etc.

2.2 Analizar metas de negocio y restricciones

Se trata de realizar un nuevo diseño de red y no reutilizar nada de la infraestructura actual. Con el nuevo diseño se intentará reducir los costes de operación, mejorar las comunicaciones entre los edificios del campus y ofrecer mejor soporte a los usuarios de esta red. Cumpliendo estos objetivos y las principales prioridades como son la movilidad, seguridad, robustez, resiliencia y un retardo bajo, conseguiremos un buen diseño de la red.

Si el proyecto fallase, tendrá un impacto crítico, ya que habremos desembolsado una gran cantidad de dinero en dicha infraestructura. Por lo que también se tiene en cuenta las restricciones del negocio: Presupuesto, Personal, Agenda y Políticas

Hemos obtenido un organigrama donde se muestra la estructura general de la organización para saber los usuarios que debemos tener en cuenta:

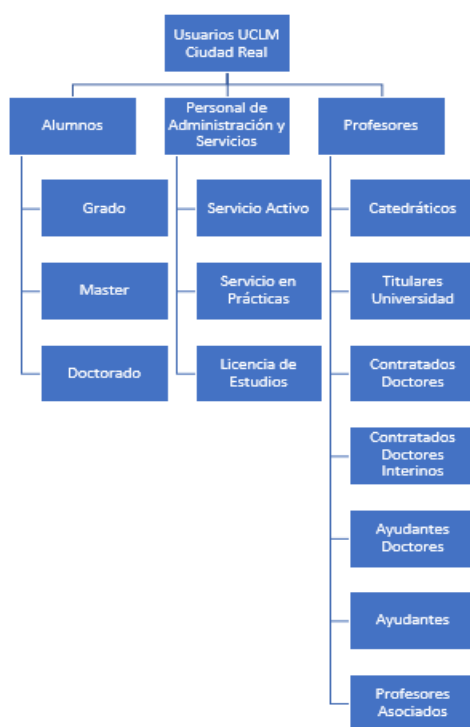


Figura 1 Organigrama Usuarios UCLM Ciudad Real

2.3 Analizar metas técnicas, pros y contras

- Escalabilidad

La escalabilidad es la habilidad para crecer donde algunas topologías escalan mejor que otras. En el proyecto hay que evitar el tráfico Broadcast ya que afecta considerablemente a la escalabilidad de la red.

- Disponibilidad

La disponibilidad es una medida que nos muestra, cuánto tiempo está funcionando la red correctamente. Diferentes aplicaciones pueden requerir diferentes niveles de disponibilidad. Hemos decidido que la disponibilidad debe ser del 99.98 %, ya que una disponibilidad mayor como puede ser 99.999% podría requerir el triple de redundancia y eso no se puede afrontar. Expresando en el tiempo promedio entre fallos (MTBF) o tiempo promedio para reparar (MTTR), se ha escogido un MTBF de 400 horas, que quiere decir que la red no debería fallar más de una vez cada 166 días y una MTTR de 1 horas, que indica que debería poderse reparar en una hora.

Por tanto, la disponibilidad se ha calculado de la siguiente forma:

Disponibilidad= $MTBF/(MTBF+MTTR) = 400/401 = 99.98\%$ de disponibilidad

- Rendimiento

El rendimiento de la red debe ser un desempeño normal, es decir, que esté al margen de lo que recomiendan los principales estándares, como por ejemplo que cumplan los requerimientos de las cámaras de seguridad o videoconferencia. Para estos aspectos se espera que la utilización del tiempo sea del 30% del total de Ancho de Banda disponible, para la administración de la universidad.

- Seguridad

La seguridad es de gran importancia en el diseño de la red, ya que si alguna aplicación falla se puede generar una pérdida respecto a los recursos de confidencialidad e integridad. Analizando los recursos y bienes en la red, tienen más valor y costo asociado a su pérdida los fallos en los servidores sobre todo el de gestión académica y nómina financiera, por tanto, los servidores necesitan protección. Si los servidores fallan los datos pueden ser alterados, analizados o eliminados, las contraseñas de los usuarios pueden ser descubiertas y las configuraciones de los dispositivos pueden ser cambiadas. Para mejorar la seguridad en nuestro diseño de red, se ha incluido una zona desmilitarizada, se ha incorporado Access-List para que los servidores no tengan acceso a las cámaras de las universidades, es decir, que sean internas y no salgan a internet.

Se ha incluido un Firewall y se han protegido todos los dispositivos como routers y switches, con contraseñas.

- **Facilidad de gestión**

Al tratarse de un campus universitario, en este tipo de red es necesario que haya mecanismos fuertes para la corrección y detección de fallos, con la intención de que todos los datos académicos se mantengan de forma segura en la red. Además, debe existir un control en la configuración de la red y un control de rendimiento. Para monitorizar el estado de nuestro diseño de red, hemos hecho uso de la Herramienta de Cisco llamada Cisco Discovery Protocol.

- **Facilidad de uso**

La usabilidad se refiere concretamente a la facilidad con la que los usuarios pueden acceder a la red y a los servicios, es decir, para hacer más fácil el trabajo a los usuarios y de la misma forma su interacción con la red. Nuestro usuario está enfocado en una usabilidad normal.

- **Adaptabilidad**

Al diseñar nuestra red hemos tenido en cuenta que a medida que la tecnología avanza y vayan surgiendo nuevos equipos, se puedan incorporar a nuestro diseño sin problemas. Nuestros usuarios esperan que se pueda modificar una sede, cambiando solo la tecnología o aumentando el ancho de banda. Para ello, hemos usado una topología jerárquica, de forma que se pueda modificar el diseño e incorporar nuevos edificios sin complejidad ninguna.

3. Topología de la red

Para la interconexión de los doce edificios que conforman la red del campus universitario de la UCLM de Ciudad Real, hemos diseñado una estructura de red modular y jerárquica, ya que reduce la carga en los dispositivos de red evitando que los dispositivos tengan que comunicarse con demasiados dispositivos similares, además facilita los cambios en la red y el escalamiento a un tamaño mayor. Con este tipo de topología se aumenta la simplicidad y la comprensión.

El objetivo es minimizar el tamaño de los dominios de ancho de banda y los dominios de difusión, además de proveer redundancia.

El diseño está dividido en tres capas diferenciadas:

- Una *capa de núcleo* donde se encuentra el Backbone del campus, con un switch de capa 3 que se encarga de distribuir, al que se conectan dos switch de capa 2 para aumentar el número de bocas para poder conectar todas las facultades. Además, tenemos un router que actúa como Firewall, un router de acceso a internet y otro de reserva, en el cuál, su configuración es posible en caso de que el otro router falle. También se cuenta con varios servidores: servidor DNS, servidor Bastion y servidor web local que también ofrece el servicio de correo electrónico.
- Una *capa de distribución* donde se encuentra los switches de cada edificio, que están conectados con los switches del núcleo.
- Una *capa de acceso* con los switches de las plantas de cada edificio, así como puntos de acceso o dispositivos finales.

De esta forma podremos interconectar cada edificio del campus con el edificio principal situado en el Rectorado, donde se encuentra el CPD, a través de un tendido de fibra óptica que soporte las comunicaciones demandadas por las facultades y que esté de acorde a una serie de estándares que regulen la estructura del cableado.

Es una buena topología ya que la red puede duplicarse o triplicarse en tamaño sin hacer cambios importantes en el diseño y, por otra parte, nos brinda seguridad debido a la independencia de cada uno de los edificios del campus, ya que cualquier fallo que se produjese en un determinado edificio, no influirá en el desempeño de toda la red.

A continuación, se muestran todas las distancias requeridas para realizar el cableado desde cada uno de los edificios del campus al CPD:

EDIFICIO A	EDIFICIO B	DISTANCIA
Facultad de Medicina	Rectorado	1,2 Km
Facultad de Enfermería	Rectorado	900 m
Facultad de Ciencias y Tecnologías Químicas	Rectorado	750 m
Biblioteca General	Rectorado	750 m
Facultad de Letras	Rectorado	850 m
Edificio Politécnico	Rectorado	900 m
Escuela Superior de Informática	Rectorado	900 m
Facultad de Educación	Rectorado	900 m
Escuela de Ingenieros Agrónomos	Rectorado	1,4 Km
Facultad de Derecho y Ciencias Sociales	Rectorado	230 m
Unidad de Gestión Académica de Campus	Rectorado	900 m

Tabla 1. Distancias entre los Edificios y el CPD

En el diseño físico de la red hemos usado los dos tipos de topologías de cableado, el centralizado y el distribuido.

El esquema centralizado lo hemos usado para las terminaciones de cable desde la Facultad de Química, Facultad de Educación y la Escuela Superior de Informática hasta el Rectorado.

El esquema distribuido lo hemos usado para las terminaciones de cable a lo largo del diseño, desde la Facultad de Medicina a la Facultad de Enfermería/UGAC, desde la Facultad de Enfermería/UGAC a la Facultad de Químicas, desde el Edificio Politécnico a la Biblioteca, desde la Biblioteca a la Facultad de Químicas y desde la Escuela de Ingenieros Agrónomos a la Facultad de Educación.

El cableado es de Fibra Óptica que transmite señales de red en forma de luz. Se han utilizado dos tipos de cables, el multimodal y el monomodal.

El cable de fibra óptica multimodal se ha utilizado entre la Facultad de Ingeniería Químicas y la Facultad de Químicas, entre la Facultad de Letras y la Biblioteca, entre la Biblioteca y el Aulario, entre el Rectorado y el CPD y entre la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales y el CPD, debido a que las distancias son menores y este tipo de cable es más barato.

El cable restante que se ha utilizado es del tipo monomodal, debido a que existen distancias mayores entre las facultades.

El diseño físico de la red del Campus de la UCLM de Ciudad Real es el siguiente:

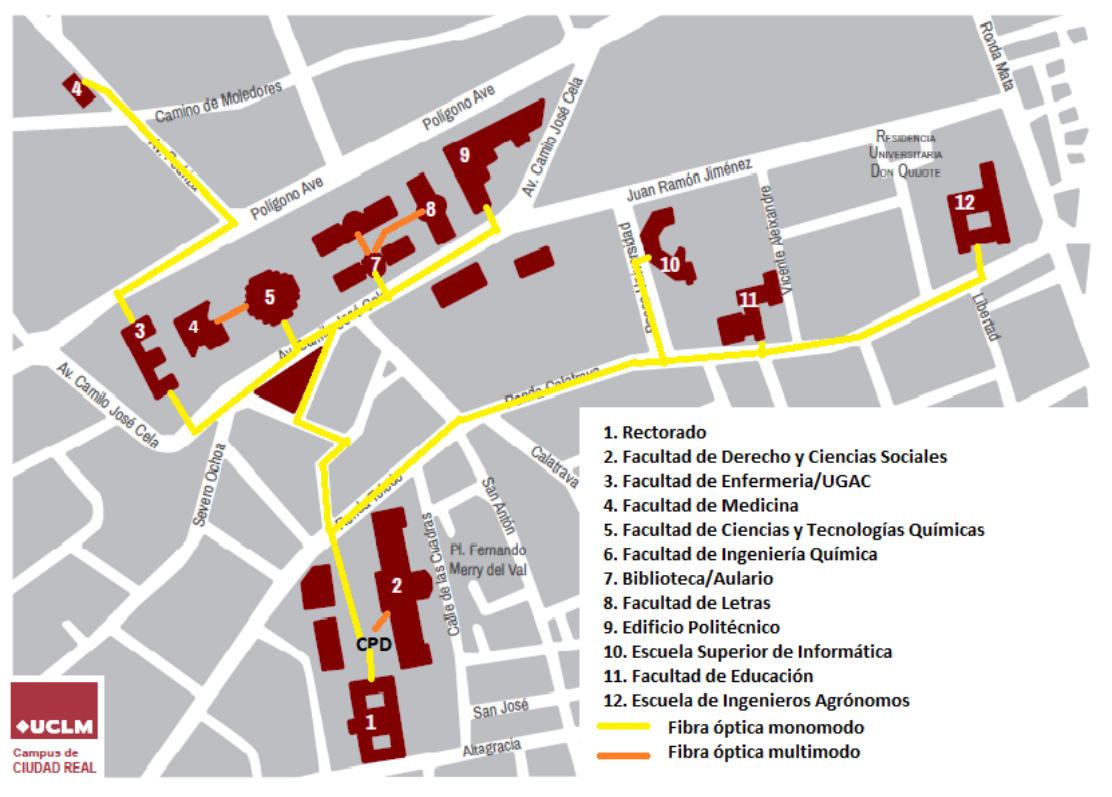


Figura 2. Diseño Físico de la Red

4. Sistema de cableado estructurado en el interior de los edificios

Para el diseño de la red en el interior de los edificios, es importante aplicar o tener en cuenta los distintos estándares universales que nos permitan realizar un cableado ordenado, fácil de manejar, robusto, uniforme, duradero y que permita escalabilidad.

A continuación, presentaremos la ubicación de los armarios racks, los puntos de acceso, el cableado horizontal y vertical para la interconexión de los equipos en el interior de cada una de las plantas de los edificios.

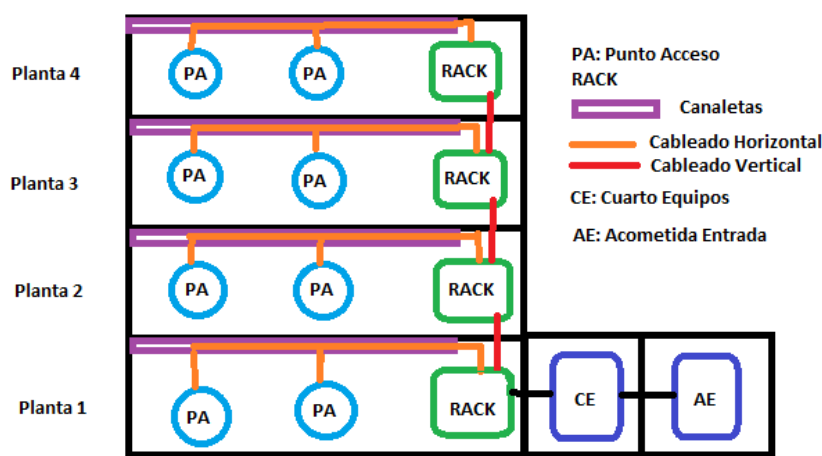


Figura 3. Sistema de Cableado en el interior de los edificios

El diseño de esta red engloba a doce edificios que llegan al edificio del Rectorado donde se encuentra el CPD, interconectándolos y formando así el campus universitario. Cada uno de estos edificios contiene 6 puntos de acceso distribuidos por cada planta del edificio entre clases, laboratorios y despachos, excepto el edificio de la Escuela Superior de Informática, que instalará un total de 15 puntos de acceso por planta. En la siguiente tabla, se expone la cantidad de pisos que tienen todos los edificios que componen el campus universitario y el número de puntos de acceso que se necesitarán:

EDIFICIO	NÚMERO DE PLANTAS	NÚMERO DE PUNTOS DE ACCESO POR PLANTA	NÚMERO DE PUNTOS DE ACCESO POR EDIFICIO
Agrónomos	4	6	24
Educación	4	6	24

Escuela Superior de Informática	4	15	60
Politécnico	4	6	24
Letras	3	6	18
Biblioteca/Aulario	4+3	6	42
UGAC	2	6	12
Enfermería	2	6	12
Ingeniería Química	2	6	12
Químicas	2	6	12
Medicina	4	6	24
Derecho y ADE	3	6	18
TOTAL	37	81	282

Tabla 2. Número plantas de los edificios y puntos de acceso requeridos

En la planta baja de cada facultad, se montará una troncal que unirá todos los switches de todas las plantas con un cable de fibra óptica a Gigabit Ethernet. Todos los puntos de acceso de cada planta se unirán a su switch correspondiente en esa misma planta en una topología en estrella.

El cableado entre plantas se hará verticalmente. Este despliegue será sencillo ya que los armarios que formarán los nodos de la troncal se colocarán de forma que queden unos encima de otros entre plantas. El cable que baje de un armario a otro se protegerá con canaletas, situadas estratégicamente para que queden de forma disimulada y estéticamente bien.

El cableado en una misma planta entre puntos de acceso hasta el rack situado en cada planta se realizará horizontalmente. De modo que los cables que salgan de las aulas, laboratorios o despachos correspondientes a los puntos de red salgan hacia canaletas colocadas en los techos de los pasillos y desde las canaletas salgan hacia el armario de esa planta.

Los racks donde se colocarán los conmutadores de las plantas se instalarán en el hall central de cada planta. Los armarios serán de dos cuerpos, formados por puerta de cristal y cerraduras en puerta y en lateral para mayor seguridad, ya que van a ser colocados en zonas de paso. El armario dispondrá de un switch genérico, pasahilos, patch panel, una regleta y ventilación superior. Estará colocado en la pared, lo más pegado al techo posible para evitar el fácil acceso a las personas que

transitan por allí, dejando unos 20 cm entre el techo y la parte superior para no dificultar la respiración del mismo.

El Backbone de nuestra red, está formado por los enlaces que une cada uno de los 12 edificios con el centro principal (CPD), donde se encuentra el núcleo de la red y por donde sale a internet. Los enlaces entre las facultades y el CPD, son a través de fibra óptica, la cual brinda las capacidades necesarias para el tráfico de la red. Es importante esta elección, ya que debido al gran tráfico que se puede generar, de esta manera se asegura la cobertura con una gran capacidad de ancho de banda.



Figura 4. Armario Rack

El Backbone constituye una red con topología jerárquica, que nos brinda todas las ventajas y características que posee. Dado que este campus universitario tiene capacidad de crecimiento en cuanto a edificios, nos permite la capacidad de conectarlos sin ninguna complicación.

Los equipos que forman el Backbone, tienen las entradas requeridas para soportar fibra óptica y los patch panel que se utilicen deben cumplir este requisito.

El bloque de entrada será el encargado de recibir la conexión desde el CPD y distribuirla por todos los edificios y plantas de los mismos. Por lo que, este equipo principal de Backbone cumplirá las funciones de distribución interior y de repartidor de campus universitario.

5. Esquema lógico de la red y medidas de seguridad

Debido al entorno donde se implantará la solución, hemos optado por la red privada 172.16.0.0/16 para la implementación.

La salida a Internet se realizará a través de direccionamiento público facilitada por el proveedor ISP de acceso contratado. La dirección de red utilizada será: 128.0.0.0/30

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 llevar a cabo ya que afectará al switch de capa tres principal, que es donde se definen las VLANs y sus rangos de direcciones IP de forma fija y manual.

Por motivos de seguridad, no vamos a permitir que los servidores tengan acceso a las cámaras de las universidades, es decir, que sean internas y no salgan a internet. Para ello hemos incorporado ACL (Access-List). Además, hemos instalado un Firewall, para proteger datos sensibles como pueden ser los del despacho de dirección y secretaría.

Otros mecanismos de seguridad que hemos llevado a cabo son:

- Ubicación del servidor Bastion, que se encarga de proporcionar seguridad, en una zona desmilitarizada (DMZ) protegida con un router que actúa como Firewall y el switch de capa 3 que se encarga de distribuir.
- Cada dispositivo de red tiene un alto valor, por eso, los hemos reforzado con contraseñas para acceder a los mismos, contra posibles intrusos.

La red del campus de la UCLM la hemos diseñado para usar VLANs para restringir el tráfico de difusión. Las VLANs son un conjunto de dispositivos que pertenecen a determinados grupos administrativos. Podemos encontrar cuatro VLANs distintas:

- **VLAN Alumnos.** Estará habilitada para todos los alumnos matriculados en la UCLM del campus de Ciudad Real. Podemos diferenciar entre alumnos del Grado, alumnos de Máster y alumnos de Doctorado, haciendo un total de 7.777 alumnos, divididos de la siguiente forma:
 - Alumnos de Grado: 6921
 - Alumnos de Máster: 437

- Alumnos de Doctorado: 419

- **VLAN Gestión.** Estará habilitada para el personal de Administración y Servicios de la UCLM del campus de Ciudad Real, podemos diferenciar: servicio activo, en prácticas y licencia de estudios, haciendo un total de 1108 personas.

- **VLAN Profesores.** Estará habilitada para todos los profesores de la UCLM del campus de Ciudad Real, entre los que se encuentran: catedráticos, titulares de la universidad, profesores contratados doctores, profesores contratados interinos, profesores ayudantes doctores, ayudantes y profesores asociados. Un total de 765 profesores, divididos de la siguiente forma:
 - E.T.S DE INGENIEROS INDUSTRIALES: 67
 - E.T.S DE INGENIEROS AGRÓNOMOS: 36
 - E.T.S DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS: 40
 - ESCUELA SUPERIOR DE INFORMÁTICA: 68
 - FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS QUÍMICAS: 101
 - FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS SOCIALES: 95
 - FACULTAD DE EDUCACIÓN: 72
 - FACULTAD DE ENFERMERÍA: 59
 - FACULTAD DE LETRAS: 106
 - FACULTAD DE MEDICINA: 121

- **VLAN Cámaras.** Todas las facultades dispondrán de un total de 10 cámaras repartidas de forma uniforme por todo el edificio para aumentar la seguridad, lo que hace un total de 120 cámaras en el campus universitario de Ciudad Real.

Debido a que cada usuario suele utilizar varios dispositivos como pueden ser: portátiles, tablets, smartphones etc. y las previsiones de crecimiento a corto plazo por las nuevas carreras universitarias que se impartirán en el próximo año en el campus de Ciudad Real, se han dejado direcciones IP libres en cada una de las VLAN para posibles alumnos, profesores etc.

Así, las VLANs quedarán divididas de la siguiente forma, haciendo uso de VLSM:

	Dirección red	Dirección Broadcast	Máscara CIDR	Máscara decimal	Host útiles	Puerta enlace
Alumnos	172.16.0.0	172.16.127.255	/17	255.255.128.0	32766	172.16.0.1
Administración y Servicios	172.16.128.0	172.16.143.255	/20	255.255.240.0	4094	172.16.128.1
Profesores	172.16.144.0	172.16.159.255	/20	255.255.240.0	4094	172.16.144.1
Cámaras	172.16.160.0	172.16.160.255	/24	255.255.255.0	254	172.16.160.1

Tabla 3. Esquema lógico de la red

6. Protocolos de Conmutación y Enrutamiento

En el diseño de nuestra red, hemos hecho uso del Protocolo de Transporte de Información de VLANs llamado VTP (VLAN Trunking Protocol).

VTP es un protocolo de mensajes de nivel 2 usado para configurar y administrar VLANs en equipos Cisco.

Permite centralizar y simplificar la administración en un dominio de VLANs, pudiendo crear, borrar y renombrar las mismas, reduciendo así la necesidad de configurar la misma VLAN en todos los nodos.

Los protocolos de enrutamiento tienen como objetivo compartir información sobre alcanzabilidad entre routers.

En nuestro caso, hemos usado el protocolo de enrutamiento dinámico RIP versión 2, ya que es fácil de configurar y mantener, y soporta enmascaramiento de sub-red de longitud variable (VLSM)

Por otra parte, se ha usado el protocolo de configuración dinámica de host conocido como DHCP. Es un protocolo de red mediante el cual nuestro servidor DHCP asigna dinámicamente una dirección IP. Este servidor posee una lista de direcciones IP dinámicas y las va asignando a los clientes conforme estas van quedando libre.

7. Equipos de comunicaciones de red

Router cisco 2911

Hemos elegido el Router Cisco 2911 que pertenece a la serie de enrutadores 2900 de Cisco, esta serie ha sido diseñada para dar potencia, proporcionar medios enriquecidos de colaboración y virtualización al tiempo que se reduce costes de operación.

Nos hemos decidido por este Router por la variedad de tipos de módulos disponibles, sobre todo Gigabit Ethernet. Por la seguridad ya que incluye firewall y soporte VPN (Aunque no ha sido implementada).



Figura 5. Router Cisco 2911

Switch 3650-24PS

Para el switch del núcleo que se encontrará en el Rectorado y del cual saldrán otros dos switch que conectarán por fibra a los switch de cada edificio, se ha elegido el switch 3650-24PS. Esta decisión se debe principalmente a que este tipo de switch multicapa proporciona un control de tráfico y minimiza fallos, además de la disponibilidad de puertos Gigabit Ethernet.



Figura 6. Switch 3650-24PS

Switch S3900-24F4S

Para el switch principal de cada edificio del campus, para las plantas, así como los dos que conectarán al switch 3650-24PS, se ha elegido el switch S3900-24F4S, que pertenece a la serie 3900 de Cisco, diseñada para brindar alta disponibilidad, seguridad, control de multidifusión y

agregación de Gigabit. Por todo ello nos hemos decidido por este modelo y en concreto de 24 puertos.



Figura 7. Switch S3900-24F4S

Servidor Cisco B440

Los servidores utilizados serán el modelo cisco B440, entre sus principales características cuenta con un procesador Intel Xeon E7-4800 y capacidad de almacenamiento de 1 Terabyte. En la simulación se utiliza el servidor proporcionado por Packet Tracer.



Figura 8. Servidor Cisco B440

Punto de acceso Cisco Aironet 2600

Para los puntos de acceso que serán necesarios en los edificios, hemos elegido el Cisco Aironet 2600. Esta serie ofrece características avanzadas a buen precio además de garantizar alta velocidad. En la simulación se ha utilizado un punto de acceso genérico.



Figura 9. Punto de acceso Cisco Aironet 2600

8. Gestión del diseño de la Red

La Gestión de Redes ayuda a la organización a lograr las metas de rendimiento, disponibilidad y seguridad. Esto se consigue analizando el comportamiento actual, aplicar actualizaciones y resolviendo problemas en general. Además, si la gestión de redes es Proactiva, planificará un chequeo de la salud de la red durante la operación normal y no sólo cuando existan problemas.

Los procesos de Gestión de redes son de rendimiento, de fallas, de configuración, de seguridad y de contabilidad.

Para monitorizar el estado de nuestro diseño de red, hemos hecho uso de la Herramienta de Cisco llamada Cisco Discovery Protocol. Esta herramienta es muy útil para monitorear y obtener información sobre la amplia variedad de dispositivos cisco que contiene nuestro diseño.

Algunos ejemplos que hemos probado en los dispositivos de nuestro diseño son:

- El comando `show cdp` nos ha ayudado para averiguar si Cisco Discovery Protocol está habilitado en los dispositivos, pasar saber el tiempo de espera para los mensajes CDP y por último conocer el intervalo de tiempo entre los paquetes CDP

```
Router#show cdp
Global CDP information:
  Sending CDP packets every 60 seconds
  Sending a holdtime value of 180 seconds
  Sending CDPv2 advertisements is enabled
```

Figura 10. Comando `show cdp`

- También hemos podido obtener información de cada una de las interfaces con el comando `show cdp interface`

```
Router#show cdp interface
Vlan1 is administratively down, line protocol is down
  Sending CDP packets every 60 seconds
  Holdtime is 180 seconds
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Sending CDP packets every 60 seconds
  Holdtime is 180 seconds
GigabitEthernet0/1 is administratively down, line protocol is down
  Sending CDP packets every 60 seconds
  Holdtime is 180 seconds
GigabitEthernet0/2 is administratively down, line protocol is down
  Sending CDP packets every 60 seconds
  Holdtime is 180 seconds
GigabitEthernet0/0/0 is up, line protocol is up
  Sending CDP packets every 60 seconds
  Holdtime is 180 seconds
GigabitEthernet0/1/0 is up, line protocol is up
  Sending CDP packets every 60 seconds
  Holdtime is 180 seconds
GigabitEthernet0/2/0 is up, line protocol is up
  Sending CDP packets every 60 seconds
  Holdtime is 180 seconds
GigabitEthernet0/3/0 is down, line protocol is down
  Sending CDP packets every 60 seconds
  Holdtime is 180 seconds
```

Figura 11. Comando `show cdp interface`

La información de CDP se almacena localmente sin reenviarla a los vecinos. El protocolo CDP recopila información sobre el dispositivo y la formatea en el marco de la capa dos. Este cuadro está siendo multidifusión en cada 60 segundos. El dispositivo de soporte puede recibir este marco y actualizar sus tablas CDP. El dispositivo solo puede obtener información de los dispositivos conectados directamente.

El comando `show cdp neighbors` nos ha ayudado para comprobar que dispositivos hay conectados. Como podemos ver en la figura 12, se muestran los puertos por los cuáles se están recibiendo los paquetes CDP y los puertos de los dispositivos por los cuáles se envían los paquetes.

```
Switch#show cdp neighbors
Capability Codes: R - Router, T - Trans Bridge, B - Source Route Bridge
                  S - Switch, H - Host, I - IGMP, r - Repeater, P - Phone
Device ID        Local Intrfce  Holdtme    Capability   Platform    Port ID
Switch           Gig 1/1/1      136        S            PT3000      Gig 0/1
Switch           Gig 1/1/2      136        S            PT3000      Gig 0/1
```

Figura 12. Comando `show cdp neighbors`

Por último, para obtener información sobre un Router, hemos utilizado el comando `show cdp entry Router`

```
Router#show cdp entry Router

Device ID: Router
Entry address(es):
  IP address : 128.0.0.9
Platform: cisco C2900, Capabilities: Router
Interface: GigabitEthernet0/2/0, Port ID (outgoing port): GigabitEthernet0/1/0
Holdtime: 135

Version :
Cisco IOS Software, C2900 Software (C2900-UNIVERSALK9-M), Version 15.1(4)M4, RELEASE SOFTWARE (fc2)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2012 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Thurs 5-Jan-12 15:41 by pt_team

advertisement version: 2
Duplex: full
```

Figura 13. Comando `show cdp entry Router`

9. Cálculo del presupuesto

A continuación, se detalla un presupuesto aproximado para la completa implantación de la solución propuesta. Hacemos hincapié en indicar que es aproximado, ya que no se han estudiado a fondo las distintas facultades que componen el diseño. Este presupuesto podrá sufrir ligeras variaciones en relación con los metros de cable necesario o distintos puntos de acceso que se puedan instalar. Por eso, hemos indicado que el presupuesto de todas las facultades, en principio será igual, dependiendo del número de pisos que tengan los edificios.

8.1 Presupuesto por piso

ELEMENTO	PROVEEDOR	REFERENCIA	PRECIO €	CANTIDAD	IMPORTE €
Rack mural, 2 cuerpos con puerta de cristal y cerraduras en puerta y en lateral	Ingesdata	Ref. 2411	350,00	1	350,00
Kit de Ventilación Superior para rack	Ingesdata	Ref. 2545	75,00	1	75,00
Patch-panel cat. 6 24 bocas	Ingesdata	Ref. 1296	96,00	3	288,00
Regleta eléctrica 8 tomas	Ingesdata	Schuko	58,00	1	58,00
Pasahilos	Ingesdata	Ref. 1279	8, 00	2	16,00
Cable UTP Bobina 100 metros	CableMatic	Ref. 56896	40, 00	600 metros	240,00 €
Rosetas	Ingesdata	Ref. 1289	12, 00	25	300,00
Canaletas De 32x15 de 50m	Ingesdata	-	12, 00	100	1.200, 00
Switch Plantas	Cisco	Ref. 3850	450, 00	1	450, 00
Punto de acceso Cisco	Cisco	Ref. 2600	350, 00	6	2.100, 00

Aironet 2600					
TOTAL					5.077, 00

Tabla 4. Presupuesto por Piso

8.2 Presupuesto de cada edificio

El anterior presupuesto se ha realizado por cada planta en general de los edificios.

A continuación, se calculará el presupuesto total de cada edificio por número de plantas:

EDIFICIO	NÚMERO DE PLANTAS	COSTO €
I.Agrónomos	4	20.308, 00
Educación	4	20.308, 00
Escuela Superior de Informática	4	20.308, 00
Politécnico	4	20.308, 00
Letras	3	15.231, 00
Biblioteca/Aulario	4+3	35.539, 00
UGAC	2	10.154, 00
Enfermería	2	10.154, 00
I.Química	2	10.154, 00
Químicas	2	10.154, 00
Medicina	4	20.308, 00
Derecho y ADE	3	15.231, 00
TOTAL	37	187.849, 00

Tabla 5. Presupuesto por Edificio

8.3 Presupuesto del Núcleo de la Red

ELEMENTO	PROVEEDOR	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO €	IMPORTE €
Fibra Óptica Exterior Monomodo. Bobina 1000m	CableMatic	Ref. FH014	3.510, 00 metros	629, 50	2.518,00
Fibra Óptica multimodo.	CableMatic	Ref. FH058	535, 00 metros	518,00	518,00

Bobina 1000m					
Switch Distribuidor de edificios	Cisco	Ref. 3850	12	450, 00	5.400, 00
Regleta de 8 tomas	Ingesdata	Schuko	2	58,00	116,00
Pasa Hilos	Ingesdata	Ref. 1279	4	8,00	32,00
Switch núcleo del Backbone	Cisco	Ref. 3650-24PS	1	4.950,00	4.950,00
Patch Panel distribuidor de edificios	Ingesdata	Ref. 1296	1	12,00	12,00
Rack mural de 2 cuerpos, con puerta de cristal y cerraduras en puerta y en lateral	Ingesdata	Ref. 2403	1	392, 00	392,00
Kit de Ventilación superior para rack	Ingesdata	Ref. 2545	1	75,00	75,00
Router Cisco 2911	Cisco	Ref. 2911	3	3.550, 00	10.650,00
TOTAL					24.663, 00

Tabla 6. Presupuesto del Núcleo de la Red

8.4 Presupuesto servidores de la red

ELEMENTO	CANTIDAD	REFERENCIA	PRECIO
Servidor Web	1	Servidor Cisco B440	7.800, 00
Servidor DNS	1	Servidor Cisco B440	7.800, 00
Servidor BASTION	1	Servidor Cisco B440	7.800, 00
TOTAL			23.400, 00

Tabla 7. Presupuesto Servidores de la Red

8.5 Presupuesto Mano de Obra

El proyecto de implementación de la red, se ha estimado que se desarrolle en una duración de 6 meses, dónde se necesitarán 10 técnicos y 3 ingenieros. Por tanto, el presupuesto de la mano de obra estimada en base al tiempo de desarrollo es la siguiente:

CARGO	SUELDO	CANTIDAD	TIEMPO	TOTAL
Técnico	1.050 €	10	6 Meses	63.000 €
Ingenieros	2.200 €	3	6 Meses	39.600 €
TOTAL				102.600 €

Tabla 8. Presupuesto Mano de Obra

8.6 Presupuesto Total

A continuación, se muestra la suma total del costo de la implementación de la red del campus universitario de la UCLM de Ciudad Real:

COMPONENTE	PRECIO €
Cableado Edificios	187.849, 00
Núcleo de la red	24.663, 00
Servidores de la red	23.400, 00
Mano de obra	102.600, 00
Otros (Latiguillos, Tuercas, Arandelas y Tornillos)	3.000, 00
TOTAL	341.512, 00

Tabla 9. Presupuesto Total

10. Diagrama Topológico Final

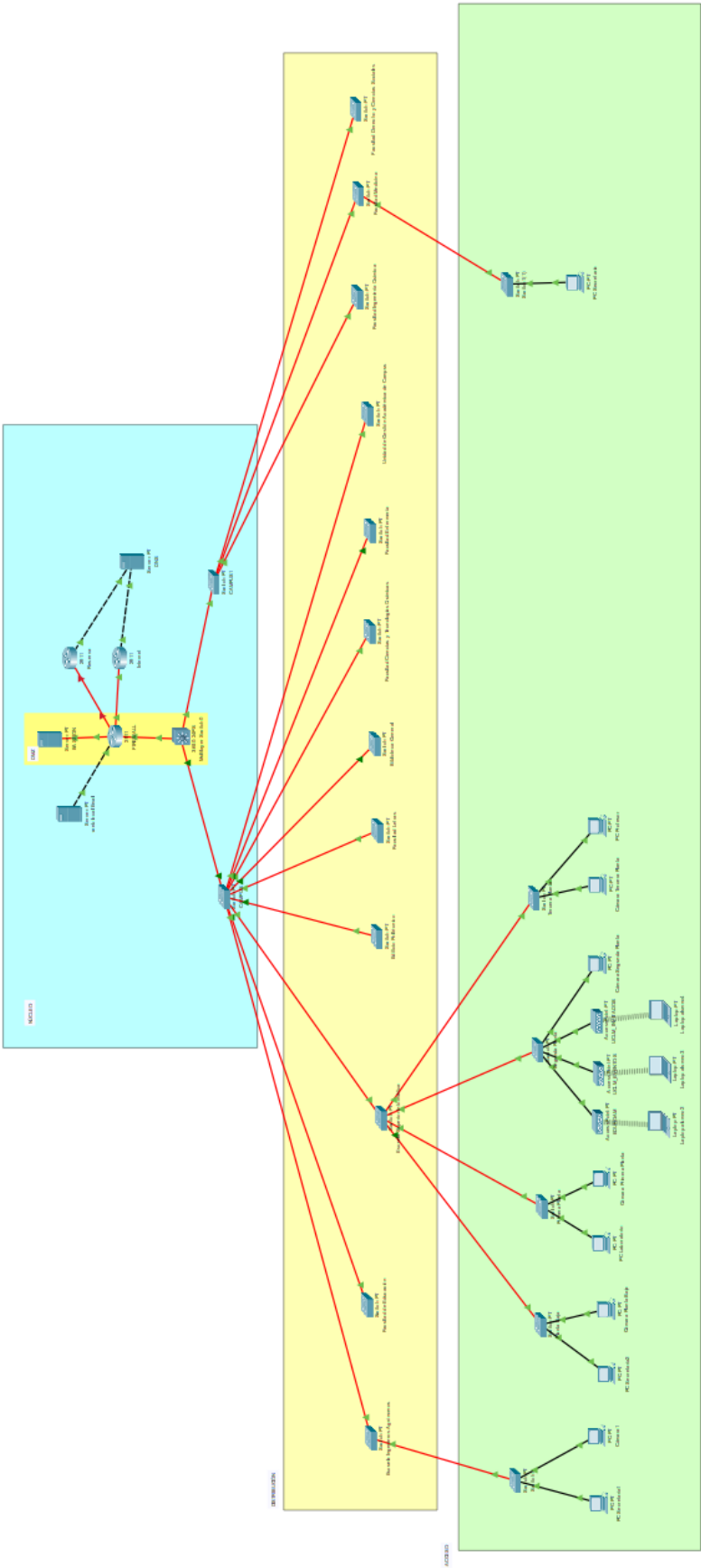


Figura 14. Diseño Topológico Final

11. Conclusión

El diseño realizado sobre la red de comunicaciones y servicios del campus universitario de Ciudad Real de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), ha cumplido con las expectativas y metas técnicas que se definieron a lo largo del trabajo, tras las pruebas de validación realizadas en el diseño lógico simulado en la herramienta de Packet Tracer.

La topología usada, al ser jerárquica, permitirá su crecimiento en el curso 2019/2020 al incorporarse nuevas carreras universitarias en dicho Campus.

Por tanto, creemos que se ha realizado un buen diseño de red de Campus, que ofrecerá buenas prestaciones y servicios a los usuarios del mismo.

Apéndice 1. Resultado de las pruebas del diseño de red

Se han llevado a cabo una serie de pruebas con el objetivo de verificar que el diseño cumple con las metas clave técnicas y del negocio. Además, para comprobar el correcto funcionamiento de los servicios o incluso detectar posibles problemas de conectividad.

Conectividad

Para comprobar la conectividad entre los ordenadores hemos realizado dos tipos de prueba:

- Realizar un ping desde la terminal de un ordenador

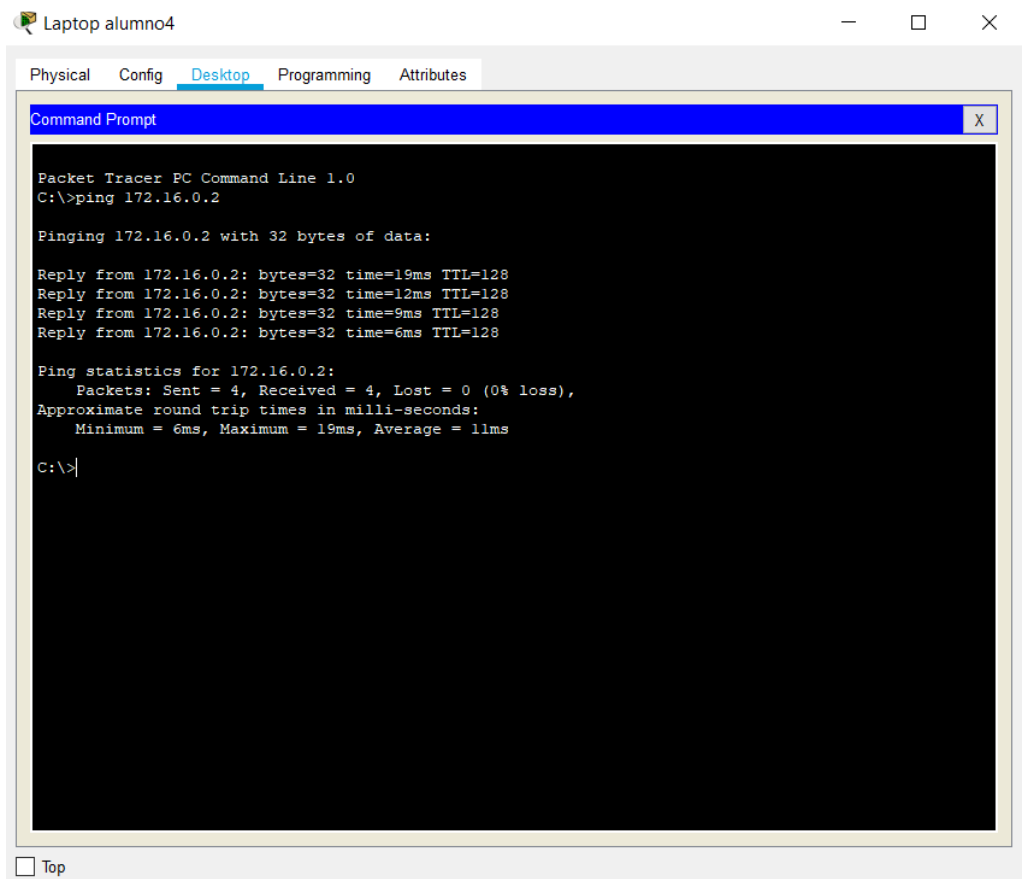


Figura 15. Ping desde la terminal de un ordenador

- Mandar un mensaje desde un ordenador a otro y seguir la simulación para comprobar que el camino que sigue el mensaje es el correcto.

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	Laptop al...	PC Profesor	ICMP		0.000	N	0	(edit)	(delete)

Figura 16. Simulación mensaje de un ordenador a otro

Servicio de Correo Electrónico

Se ofrece el Servicio de Correo Electrónico y para ello hemos configurado varios usuarios alumnos, por tanto, el dominio utilizado será “alu.uclm.es”. Para comprobar el correcto funcionamiento hemos enviado el siguiente mensaje desde un alumno a otro:

1. Redactamos el mensaje y enviamos

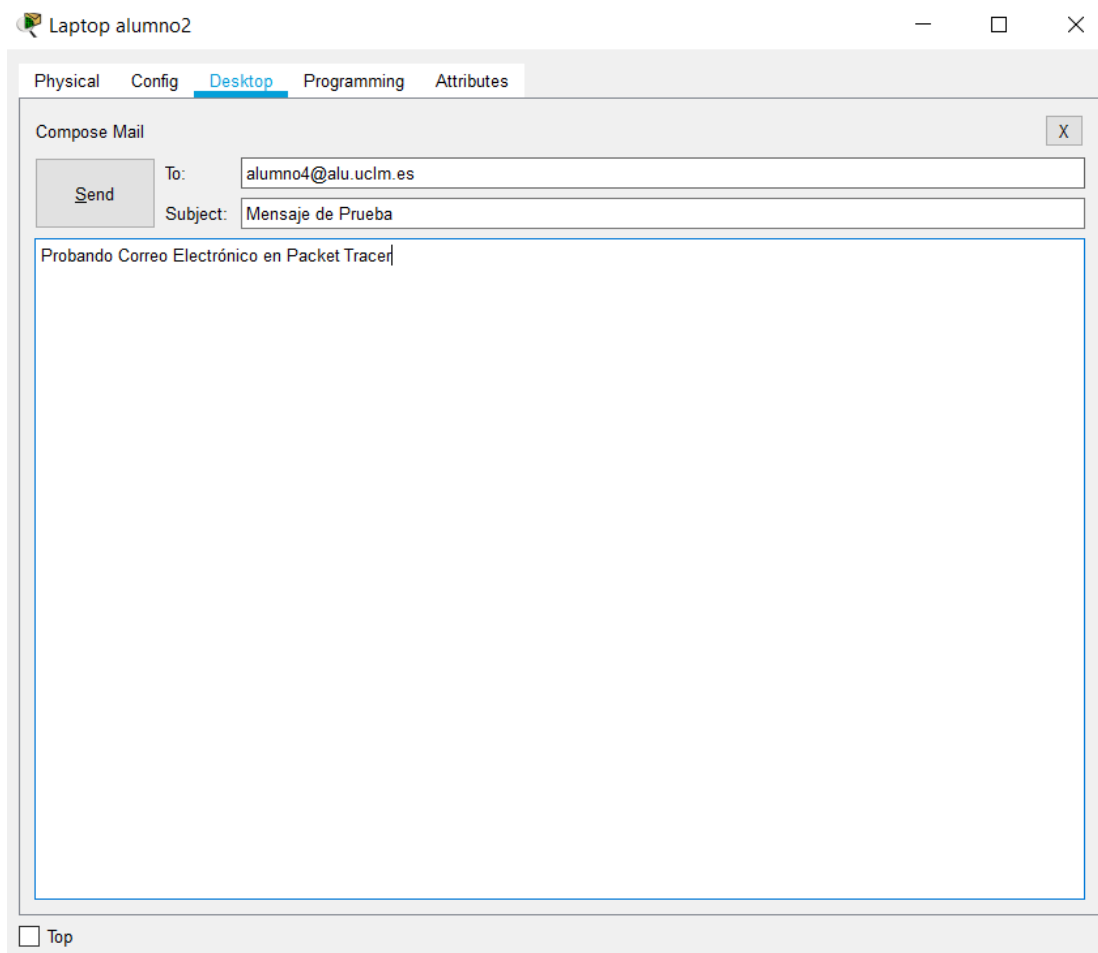


Figura 17. Mensaje redactado de correo electrónico

2. El mensaje ha sido enviado correctamente

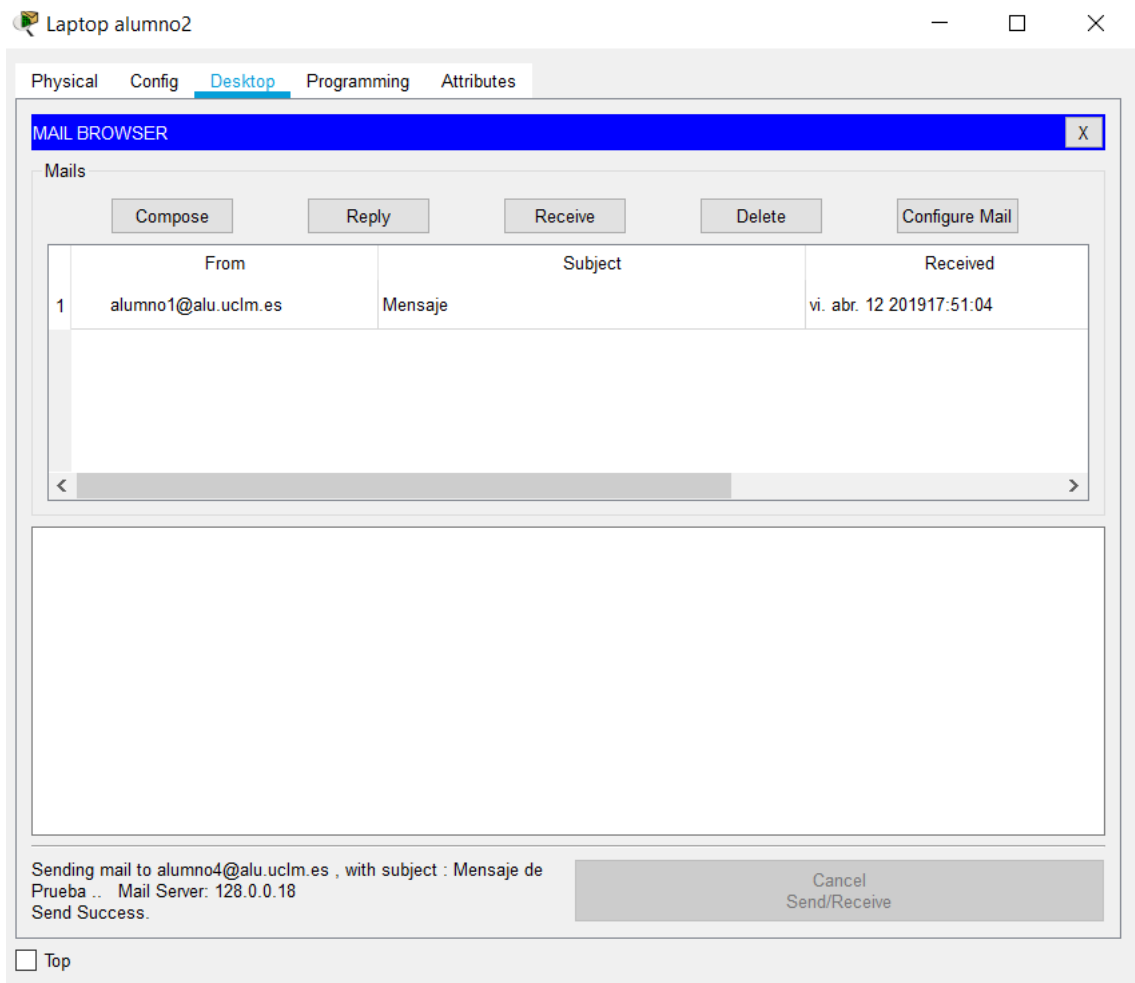


Figura 18. Mensaje enviado de correo electrónico

3. Comprobamos en el destinatario que ha recibido el mensaje enviado

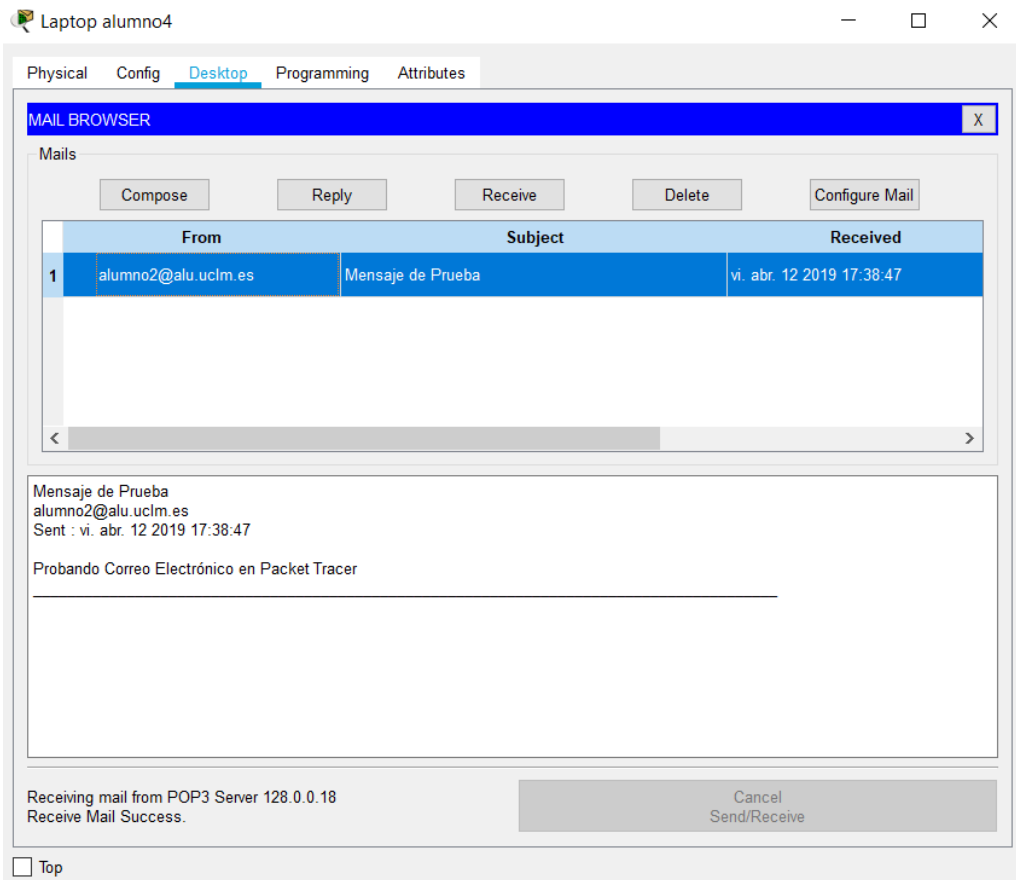


Figura 19. Comprobación del mensaje enviado de correo electrónico

Web

Para comprobar que el Servicio Web funciona se han añadido dos páginas “www.uclm.es” y “www.campusvirtual.uclm.es”.

Desde el navegador de cualquier ordenador se podrá acceder a ellas:

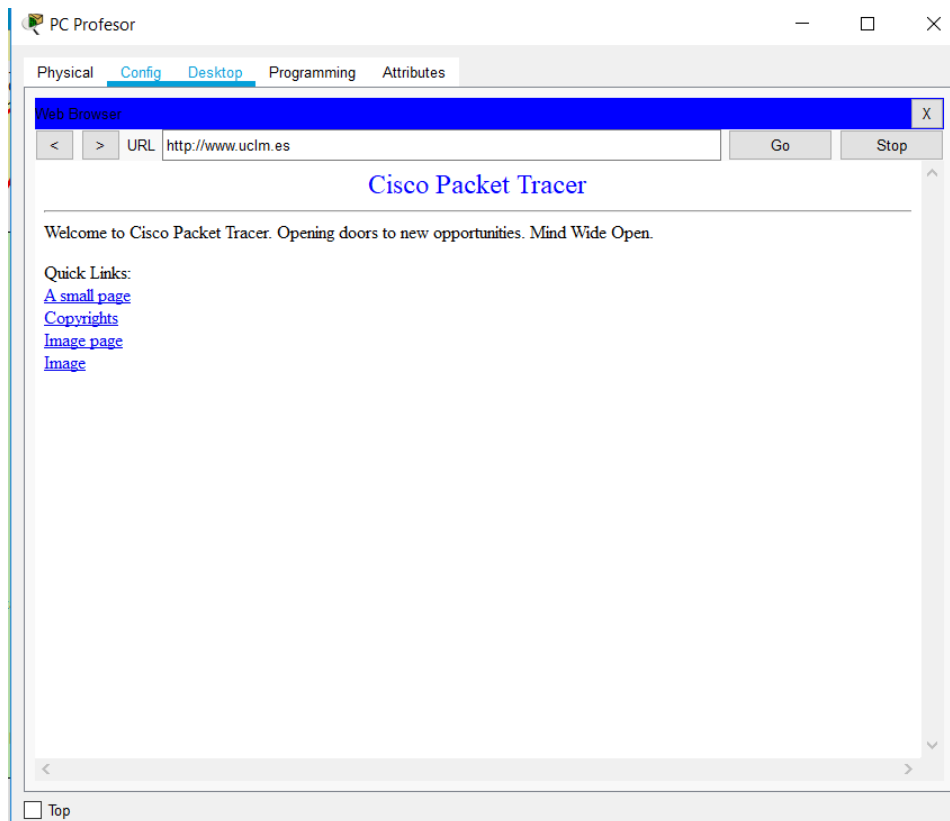


Figura 20. Comprobación página www.uclm.es

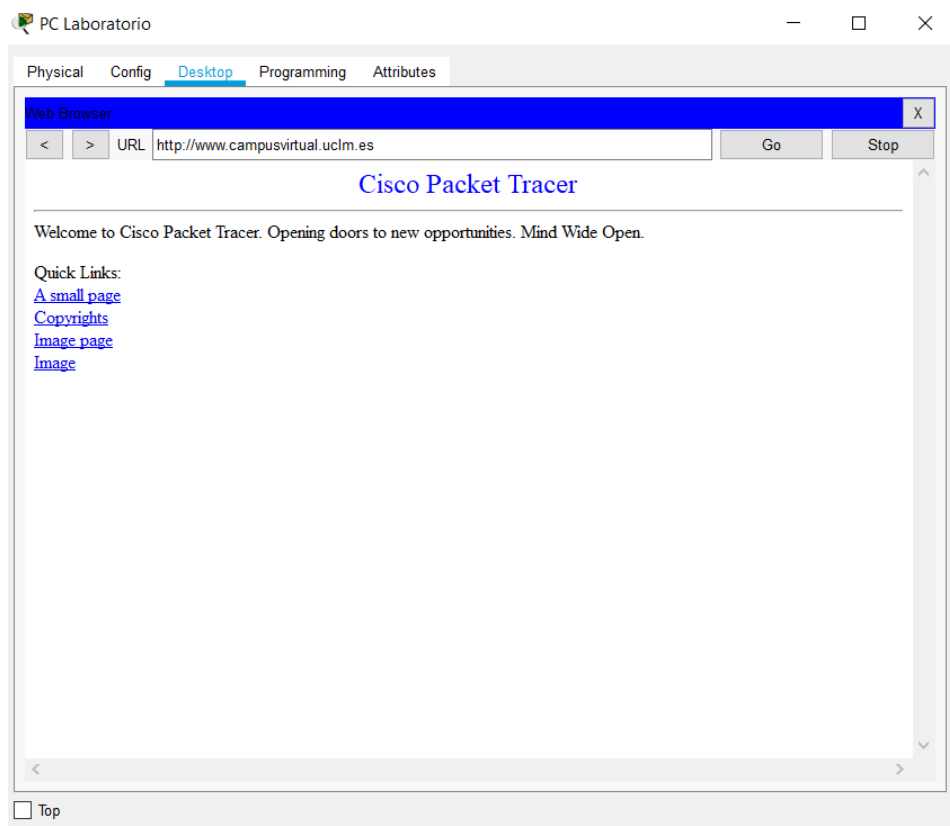


Figura 21. Comprobación página www.campusvirtual.uclm.es

Bibliografía

[1] Dispositivos de Cisco

Cisco-Guía-Productos.pdf

[2] Configuración VLAN, DHCP, VTP

Libro: Learn Cisco Network Administration in a Month of Lunches (Capítulos 6,7,8,10,11)

[3] Cisco Press & Priscilla Oppenheimer. Top-Down Network Design. Capítulo Dos. Análisis de Metas Técnicas y Balances

[4] Cisco Press & Priscilla Oppenheimer. Top-Down Network Design. Capítulo Cinco. Diseño de una Topología de Red

[5] Cisco Press & Priscilla Oppenheimer. Top-Down Network Design. Tema 6. Diseño de Modelos para Direccionamiento y Asignación de Nombres

[6] Cisco Press & Priscilla Oppenheimer. Top-Down Network Design. Tema 8. Desarrollo de Estrategias de Seguridad de la Red

[7] Cisco Press & Priscilla Oppenheimer. Top-Down Network Design. Tema 10. Selección de Tecnologías y Dispositivos para Red Campus

[8] Cisco Press & Priscilla Oppenheimer. Top-Down Network Design. Capítulo 12. Pruebas del Diseño de la Red

[9] Cisco Press & Priscilla Oppenheimer. Top-Down Network Design. Tema 9. Desarrollo de Estrategias de Gestión de la Red

[10] Cisco Press & Priscilla Oppenheimer. Top-Down Network Design. Tema 7. Selección de Protocolos de Conmutación y Enrutamiento

[11] Universidad de Castilla La-Mancha. Campus Ciudad Real. Estadísticas Alumnos matriculados, Profesorado y Personal de Administración y Servicios