



Universitat Oberta  
de Catalunya

**Trabajo Final de Carrera**

*Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones*

*Especialidad Telemática*

***Diseño de una red inalámbrica de  
acceso a Internet en el municipio de  
Almaraz***

*Alfredo Domínguez Flores*

# Índice de la presentación

- ✓ Introducción
- ✓ Objetivos
- ✓ Planificación
- ✓ El municipio
- ✓ Legislación
- ✓ Tecnologías a aplicar

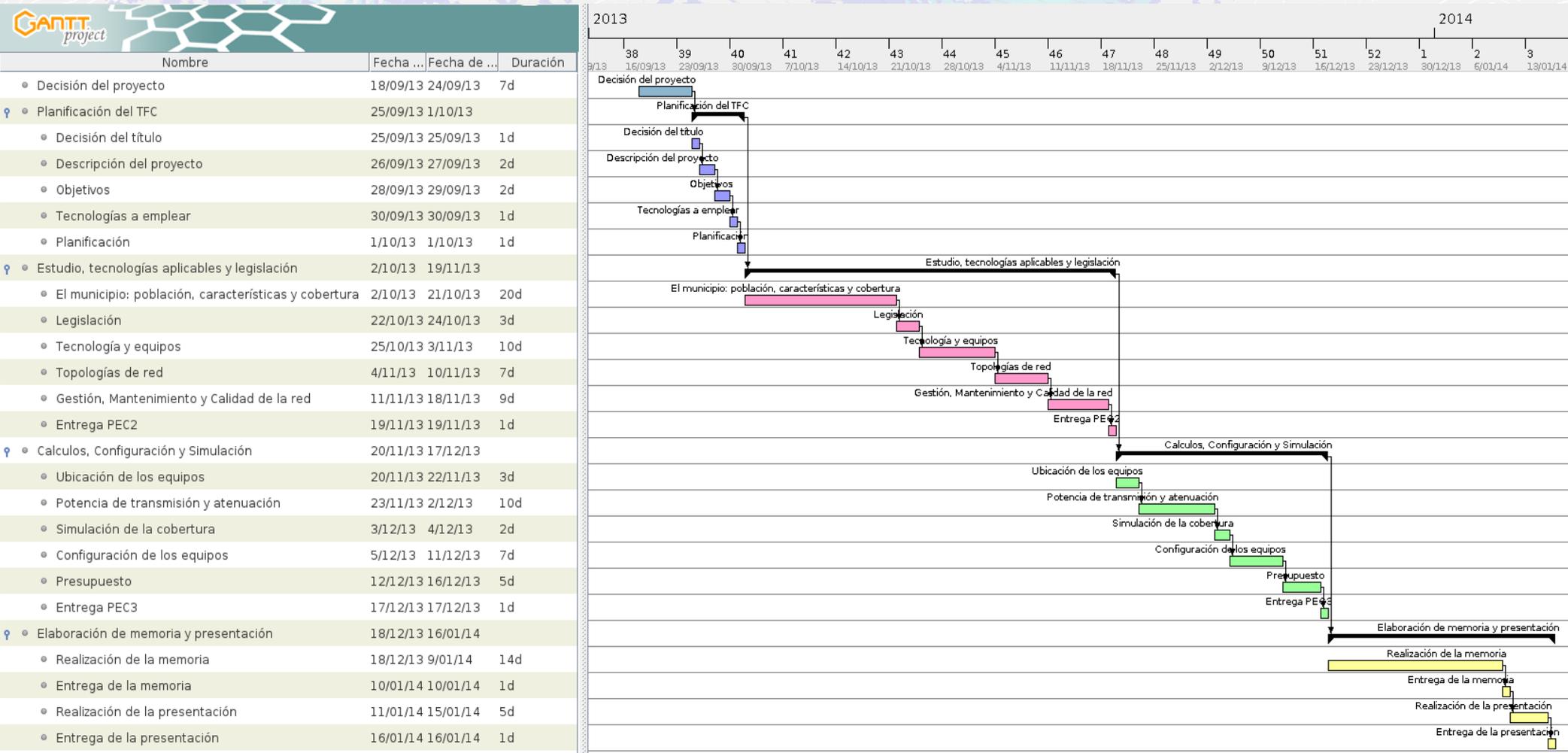
- ✓ Equipos
- ✓ Topología de red
- ✓ Gestión, Mto. y QoS
- ✓ Simulación
- ✓ Valoración económica
- ✓ Conclusión

- Se pretende diseñar una red de acceso gratis a Internet en el municipio de Almaraz.
- Acercaremos a la población almaraceña a la sociedad de la información mediante las nuevas tecnologías, lo que proporcionará mayor cohesión territorial, económica y social.
- Será financiado por el Ayuntamiento del municipio y será el que proporcione el acceso.
- Utilizará las tecnologías WiMAX y WiFi para el transporte y acceso respectivamente.

- El presente trabajo tiene como objetivo el diseñar una red inalámbrica gratis de acceso a Internet.
- Se ofrecerá en varios emplazamientos públicos tales como parques, plazas y zonas de recreo.
- Se realizará un estudio detallado del municipio tanto de la orografía como de la situación, clima, medio y demografía.
- Mostrará cómo adaptarse a la legislación vigente en cuanto a proveer acceso a Internet gratis y en la ocupación del espectro radioeléctrico.
- Explicará cómo aplicar y combinar las distintas tecnologías.
- Se ofrecerán métodos para la gestión, mantenimiento y QoS de la red.
- Se realizará una simulación de las coberturas WiMAX y WiFi.
- Intentará ser lo más económicamente viable posible, sin perder escalabilidad y buscando equipos que cumplan con los estándares.

# Planificación

Una vez identificados los objetivos del proyecto, se muestra el tiempo de dedicación para cada tarea a lo largo de todo el semestre mediante un diagrama de Gantt.



# El municipio. Almaraz

- Almaraz es un municipio español situado al noroeste de Cáceres.
- Tiene una extensión de 34 Km y una población de 1553 habitantes.
- Posee un cerro llamado El Sierro de 393 m de altitud donde habitan hongos y orquídeas, encontrándose una autóctona llamada *Ophrys apifera* var. *Almaracensis*.



*Ophrys apifera* var. *Almaracensis*

- Comprende también un embalse llamado Arrocampo construido para la refrigeración de la Central Nuclear de Almaraz, y es un humedal con gran asentamiento de aves, reptiles, anfibios y mamíferos.



Embalse de Arrocampo

# El municipio. Emplazamientos

La red ofrecerá acceso gratis a Internet en lugares públicos, al aire libre y donde se concentran la mayor parte de vecinos y visitantes.



Nombre	Latitud	Longitud	Distancia	Alcance WiFi
Ayuntamiento	039° 48'51.88"N	05° 40' 37.24"W	0 m	60 m
Parque del Ancla	039° 48' 44.04"N	05° 40' 47.94"W	350 m	175 m
Polideportivo	039° 48' 41.43" N	05° 40' 29.74"W	370 m	140 m
Piscina	039° 49' 08.85"N	05° 40' 17.09"W	710 m	290 m
Horno Cabo Birri	039° 48' 58.13"N	05° 40' 41.17"W	210 m	150 m
Arrocampo	039° 48' 52.45"N	05° 41' 13.86"W	870 m	500 m
El Sierro	039° 48' 37.30"N	05° 39' 54.94"W	1100 m	250 m

Los emplazamientos, sus coordenadas, la distancia hasta el proveedor de servicios de Internet y el radio de cobertura WiFi

# El municipio. Población

- Según el Instituto Nacional de Estadística, la población por edades, que ha accedido a Internet mediante dispositivos móviles es

Edad	16-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74
Porcentaje	87,2	83,81	70,7	55,4	48,7	36,4
Población	139	239	136	161	95	62
Total de habitantes que acceden a Internet por dispositivos móviles						832

- Considerando que de las 832 personas no todas se conectarán de forma simultánea si no que serán alrededor de un 10%, tenemos entonces que asegurar cobertura para 84 vecinos simultáneos, más la mitad de éstos para posibles visitantes del municipio.

- Sólo podemos ofrecer una velocidad de acceso de 256 kbps.

- Necesitaremos un ancho de banda de

$$(84 + 42) \cdot 256 = 32,2 \text{ Mbps}$$

- El proyecto se basará en la **Ley 32/2003 de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones** que tiene por objeto *“la regulación de las telecomunicaciones, que comprenden la explotación de las redes y la prestación de los servicios de comunicaciones electrónicas y los recursos asociados, de conformidad con el artículo 149.1.21 de la Constitución”* y que además pretende:

- Promover el desarrollo del sector de las telecomunicaciones, el despliegue de redes y el acceso a éstos en condiciones de igualdad, e impulsar la cohesión territorial, económica y social.
- El uso eficaz del espectro radioeléctrico.
- Defender los intereses de los usuarios en el precio y calidad en el acceso, en el de no discriminación, el derecho al honor, a la protección de datos y al secreto a las comunicaciones.
- Fomentar la neutralidad tecnológica.
- Promover el desarrollo de la industria y servicios de telecomunicaciones.

- Además, para la salvaguarda de la competencia, nos adaptaremos a la **Circular 1/2010, de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones** “*por la que se regulan las condiciones de explotación de redes y la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas por las Administraciones Públicas*” y cumpliremos:

- Todas las obligaciones exigibles a los operadores privados como la protección de datos y seguridad en las comunicaciones.
- La notificación a la Comisión Europea y a la CMT si se ha recibido Ayuda del Estado para la explotación de redes aún sin ser inversor privado.
- Para no afectar a la competencia, en el acceso gratis a Internet la cobertura debe excluir los edificios de uso residencial y la velocidad de red-usuario no debe ser superior a 256 kbps.

- Cumpliremos en cuanto a la gestión del dominio público radioeléctrico, las normas UN-128 y UN-85 sobre trabajar en Banda sin Licencia en los rangos de frecuencia 5475-5725 MHz y 2400-2483,5 MHz respectivamente y ajustaremos la potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) a 1 W en la primera norma y a 100 mW en la segunda.

- Se basa en el estándar IEEE 802.16 que se centra esencialmente en la capa física y la capa de control de acceso al medio MAC.
- Puede ofrecer conectividad de no-line-of sight, sin línea de visión en la propagación de las ondas.
- Se puede utilizar como acceso a Internet, como interconexión de redes o para el empaquetamiento de servicios Triple-play.
- Los alcances reales pueden ser de 50 Km en una zona Fresnel libre de obstáculos y en condiciones de terreno extremas podría bajar hasta los 10 Km.
- La velocidad real en sistemas bien diseñados es de unos 50 Mbps.
- Está compuesto por estaciones base que emiten la señal y terminales de usuario que las reciben.
- Existe una revisión IEEE 802.16-2004 y posteriores, en las que se describen que operan en banda libre de 5 GHz.





- Se basa en el estándar IEEE 802.11 que define el uso de la capa física y la de enlace de datos.
- Permite el intercambio de datos o el acceso a Internet usando ondas de radio.
- La mayoría de dispositivos disponen de esta tecnología. Tales como PCs, tablets o teléfonos móviles, que se conectan a Internet mediante Puntos de Acceso o Hotspots.
- WiFi permite desarrollar de forma barata LANs y es muy útil en espacios abiertos y donde la instalación por cable no se pueda llevar a cabo.
- Trabaja en bandas de frecuencias de 2,4 y 5 GHz.

- WiMAX. Estaciones Base y Terminales de usuarios de Alentia Systems. Con sensibilidades de -74 dBm que operan en banda libre de 5,4 GHz y hasta 35 Mbps de velocidad. Además, una antena omnidireccional Ubiquiti de 13 dBi de ganancia.



BS AXS-150-N, AXS-CPE-250-24 y AMO-5G13



TL-WA7210N

- WiFi. Puntos de acceso TP-Link TL-WA7210N con una potencia de transmisión de 500 mW, ganancia de antena de 12 dBi, compatible con 802.11b/g/n, funciona en banda de 2,4 GHz y soporta PoE.

- Para la gestión y control de la red necesitamos en el Ayuntamiento: un firewall, un switch y un servidor. El acceso será por medio de un portal cautivo.



Portal Cautivo

# Topología de red

- La topología que se tiene en cuenta es en estrella, es decir, *está formada por un nodo central, que actúa como nodo intermedio de la red y gestiona el envío y la recepción de los datos y el resto de estaciones se conectan a este nodo principal.*
- Es un enlace punto a multipunto, ya que existe un punto central que se comunica con otros puntos remotos sin existir comunicación entre éstos últimos, a no ser que pasen por el central.
- El Ayuntamiento albergará la conexión a Internet mediante un router por el proveedor de ISP, y se cableará la conexión entre el router, el firewall, el switch, los servidores, el punto de acceso y la estación base hasta la antena.



- Tuncay Sadam: *La gestión de redes incluye el despliegue, integración y coordinación del hardware, software y los elementos humanos para monitorizar, probar, sondear, configurar, analizar, evaluar y controlar los recursos de la red para conseguir los requerimientos de tiempo real, desempeño operacional y calidad de servicio a un precio razonable.*

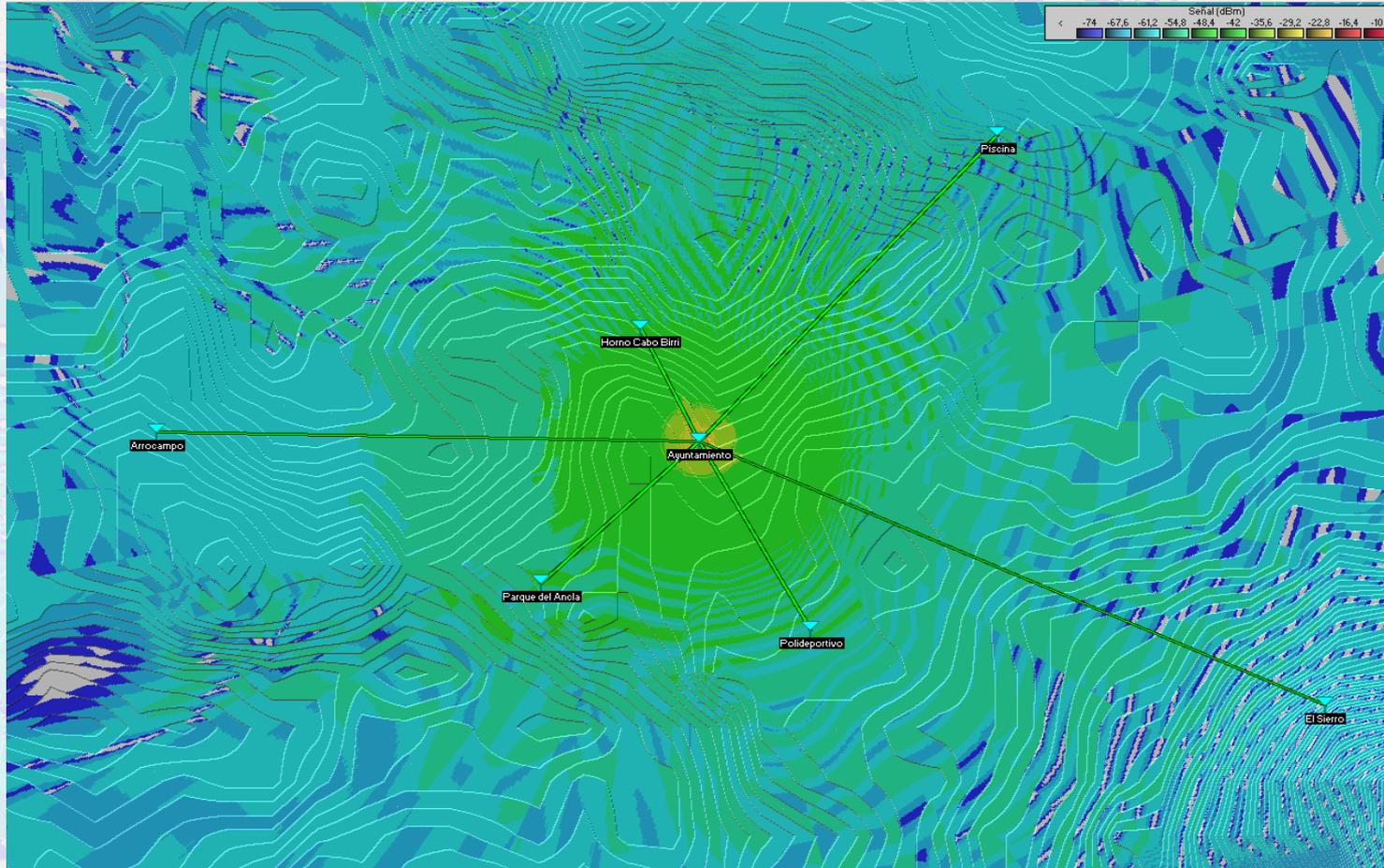
- Para gestionar la red, monitorearemos el tráfico y lo distribuiremos según las necesidades.

- Utilizaremos software libre

- Ntop para monitorear el tráfico en tiempo real y controlar usuarios y aplicaciones.
- MRTG recoge información del tráfico que cirula por el router.
- Nagios para detectar problemas de red.
- Snort para detección y prevención de intrusiones o IDS.

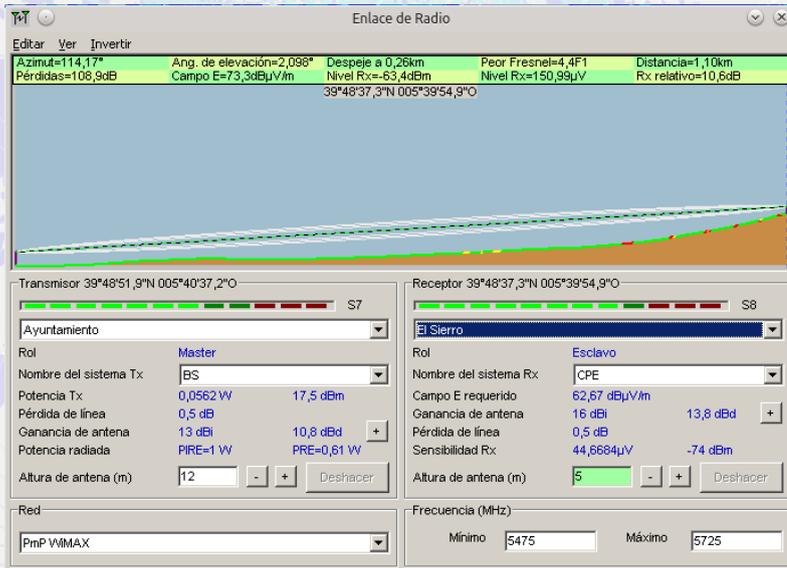
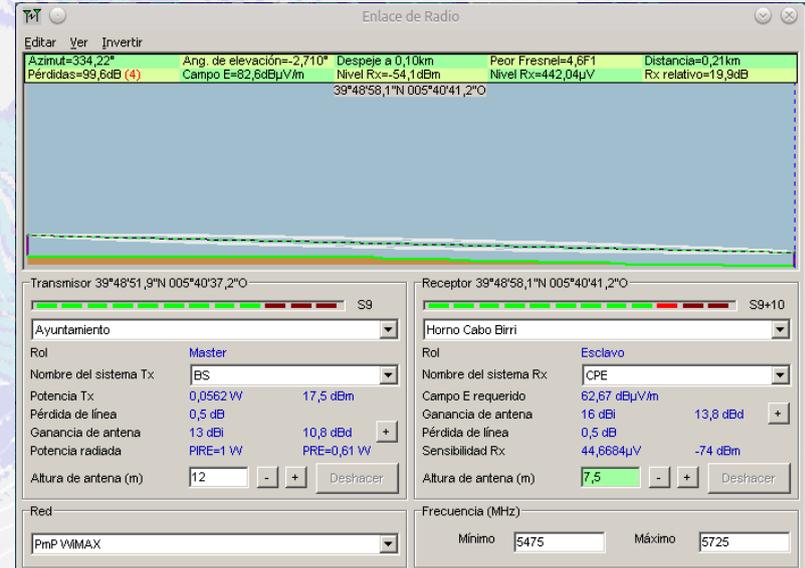
The screenshot shows the ntop web interface in a Firefox browser window. The page title is "Network Traffic [TCP/IP]: Remote Hosts - Data Sent+Received". The interface includes a navigation menu with options like "Summary", "Traffic", "Multicast", "Internet Domain", "Host Clusters", and "Distribution". Below the menu, there is a table titled "Remote Hosts - Data Sent+Received" with columns for Host, Domain, Data, FTP, HTTP, DNS, Telnet, NBios-IP, Mail, DHCP-BOOTP, SNMP, NTP, NFS/AFS, VoIP, X11, SSH, Gnutella, Kazaa, and WinM. The table lists several hosts with their respective traffic statistics.

Host	Domain	Data	FTP	HTTP	DNS	Telnet	NBios-IP	Mail	DHCP-BOOTP	SNMP	NTP	NFS/AFS	VoIP	X11	SSH	Gnutella	Kazaa	WinM
www.cisco.com		348.5 KB 51.3 %	0	348.5 KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
www.ibm.com		149.3 KB 22.0 %	0	149.3 KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
www-5.ibm.com		134.2 KB 19.8 %	0	134.2 KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
www-304.ibm.com		13.3 KB 2.0 %	0	13.3 KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
data.coremetrics.com		11.6 KB 1.7 %	0	11.6 KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stats.www.ibm.com		7.6 KB 1.1 %	0	7.6 KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dns-cache-la1.sunrise.ch		5.7 KB 0.8 %	0	5.7 KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
newsroom.cisco.com		3.8 KB 0.6 %	0	3.8 KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
239.255.255.250		3.4 KB 0.5 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
www.ibm.ch		1.6 KB 0.2 %	0	1.6 KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
g.msn.com		228 0.0 %	0	228	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

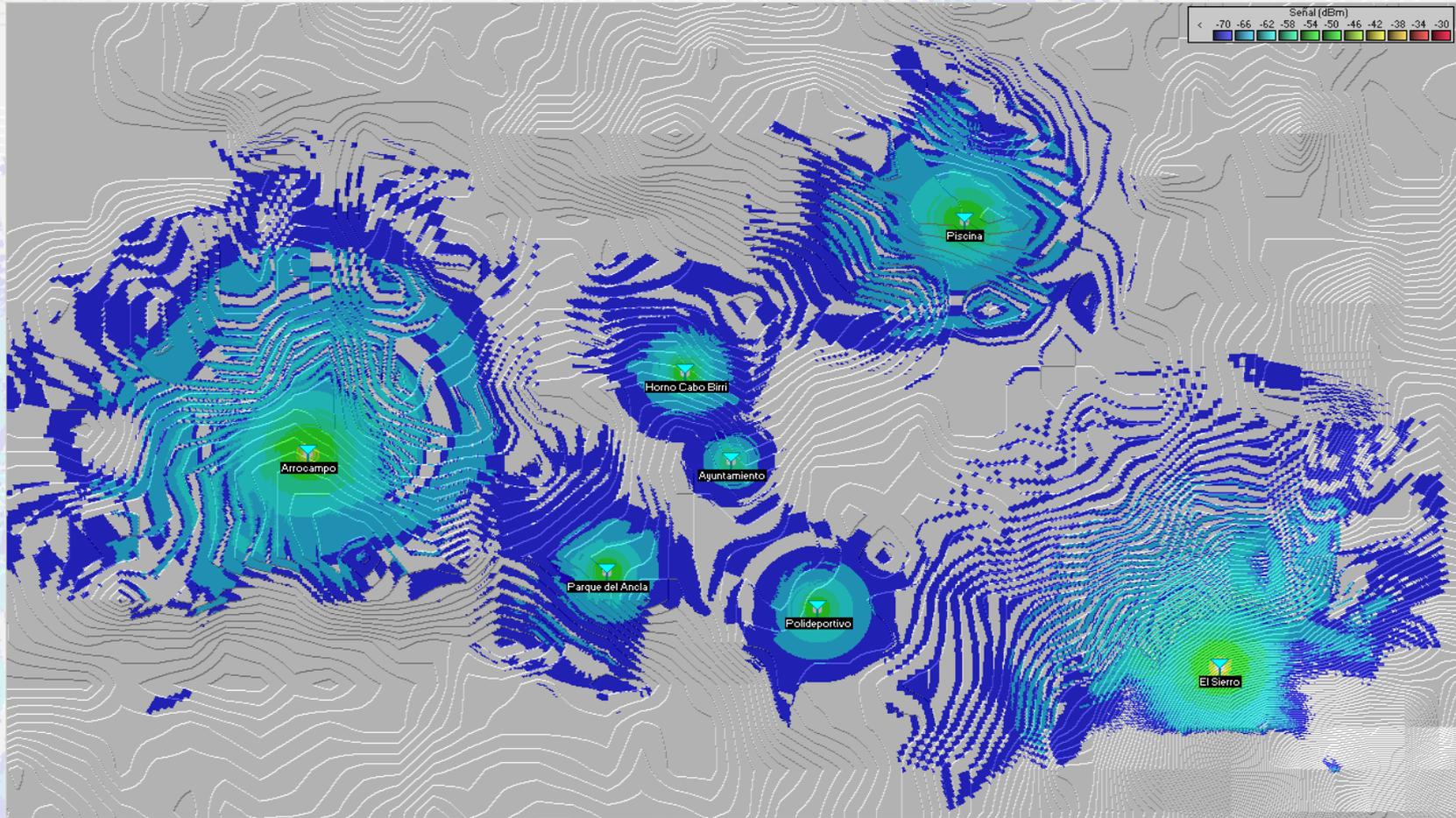


- Simulamos con Radio Mobile para obtener el nivel de recepción en cada uno de los emplazamientos con respecto al nodo central que es el Ayuntamiento.
- A medida que nos alejamos de la estación base el nivel de señal va disminuyendo.

- En todos los enlaces el nivel de recepción estaría por encima de la sensibilidad de los equipos de -74 dBm.
- Obtendríamos la capacidad máxima de 35 Mbps en todos los enlaces.



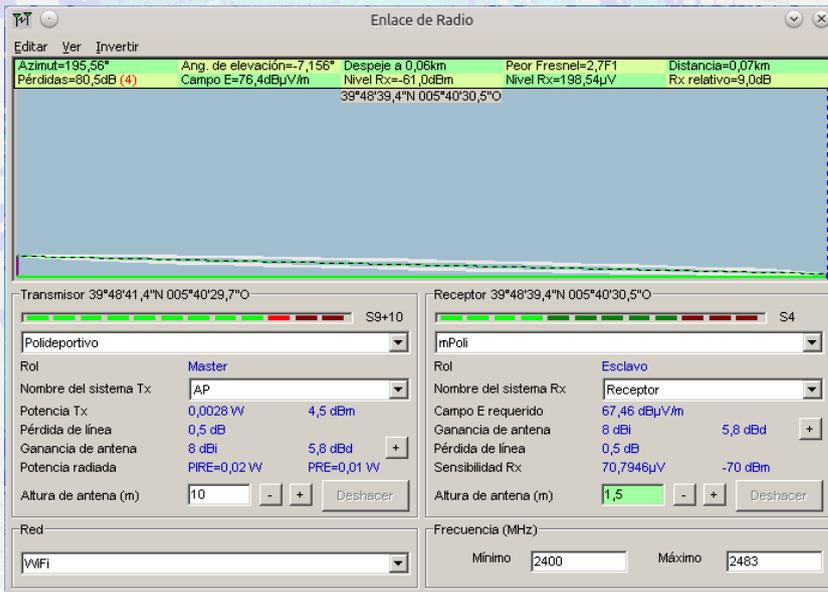
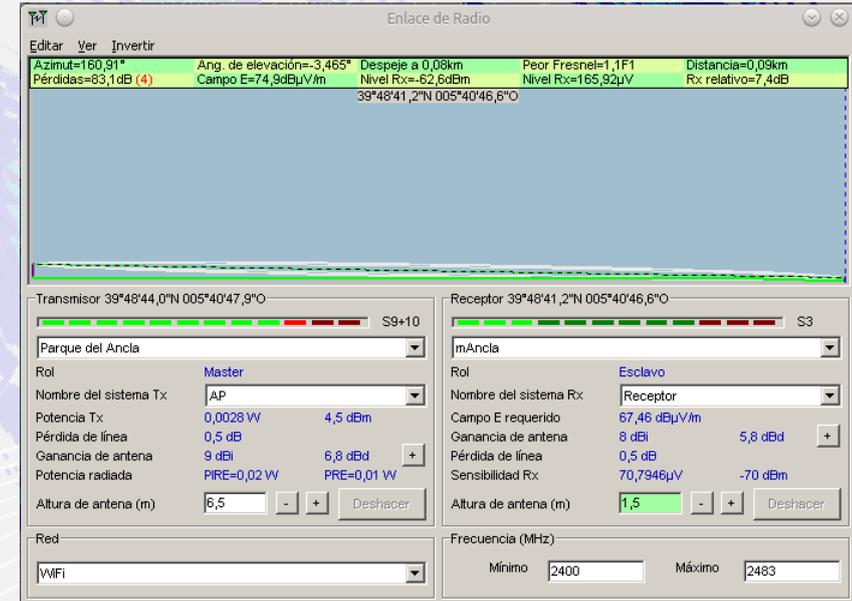
Enlace del Ayuntamiento a:	Altura Antena Receptor	Calidad Señal: Tx → Rx	Nivel de Recepción
Parque del Ancla	6,5 m	S9 → S9	-57,3 dBm
Polideportivo	10 m	S9 → S9	-56,5 dBm
Piscina	10 m	S8 → S9	-60,1 dBm
Horno Cabo Birri	7,5 m	S9 → S9+10	-54,1 dBm
Arrocampo	12 m	S6 → S7	-68,5 dBm
El Sierro	5 m	S7 → S8	-63,4 dBm



- Simulamos con Radio Mobile para obtener el nivel de recepción en cada uno de los emplazamientos.
- Se simula la señal con respecto a un terminal móvil que se encuentra en el radio máximo de cobertura que se quiere ofrecer.

# Simulación. WiFi

- La calidad de señal en todos los emplazamientos es máxima.
- Se cubren todos los radios de cobertura e incluso se podrían ampliar.
- La p.i.r.e. es mínima en todos los enlaces salvo en el Arrocampo y El Sierro.



Emplazamiento	Radio de Cobertura	Calidad Señal del Emplazam.	Nivel de Recepción	p.i.r.e.
Ayuntamiento	30 m	S9+10	-59,7 dBm	10 mW
Parque del Ancla	90 m	S9+10	-62,6 dBm	20 mW
Polideportivo	70 m	S9+10	-61,0 dBm	20 mW
Piscina	150 m	S9+10	-64,9 dBm	40 mW
Horno Cabo Birri	80 m	S9+10	-64,5 dBm	20 mW
Arrocampo	250 m	S9	-66,8 dBm	100 mW
El Sierro	130 m	S9+10	-57,0 dBm	100 mW

# Valoración económica

Concepto	Cantidad	Precio	Total
Estación Base: Albentia Systems ARBA ACCES AXS-BS-150N	1	6.000 €	6.000 €
Equipo Local del Cliente CPE: Albentia Systems ARBA ACCES AXS-CPE-150-20	6	6.000 €	36.000 €
Antena omnidireccional: Ubiquiti AIRMAX AMO-5G13	1	127 €	127 €
Puntos de Acceso: TP-Link TL-WA7210N	7	62 €	434 €
Cortafuegos Firewall: Netgear UTM5	1	312 €	312 €
Switch: Netgear GS108T-200	1	72 €	72 €
Servidor: PC completo con disco duro adicional	1	1.500 €	1.500 €
Cable Ethernet: Konig Bobina de cable UTP Cat. 6 de 50 metros	2	31 €	62 €
Cable eléctrico: INPLASNU 3x2,5 100m Libre de Halógenos UNE 21123	1	163 €	163 €
Accesorios, conectores, tornillería y herrajes	1	1.500 €	1.500 €
Alquiler de maquinaria de elevación: Haulotte H21TX	10	100€	1.000€
Mano de obra: 2 Técnicos	200	50 €	1.000€
Estudio de ingeniería. Diseño y viabilidad	1	1.200 €	1.200 €
<b>Total Instalación I.V.A. Incluido:</b>		<b>58.370 €</b>	

# Conclusiones

- Es técnicamente viable porque la infraestructura necesaria para una instalación inalámbrica es menor que para cable o fibra óptica.
- Gracias a la escalabilidad y a la utilización de tecnologías estándar, la red se podría ampliar o podría ser utilizada por el Ayuntamiento para otros fines.
- Es económicamente viable ya que el Ayuntamiento puede ofrecer por menos de 60.000 €, un servicio cada vez más necesario en el día de hoy.
- También ahorramos costes al utilizar frecuencias en bandas libres.
- Puede ser de ayuda a los establecimientos almaraceños ya que podría ser una atracción para que visiten más personas el municipio.