



Diseño de una red telemática de acceso a Internet en el municipio de Grazalema.

**Trabajo Final de Carrera
Ingeniería Técnica especialidad Telemática**

Agradecimientos:

A mi mujer y mis hijos por el tiempo que les he restado.

INDICE DE CONTENIDOS

PARTE I: PLANIFICACION DEL TFC

0. Antecedentes al proyecto.....	5
1. Título del proyecto.....	6
2. Descripción del proyecto.....	6
3. Objetivos.....	8
4. Primera aproximación al proyecto.....	8
5. Planificación del proyecto.....	9

PARTE II: RECOPIACIÓN DE DATOS

1. Estudio Orográfico del municipio.....	10
1.1 Descripción del municipio.....	10
1.1.2. Historia.....	11
1.1.2. Economía.....	12
1.1.3. Clima.....	12
1.1.4. Naturaleza.....	14
1.1.5. Cultura, Gastronomía y Urbanismo.....	14
2. Necesidades Telématicas del proyecto.....	15
2.1 Necesidades telemáticas.....	15
2.2 Tecnología inalámbrica.....	20
2.3 Provisión de equipos.....	21
2.4 Necesidades de la red.....	29
3. Estudio de la viabilidad técnica.....	30
4. Estimación económica al proyecto.....	31
5. Recopilación de leyes vigentes al TFC.....	32
5.1 Ley 32/2003.....	32
5.2 Ley 9/2014.....	34
5.3 Circular 1/2010.....	37

PARTE III: DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA RED

1. Estándar Wi-Fi.....	44
2. Tipos de antenas Wi-Fi.....	47
3. Tipos de enlaces.....	47
4. Topología de la red.....	48
4.1 Diseño de red.....	49
4.2 Ubicación de equipos.....	49

PARTE IV: CONCLUSIONES

1. Conclusiones.....	53
----------------------	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	7
Figura 2.....	8
Figura 3.....	9
Figura 4.....	10
Figura 5.....	11
Figura 6.....	12
Figura 7.....	13
Figura 8.....	14
Figura 9.....	14
Figura 10.....	14
Figura 11.....	17
Figura 12.....	17
Figura 13.....	18
Figura 14.....	18
Figura 15.....	19
Figura 16.....	19
Figura 17.....	20
Figura 18.....	23
Figura 19.....	24
Figura 20.....	25
Figura 21.....	25
Figura 22.....	26
Figura 23.....	43
Figura 24.....	43
Figura 25.....	44
Figura 26.....	44
Figura 27.....	45
Figura 28.....	46
Figura 29.....	47
Figura 30.....	47
Figura 31.....	48
Figura 32.....	48
Figura 33.....	49
Figura 34.....	50
Figura 35.....	51
Figura 36.....	52
Figura 37.....	52
Figura 38.....	53
Figura 39.....	53

PARTE I: PLANIFICACION DEL TFC

0. Antecedentes

Debido al vertiginoso desarrollo del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en España consecuencia del proceso de liberalización del sector en los últimos años. Este proceso de liberalización ha dado lugar a la aparición de un gran número de operadores de redes y de servicios de telecomunicaciones, que necesitan desplegar las distintas infraestructuras para alcanzar a los usuarios.

En este despliegue de redes de telecomunicación, es necesaria la ocupación del dominio público para su realización. Debemos tener en cuenta que los ayuntamientos, como administradores más cercanos al ciudadano, gestionan, dentro de sus competencias, estas competencias.

Los operadores que despliegan infraestructura de cable o fibra óptica, necesitan ocupar el subsuelo municipal y los operadores de redes que necesitan ocupar el vuelo municipal han propiciado que las corporaciones municipales tengan que incrementar sus niveles de gestión y ampliar sus campos de actividad.

Durante las últimas décadas, los avances tecnológicos en Telecomunicación han tenido como consecuencia la aparición de nuevos servicios que, en un plazo relativamente corto, se han extendido a gran parte de nuestra sociedad, cuando no a su práctica totalidad, como es el caso de la telefonía básica o la televisión terrestre. En la actualidad otros servicios como las telecomunicaciones por cable, la televisión por satélite, analógica y digital, Internet, la televisión digital y un conjunto de tele servicios basados en la banda ancha, están disponibles y son objeto de demanda por un creciente número de ciudadanos.

La regulación de nuevos servicios basados en la utilización del espectro radioeléctrico permite un mejor aprovechamiento del mismo (planificación) y su posterior monitorización, control e inspección, así como el control de la exposición de las personas a las emisiones de las instalaciones radioeléctricas.

Estos avances en materia de Telecomunicaciones que permiten al ciudadano su entrada plena en la Sociedad de la Información han incidido muy directamente en las corporaciones locales que tienen que aplicar sus criterios administrativos y urbanísticos para posibilitar el despliegue de redes y servicios de telecomunicación a prestar por las empresas titulares de las autorizaciones, asegurar el cumplimiento de la legislación sobre las infraestructuras comunes de telecomunicación (ICT) en los edificios y permitir la instalación de redes de radiocomunicaciones en el ámbito de los términos municipales, todo ello de modo coordinado con las administraciones central y autonómica.

Con la aplicación de esta regulación sectorial de Telecomunicaciones en el ámbito municipal se cambia el escenario de décadas pasadas que dio lugar a la aparición, no sólo de tendidos aéreos, sino a tendidos de cables por fachada y proliferación de antenas individuales para recepción de la televisión terrestre y por satélite (parabólicas) con el consiguiente impacto estético en nuestras ciudades, por un nuevo escenario de mayor calidad y más respetuoso a nivel de impacto visual, que permite a los ciudadanos/usuarios ejercer su derecho a elegir entre los distintos operadores y a garantizar a éstos la igualdad de oportunidades para ofrecer sus servicios.

Las corporaciones locales, administraciones cercanas al ciudadano, tienen la oportunidad de trasladar a sus vecinos las ventajas que conlleva la entrada de los municipios en la Sociedad de la Información, tanto a nivel del ciudadano, como empresarial.

Claramente, las telecomunicaciones, además de ser un elemento vertebrador del territorio se han convertido en una poderosa herramienta de desarrollo económico y de alcance de un mayor

bienestar social.

El papel del municipio como dinamizador de la Sociedad de la Información es clave. Los nuevos servicios a distancia: tele-enseñanza, tele-banca, tele-ocio, tele-asistencia, tele-trabajo, tele-administración, etc, son algunos de los beneficios que el ciudadano encontrará en esta nueva era digital si cuenta con las adecuadas infraestructuras de banda ancha.

1. Título del proyecto:

Diseño de una red telemática de acceso a Internet en el municipio de Grazalema. Los motivos para este proyecto es debido a que la Sierra de Cádiz en estos últimos años ha venido sufriendo un colapso en telecomunicaciones debido a la alta afluencia de visitantes, ya sea para la práctica de senderismo, bicicleta, aficionados a la motocicleta, parapente, o turismo en general. Esto no ha venido acompañado de una infraestructura en Telecomunicaciones que ha sido deficitaria y obsoleta que hace que las comunicaciones queden colapsadas rápidamente, ya que las infraestructuras son mínimas, básicas y mal dimensionadas para épocas estivales y temporada alta de turismo en la Comarca.

2. Descripción del proyecto:

Grazalema es un municipio que se encuentra en la provincia de Cádiz, en la Sierra de Cádiz, en la zona de la reserva del Parque Natural Sierra de Grazalema, está a una altitud sobre el nivel del mar de 812 metros, cuenta con 2.165 habitantes censados a 2014 y tiene una extensión de 121 kilómetros cuadrados. Sus coordenadas geográficas son 36° 46'N, 5°22'O y se encuentra a 142 kilómetros de la capital de provincia.

Además es el centro neurológico de la Sierra de Cádiz ya que está geográficamente en el centro de la Sierra y del Parque natural que lleva su nombre, y desde allí se puede acceder fácilmente a otros pueblos como Benamahoma, Zahara de la Sierra, Villaluenga del Rosario, el Bosque o Ubrique.

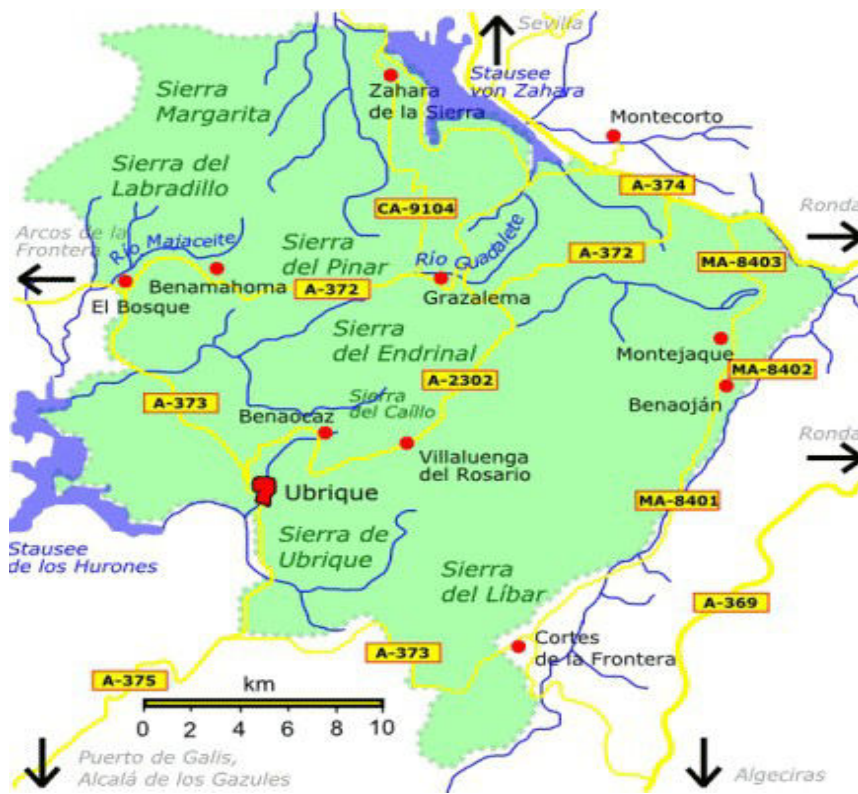


Figura 1. Plano de situación de la Sierra de Grazalema



Figura 2. Foto desde Google Earth de Grazalesma

El TFC pretende diseñar una red pública wifi para dotar al municipio y su Ayuntamiento de una infraestructura que de un servicio aceptable a toda la población autóctona y además permita garantizar una calidad de servicio en temporadas y fines de semana de alta afluencia de visitantes. Para ello hay que diseñar una red que cubra principalmente la parte turística de la Villa, que es la plaza Mayor de Grazelema junto al ayuntamiento, donde se concentra la mayoría de restaurantes y recorrer la calle nueva y la calle Mateos Gago que son las principales arterias de comunicación de Grazelema, la cual atraviesa completamente la Villa, por la mitad del mismo, con lo que a priori parece la mejor elección para el diseño de la red.



Figura 3. Plano del municipio de Grazelema

3. Objetivos:

El objetivo del proyecto es doble por un lado dotar de una red de banda ancha para todo el municipio, permitiendo conectividad entre todas las dependencias municipales, como urbanismo, centro cultural, biblioteca, ayuntamiento y centro de información turística, y por otra el acceso gratuito a Internet para la población y visitantes en fines de semana y temporada de verano. La dificultad del proyecto radica en llegar a un equilibrio entre el coste económico del proyecto y la de ofrecer un máximo de conexiones con una calidad mínima.

La red diseñada debe estar dentro de la normativa legal vigente, tener una limitación al uso racional del mismo y a no crear una competitividad real con las compañías de Telecomunicaciones.

4. Primera aproximación del proyecto:

Como primera parte del proyecto tenemos que realizar una toma de datos, que nos de toda la información necesaria para luego poder argumentar el proyecto para ello necesitamos realizar una serie de estudios que son necesarios para poder realizarlo.

Necesitamos realizar un estudio de la orografía de la villa, para ver las mejores zonas para la colocación de las antenas y las zonas de mayor afluencia, donde debemos tener más cobertura para

realizar la implantación de la red, zonas de máxima afluencia o de interés para cubrir con nuestra red.

Las zonas a intensificar en nuestra red la estudiaremos en un estudio detallado de necesidades donde se valorara las necesidades que deberán cubrir el mismo.

Seguiremos con un estudio de viabilidad técnica del mismo viendo que equipos y con que características necesitaremos para el diseño de la red, el apartado más importante del mismo es el estudio económico de la propuesta, el cual tiene que ser equilibrado en cuanto a costes y será la que nos limite el equipo que podamos implantar, por ultimo habrá que realizar un estudio jurídico de las implicaciones que puede tener este proyecto dentro del marco legal vigente.

Una vez realizado todos estos estudios que englobamos dentro de la toma de datos, estaremos en condiciones de poder realizar un diseño de la red, y por último elaborar la memoria y la presentación del TFC.

5. Planificación del trabajo:

Realizamos con el Microsoft Project, el diagrama de Gantt del proyecto.

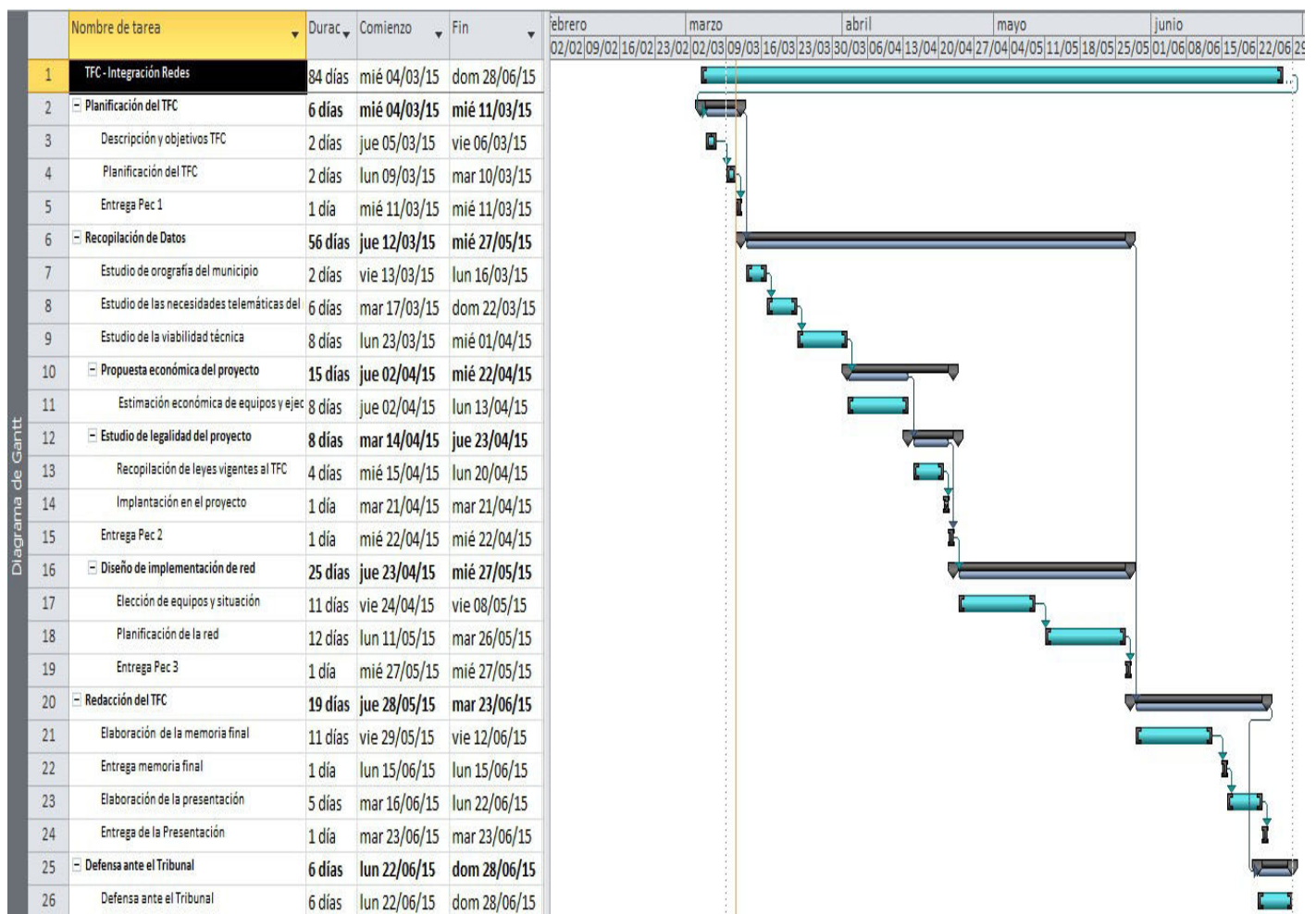


Figura 4. Diagrama de Gantt

PARTE II: RECOPIACIÓN DE DATOS

1. Estudio de la Orografía del terreno

1.1 Descripción del municipio

Grazalema es un municipio Andalúz de la provincia de Cádiz, se encuentra enclavada al noreste de la provincia, en la zona de reserva o espacio protegido del Parque Natural Sierra de Grazalema, primer Parque Natural que se constituyó en Andalucía, que lleva su nombre, donde el índice de pluviosidad es el más alto de la mitad sur peninsular, donde se registra más de 1962mm de precipitación al año, valor más que destacable para una zona de clima mediterráneo.

Sus espaldas son custodiadas por el Peñón Grande donde nace el río Guadalete, forma parte de la Ruta de los Pueblos Blancos: al norte Sierra Morena, al sur Sierra del Endrinal, al este el Parque Natural Sierra de las Nieves, al oeste el Cerro de San Cristóbal, y al noroeste Sierra del Pinar (punto orográfico más alto de la provincia con 1.653m de altitud).

Localización:



Figura 5. Plano de ubicación de Grazalema

-1.1.2 Historia:

Se considera a la villa romana de Lacidulia, situada en un cortijo próximo a la actual población, como la antecesora de Grazalema.

Con la invasión musulmana del siglo VIII, estas tierras fueron pobladas por gentes de origen bereber, y con ellos adquirió el nombre de Raisa Iani Suli, "ciudad de los Banu al-Salim", locativo que pasó a Ben-salama, "hijo de Zulema", y más tarde Gran Zulema. Durante este periodo se organizará su economía en torno a la explotación forestal, la agricultura, la ganadería y las manufacturas textiles.

Con la conquista cristiana en el 1485, Zagrazalema, pasa a formar parte del señorío de los Ponce el León.

Tomó un gran auge económico a partir del siglo XVII, gracias a la industria de pañería, que producía las famosas mantas de Grazalema.



Figura 6. Manta típica de Grazalema

En los primeros años del siglo XIX, durante la Guerra de la Independencia, sufre el ataque y saqueo de las tropas napoleónicas, que destruyen parcialmente la villa.

Los habitantes de Grazalema se dedican a las actividades tradicionales de la agricultura, la ganadería, la artesanía textil y a atender a una creciente demanda turística, que busca la singularidad de los paisajes del parque Natural de la Sierra de Grazalema y el encanto de este pueblo serrano.

-Población

Grazalema fue perdiendo población durante el siglo pasado, debido a la caída de la industria de la pañería, la guerra civil, que arrasó varias villas de la zona y sus monumentos. Desde las últimas décadas del siglo pasado ha mantenido constante su población, debido al auge del turismo en la villa.

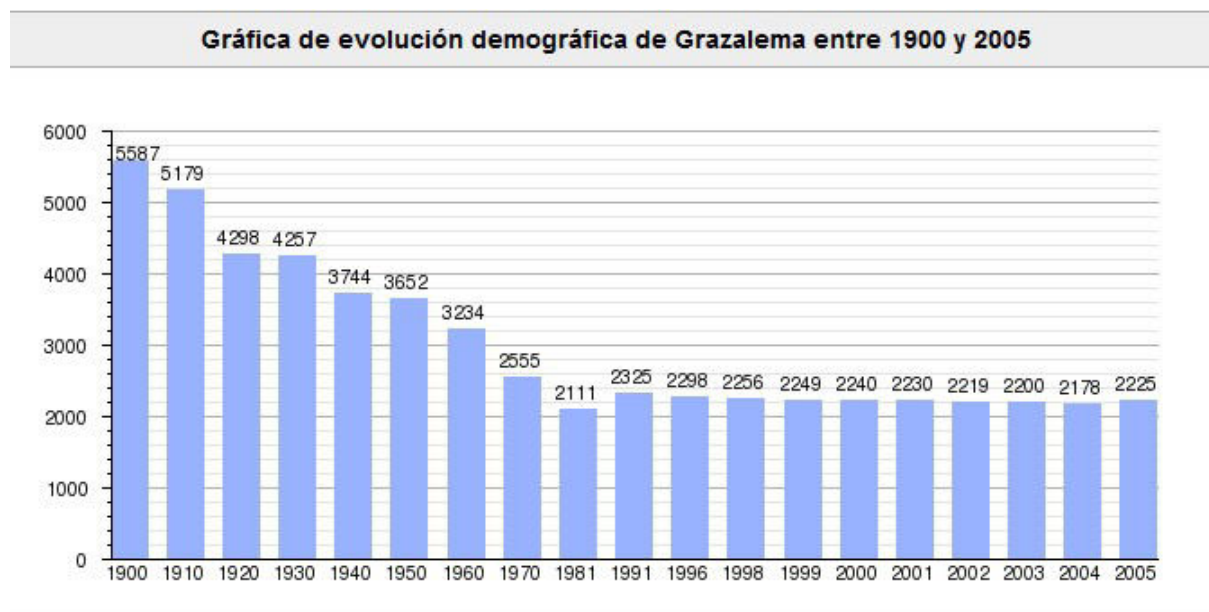


Figura 7. Gráfica de evolución demográfica.

-1.1.2 Economía

La economía en Grazalema se basa fundamentalmente en la ganadería, el turismo y la industria artesana. El sector agrícola tiene una escasa incidencia económica, existiendo cultivos de cereal (cebada) y olivar, aunque son poco representativos de la economía local. La ganadería, sin embargo, es un pilar básico, sobre todo el ganado caprino, raza serrana y el ovino, raza merina, con producción de leche y carne.

Pero, sin duda, el pilar fundamental de la economía grazalemeña es el turismo que, en la actualidad supone una importante fuente de ingresos para la población. El auge de este sector está permitiendo la creación de una importante infraestructura de servicios (hoteles, hostales, restaurantes, zonas de acampada, casas rurales en alquiler, tiendas de souvenir, servicios complementarios...) y a su vez, está suponiendo un gran empuje para la actividad artesana de la localidad (artesanía textil, cerámica, cubiletes, amarguillos..).

Destacar también el sector de las carpinterías de madera y aluminio, existiendo varias empresas dedicadas a la fabricación artesanal de muebles.

-1.1.3 Clima

El clima es templado y cálido en Grazalema. En invierno hay mucha más lluvia que en verano, la temperatura media anual se encuentra a 13,7°C. Hay precipitaciones de 846mm.

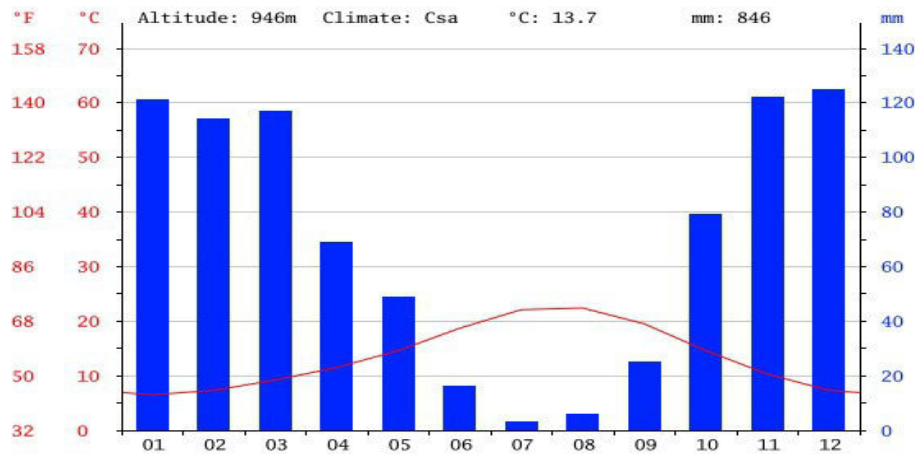


Figura 8. Climograma anual de Grazalema

El mes más seco es julio, con 3mm. 125 mm, mientras que la caída media en diciembre. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año.

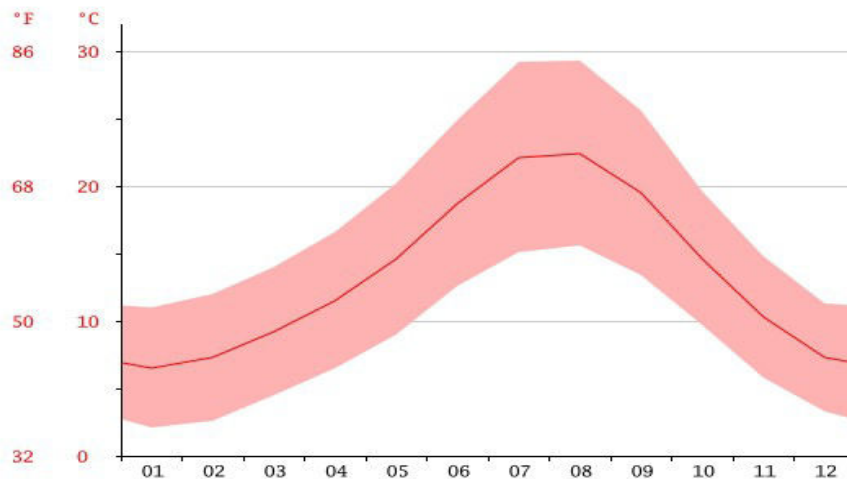


Figura 9. Diagrama de Temperatura

El mes más caluroso del año con un promedio de 22,4°C de agosto. El mes más frío del año es de 6,5°C en el medio de enero.

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	121	114	117	69	49	16	3	6	25	79	122	125
°C	6.5	7.3	9.2	11.5	14.6	18.7	22.1	22.4	19.5	14.6	10.3	7.3
°C (min)	2.1	2.6	4.5	6.5	9.0	12.6	15.1	15.6	13.4	9.7	5.8	3.3
°C (max)	11.0	12.0	14.0	16.6	20.2	24.9	29.2	29.3	25.6	19.6	14.8	11.3
°F	43.7	45.1	48.6	52.7	58.3	65.7	71.8	72.3	67.1	58.3	50.5	45.1
°F (min)	35.8	36.7	40.1	43.7	48.2	54.7	59.2	60.1	56.1	49.5	42.4	37.9
°F (max)	51.8	53.6	57.2	61.9	68.4	76.8	84.6	84.7	78.1	67.3	58.6	52.3

Figura 10. Tabla climática

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 122mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 15,9°C.

-1.1.4 Naturaleza

El parque natural de Grazalema, fue declarado Reserva de la Biosfera por la Unesco, el macizo de Grazalema ofrece un impresionante paisaje, de contrastados relieves sobre rocas calizas fruto de una violenta historia geológica: valles encajados en forma de cañones, cuevas, cornisas y taludes,... y una amplia variedad de formas originadas por procesos de disolución ocurridos en tiempos geológicos remotos.

El Parque Natural de Sierra de Grazalema se localiza entre las provincias de Cádiz y Málaga con una extensión de 51.695 Ha. En la zona más occidental de la Cordillera Bética.

Hay un hábitat donde los pueblos se encaraman sobre las cumbres y laderas quedando plenamente integradas en el paisaje. Esta serranía gaditana se levanta entre los 600 y 1600 m sobre los valles y depresiones circundantes. Es una zona de agrestes relieves, con valles de paredes verticales como la "Garganta Verde", cuya profundidad alcanza los 400m. También son frecuentes las cuevas o grutas entre las que se encuentran el "Complejo Hundidero-Gato", la mayor cueva de Andalucía o la "Cueva de la Pileta", conocida en todo el mundo por sus vestigios prehistóricos.

La sierra conserva una importante masa de vegetación natural típicamente mediterránea: encinas, alcornocales, quejigos, algarrobos y acebuches. En la umbría de la Sierra del Pinar se localiza un magnífico bosque de pinsapos, el mejor conservado en la actualidad de este abeto exclusivo de la Serranía de Ronda.

En sierras próximas aparecen bosquetes o ejemplares aislados de esta especie, testimoniando su antigua extensión. La visita al Pinsapar, así como a otros enclaves y Áreas de Reserva del Parque, puede realizarse sólo en determinadas épocas del año y con limitación del número de visitantes. Olmos, sauces y álamos son las especies que forman los característicos bosques galería siguiendo el curso de los ríos y arroyos, y que pueden contemplarse por ejemplo en el curso alto del río El Bosque.

Numerosas especies de aves habitan en el Parque, aunque quizá por su tamaño y majestuoso vuelo sean las rapaces y carroñeras las que más llaman la atención. De entre estas, destaca el buitre leonado, teniendo aquí una de las mayores colonias de Europa.

-1.1.5 Cultura, Gastronomía y Urbanismo

La mayor herencia cultural procede de la civilización musulmana, existen numerosos restos romanos de ciudades antecesoras de las actuales: Iptuci (Prado del Rey), Ocuri (Ubrique), Acipino (Ronda),... También, costumbres y aprovechamientos muy estrechamente vinculados al medio natural han llegado hasta nuestros días prácticamente intactos. Entre las viejas prácticas artesanales destaca la fabricación de mantas de lana en Grazalema (también se fabrican ponchos y bufandas). La marroquinería y la confección de prendas de piel de la Sierra son típicas en Ubrique, Prado del Rey y Cortes de la Frontera. En este último destacan también los trabajos de corcho, bolsos y carteras, las sombrillas y techumbres de brezo, las tejas árabes y la orfebrería de cobre. Un original producto artesano es la gaita gastoreña, instrumento musical trabajado sobre un cuerno de vaca, típico de El Gastor. La cestería, el esparto y la miel son otros recursos importantes.

La gastronomía de la comarca constituye otra importante riqueza cultural. En general, en todos los pueblos es posible degustar las chacinas caseras. La "sopa de Villaluenga" resulta muy reconfortante en invierno. En Benaocaz se elaboran los "suspiros", unos exquisitos dulces hechos al

horno, y las populares gachas. En Grazalema, se hacen los amarguillos de almendra, los cubiletes y la típica sopa de Grazalema. La mistela de Montejaque y el mosto de Prado del Rey son los caldos con mayor tradición de la zona. Otros productos característicos son la torta de chicharrones, el queso de oveja, etc.

También legado de épocas pasadas son las tradicionales fiestas y ferias, celebradas sobre todo durante la época estival. En Zahara de la Sierra, las calles y plazas se adornan con juncos y pastos durante la fiesta grande : El Corpus. El toro de cuerda, típico de Grazalema, Villaluenga y Benaocaz, se celebra en el mes de agosto. En Ubrique tiene lugar «la quema de gamones» el 3 de Mayo; en este día, los vecinos queman las puntas del gamón haciéndolas estallar.

Una de las fiestas más arraigadas es la que tiene lugar en Benamahoma: las luchas de «Moros y Cristianos», en recuerdo de las antiguas batallas libradas entre ambos bandos.

Si nos adentramos en el casco urbano, se puede observar la estructura típica de un pueblo árabe que se ha mantenido a lo largo de los siglos: calles estrechas y empedradas, fachadas de cal blancas, tejados a dos aguas y hermosas plazoletas soleadas, junto a calles impolutas hacen de este hermoso pueblo un referente de la arquitectura popular andaluza, por su cuidado urbanismo.

Cabe destacar las casas nobles que son huella de la época de máximo esplendor por el que atravesó la villa en el siglo XVIII.

Durante este siglo y mediados del XIX Grazalema fue conocida en la provincia como "Cádiz el Chico", debido a la importancia económica y social que tenía la población, llegando a alcanzar los 9.000 habitantes, el mayor número de pobladores de toda su historia en torno a la industria de las mantas de Grazalema

Como se detalla anteriormente, el casco histórico que comprende gran parte de este proyecto, la utilización de antenas wifi no supone un gran impacto visual, lo que permite que su instalación pase desapercibida en el entorno. Tenemos que recordar que toda actuación dentro del casco histórico, debe de ser supervisada por la delegación de Urbanismo del Ayuntamiento.

Para el diseño se ha tenido en cuenta que la plaza del Ayuntamiento y sus alrededores es donde se concentra la mayor afluencia de visitantes, por la aglomeración de restaurantes y bares, que es la zona de actuación de mayor número de antenas.

2. Necesidades telemáticas del proyecto

2.1 Justificación y objetos del proyecto

El objetivo del proyecto es la implementación de una red inalámbrica en la villa de Grazalema, en el casco urbano principalmente en las dos bolsas de aparcamiento, del que dispone el pueblo para acceder a la Plaza del Ayuntamiento y la zona más turística por la densidad de establecimientos hosteleros, en la plaza del Ayuntamiento y en las dos calles principales de la Villa, la calle Nueva y la calle Dr Mateos Gago con ellos tendremos toda la cobertura en las zonas de la villa, que queremos cubrir.

En la foto se muestra las zonas de principal interés para la red telemática, pintadas en verde, que cubre las dos calles antes descritas más la plaza del ayuntamiento y las dos bolsas de aparcamiento.



Figura 11. Plano marcado con las zonas principales de actuación wifi

En verde sobre el plano, marcado con verde, las bolsas de aparcamiento, que se unen a todos los ramales en la Plaza del pueblo y las calles Dr Mateos Gago y Nueva, como arterias principales que recorren la villa.



Figura 12. Vista de Grazañema

En la vista anterior podemos ver como la Villa, se encuentra en una hondonada, rodeada de

Montañas, estas pertenecen al Parque Natural.

Ahora mostramos fotografías de los emplazamientos donde localizaremos nuestra red wifi.



Figura 13. Primera bolsa de aparcamiento



Figura 14. Segunda bolsa de aparcamiento



Figura 15. Plaza del ayuntamiento



Figura 16. Calle Piedra-Nueva



Figura 17. Calle Dr Mateos Gago

La implementación de la red telemática ofrecerá acceso a Internet básico para vecinos y visitantes, el cual habrá que dimensionarlo para la afluencia de visitas en temporada alta y fines de semana. Las zonas a las que se quiere dar cobertura se implementaran mediante una red wifi ya que todo el área es urbano, debido a la orografía de Grazales, se podría tener una cobertura total instalando las antenas en las montañas adyacentes que rodean a Grazales, pero tenemos el problema de que Grazales esta rodeada por el Parque Natural, el cual presenta una protección especial, con lo que cualquier actuación aquí queda descartada, teniéndonos que ceñir al montaje de la red dentro del mismo casco urbano.

Todo ello se realizara dentro de la legislación vigente tanto en el acceso de la red como en el espectro de la ocupación que asignaremos, tendremos que ofrecer una conexión segura y todo ello se ha de realizar dentro de un coste económico viable.

Como alcance de la red podemos tener todo el casco urbano pero con prioridad para la plaza del Ayuntamiento y las dos bolsas de aparcamiento que es donde se concentran la mayoría de los establecimientos hosteleros de la zona.

2.2 Tecnología inalámbrica para nuestra red wifi

Esta tecnología nace por la necesidad de establecer un mecanismo de conexión inalámbrica que fuera compatible entre distintos dispositivos. En 1999 una serie de empresas crearon la Wi-Fi Alliance para fomentar más fácilmente la tecnología inalámbrica.

Con ello se crea la norma IEEE 802.11 diseñada para sustituir el equivalente a las capas físicas y MAC de la norma 802.3 (Ethernet) teniendo en cuenta que una red inalámbrica es completamente compatible con las redes LAN o de cable Ethernet.

Tenemos diversos tipos de wifi, basado cada uno de ellos en un estándar IEEE 802.11:

- Los estándares IEEE802.11b, IEEE802.11g, IEEE802.11n, con una aceptación total en la banda de 2.4 GHz con una velocidad de 11 Mbit/s, 54 Mbit/s y 300 Mbit/s, respectivamente.
- Actualmente tenemos el estándar IEEE802.11ac, que opera en la banda de 5 GHz que disfruta de una operatividad con canales relativamente limpios de interferencias, y no existen otras tecnologías que la estén utilizando, por lo tanto existen muy pocas interferencias. Su alcance es algo menor que el de los estándares que trabajan a 2.4 GHz, debido a que la frecuencia es mayor.

Uno de los mayores problemas de que dispone esta tecnología es la progresiva saturación del espectro radioeléctrico, debido a la masificación de usuarios, lo cual se incrementa en distancias mayores de 100 metros (wifi diseñada para conexiones entre ordenadores).

Es necesario considerar la seguridad cuando las redes están abiertas, de hecho, la configuración por defecto de muchos dispositivos wifi es muy insegura, dado que a partir del identificador del dispositivo se puede conocer la clave de este, y poder acceder al control del dispositivo.

Accediendo al wifi se puede monitorizar y registrar toda la información que se transmite a través de él.

Para mejorar la seguridad es necesario realizar algunas pautas:

- Cambios frecuentes en contraseña de acceso, utilizando contraseñas robustas.
- Modificar el SSID determinado
- Realizar la desactivación del broadcasting SSID y DHCP.
- Configurar los dispositivos conectados con su IP.
- Utilizar el cifrado:WPA2.
- Filtra los dispositivos mediante la MAC address.

Para garantizar la seguridad en esta redes se utilizan protocolos de cifrado como el WEP, WPA o WPA2.

- WEP cifra en 64 y 128 bits con dos niveles de seguridad, codifica los datos mediante una clave antes de enviarlos. Tiene actualmente poca fiabilidad.
- WPA presenta mejoras como la generación dinámica de clave de acceso.
- IPSEC permite autenticación y autorización de usuarios.
- Filtrado de MAC, para permitir acceso a dispositivos autorizados.
- Ocultación del punto de acceso.
- WPA2 mejora de WPA, y protocolo más seguro actualmente.

Dispositivos de distribución de red:

- Dispositivos de distribución o de red:
 - Los puntos de acceso son dispositivos que generan un set de servicio a la que se le pueden conectar otros dispositivos. Los puntos de acceso permiten conectar dispositivos en forma

inalámbrica a una red existente. Pueden agregarse mas puntos de acceso a una red para generar redes de cobertura más amplia, o conectar antenas más grandes para amplificar la señal.

-Los repetidores inalámbricos son equipos que se utilizan para extender la cobertura de una red inalámbrica, estos se conectan a una red inalámbrica, estos se conectan a una red existente que tiene una señal más débil y crean una señal limpia a la que se pueden conectar los equipos dentro de su alcance.

-Los routers inalámbricos son dispositivos diseñados para redes pequeñas para interconectar redes. Su tarea es tomar la conexión a Internet, y brindar a través de ella acceso a todos los equipos que conectemos.

- Los dispositivos terminales abarcan tres tipos mayoritarios: tarjetas PCI, tarjetas PCMCIA y tarjetas USB:
 - El wifi puede ser desactivado por un terminal del dispositivo.
 - Las tarjetas PCI para wifi se agregan a los ordenadores de sobremesa. Actualmente en desuso por las tarjetas USB.
 - Las tarjetas PCMCIA, también en desuso por la velocidad de transmisión lenta.
 - También existen impresoras, cámaras Web y otros periféricos que funcionan con tecnología wifi.

Las redes wifi poseen una serie de ventajas:

- Comodidad superior a las redes cableadas.
- Las redes wifi permiten el acceso a múltiples ordenadores sin ningún problema ni gasto ni infraestructura.
- Compatibilidad absoluta entre dispositivos wifi.

También dispone de algunas desventajas:

- El sistema wifi es una menor velocidad en comparación a una conexión cableada, debido a las interferencias y perdidas de señal que el ambiente puede acarrear.
- La desventaja principal de esta tecnología es la seguridad.
- Esta tecnología no es compatible con otros tipos de conexiones sin cables como Bluetooth, GPRS, UMTS, etc.
- La potencia de la conexión del wifi se ve afectada por los agentes físicos, dichos factores afectan a la potencia de compartimiento de la conexión con otros dispositivos.

2.3 Provisión de equipos

Para la provisión de equipos realizamos un muestreo de las principales soluciones que ofrecen marcas de primer nivel como Airspan, Albentia, Ubiquiti, Cisco, Tp-Link y Alvarion,. Para ello buscamos productos con una gran calidad, que tenga una buena relación calidad-precio, que sea de fácil mantenimiento y escabilidad si tuviéramos que ampliar la instalación.

Todas las marcas disponen de productos de gran calidad y ofrecen soluciones de características similares.

Los equipos que necesitaremos será de un servidor, 13 antenas wifi, un router, más cableado y accesorios para el montaje de los equipos.

Como servidor utilizaremos un DellPowerEdge T320 con procesador Intel Pentium 1403v2,2,60GHz, 6M cache, 2C, 80w,DDR3-1.333MHz, memoria de 1TB SATA, 3,5-in, 7.2K

RPM y Ram de dos unidades de 4GB UDIMM, 1600MT/s, Low Volt.



Figura 18. Servidor Dell

Como router hemos seleccionado el modelo de Cisco RV016, para una conexión de 16 puertos, es una solución de red de conexión compartida avanzada que permite que múltiples equipos compartan conexión con una red privada o pública. Es posible configurar hasta siete de los puertos conmutados para realizar conexiones de copia de seguridad o equilibrado de carga, lo que le ayudará a permanecer conectado y reducir los cuellos de botella de la red. Además, un puerto de extremo de red (DMZ) dedicado le proporciona un canal de acceso público con el objetivo de poder configurar un servidor FTP o web sin que las potentes funciones de seguridad supongan ningún obstáculo. La capacidad de VPN crea "túneles" cifrados a través de Internet, con lo que suministra conexiones extremadamente seguras a la red de su oficina para un máximo de 100 usuarios itinerantes o de oficina remota. Los usuarios que se conectan a través de un túnel de VPN están conectados a la red de la compañía (con acceso seguro a archivos, correo electrónico e intranet) como si estuvieran en el edificio. También puede utilizar la capacidad de VPN para permitir a los usuarios de la pequeña red de su oficina que se conecten con seguridad a una red corporativa.

El dispositivo Cisco RV016 puede hacer las veces de un servidor DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol, protocolo de configuración dinámica de servidor) y cuenta con un potente firewall SPI (stateful packet inspection, inspección de paquetes de estado) para ayudarle a proteger el servidor frente a la mayoría de los intrusos y ataques conocidos de Internet. También admite el Servicio de Seguridad Trend Micro ProtectLink Gateway, que permite bloquear de forma dinámica las URL y mensajes de correo electrónico que no se desee o presenten un riesgo.

Características técnicas del router:

- Firewall SPI para máxima seguridad;
- Switch 10/100 de 16 puertos que admite interfaz dependiente del medio (MDI) e interfaz cruzada dependiente del medio (MDI-X), y una capacidad de transferencia de hasta 200 Mbps por puerto;
- 5 de los 16 puertos se pueden configurar como puertos WAN/LAN;
- Dos puertos WAN dedicados para conectividad a Internet de carga equilibrada;
- Análisis del correo electrónico y URL dinámicas a través del Servicio de Seguridad Trend Micro

ProtectLink Gateway (opcional);

- Capacidad de VPN IPsec (IP security, seguridad de IP) completa mediante el cifrado DES (Data Encryption Standard, norma de cifrado de datos) y 3DES (triple DES);
- Compatibilidad con los algoritmos de autenticación MD5 y SHA;
- Hasta 100 túneles de IPsec VPN simultáneos permitidos;
- Gestión a través de Internet, protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol, protocolo de gestión de red simple) y asistente de configuración para facilitar la conexión a los administradores;
- Capacidades de gestión del ancho de banda para ofrecer mejor QoS (Quality of Service, calidad de servicio);
- Hasta 50 usuarios de QuickVPN admitidos.

Otras características accesorias: Administración basada en web: Si Algoritmos de seguridad soportados: 128-bit WEP, 256-bit AES, 3DES, DES, HTTPS Calidad de servicio (QoS) soporte: Si Características de red: Fast Ethernet Certificación: FCC, CE Color del producto: Negro Conectar y usar (Plug and Play): Si Conectar y usar universal (UPnP, Universal Plug and Play): Si Conexión WAN: Ethernet (RJ-45) DHCP, cliente: Si DHCP, servidor: Si DSL conexión: No Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura): 297.4 x 241.3 x 44.45 mm Energía sobre Ethernet (PoE), soporte: Si Estándares de red: IEEE 802.3, IEEE 802.3u Ethernet: Si Ethernet LAN (RJ-45) cantidad de puertos: 16 Ethernet LAN, velocidad de transferencia de datos: 10, 100 Mbit/s Firmware actualizable: Si Frecuencia de entrada: 50/60 Hz Guía de configuración rápida: Si Interfaz: RJ-45 Intervalo de temperatura operativa: 0 - 40 °C LEDs de conectividad: Y MAC, filtro de direcciones: No Manual de usuario: Si Método de autenticación: MD5/SHA1 Peso: 1,475 kg Protocolos de gestión: SNMP v1/v2c, Bonjour Protocolos de red compatibles: IPv4, HTTP, PPPoE, PPTP, DynDNS Rango de temperatura de funcionamiento: 32 - 104 °F Registro de eventos en sistema: Si Seguridad con cortafuegos: SPI, DoS, SYN Sistemas operativos compatibles: Linux Soporte DMZ: Si Soporte VPN: IPsec, PPTP, L2TP, DPD, IKE, DNS Tecnología de cableado: 10/100Base-T(X) Tecnología de conectividad: Inalámbrico VPN, cantidad de túneles: 50 Voltaje de entrada: 100 - 240V Wifi: No



Figura.19 Cisco RV016-GS

Como Firewall tenemos el CISCO ASA 5500-X, con sus principales características:

- Visibilidad y control granular de aplicaciones y microaplicaciones, con controles basados en el comportamiento

- Seguridad online robusta
- Protección avanzada contra amenazas con un sistema de prevención contra intrusiones (IPS) completo y de gran efectividad.
- Acceso remoto seguro
- Protección contra botnets
- Protección contra amenazas procedentes de Internet preventiva y casi en tiempo real



Figura. 20 Firewall CISCO ASA 5500-X

Como seguridad ante fallos en el suministro eléctrico tenemos el SAI-UPS 2000VA C-PRO



Figura. 21 SAI – UPS 2000 VA C-PRO

Con las siguientes características:

- Tecnología On-Line Doble Conversión.
- Tecnología DSP.
- Onda senoidal pura.
- Nivel de ruido reducido.
- Estabilidad en tensión de salida: +/-1%.
- Optimización de las baterías para alargar la vida las mismas.
- Arranque en frío desde las baterías.
- Alta eficiencia en funcionamiento Eco-mode para reducir los costes de energía.
- Display LCD.
- Protección contra cortocircuitos y sobrecargas.

- Comunicación inteligente mediante interfaces con software de monitorización.
- Soluciones modulares para ampliación de autonomía.
- Paralelable hasta 4 unidades.
- Slot para SNMP(Opcional).
- Bypass automático que asegura la continuidad de la alimentación incluso si se da un fallo en el equipo.

Como antena hemos seleccionado la Ubiquiti UAP Networks Enterprise AP para exteriores, UniFi 300 Mbps, la cual dispone de las siguientes características:



Figura. 22 Ubiquiti UAP- Outdoor

El Unifi Enterprise System WiFi es un punto de acceso escalable diseñado para ser fácil de implementar y administrar. El punto de acceso exterior UAP Unifi tiene un diseño elegante y puede ser montado fácilmente en una pared utilizando el hardware de montaje incluido. Se alimenta a través de la alimentación incluido a través de Ethernet (PoE), adaptador, que proporciona energía y datos utilizando un único cable.

El Unifi Enterprise System incluye el software Wi-Fi controlador de Unifi. El software se instala en cualquier PC o Mac en la red y es fácilmente accesible a través de cualquier navegador web estándar. Usando el software de controlador de Unifi, una red Wi-Fi se puede configurar y administrar al instante sin ningún entrenamiento especial. Estado en tiempo real, detección

automática de dispositivo de la UAP, la carga de mapa, y las opciones avanzadas de seguridad están perfectamente integrados

Con el controlador de software de Unifi ejecutándose en un NOC o en la nube, los administradores pueden ampliar y centralizar la gestión de amplias zonas de cobertura en interiores y al aire libre utilizando cualquier combinación de dispositivos de Unifi AP.

Podemos extender de forma inalámbrica, aprovechando los enlaces inalámbricos de bajada. Un cable de AP Unifi de subida compatible con 4 enlaces inalámbricos de bajada que permiten la adopción de dispositivos inalámbricos en su estado predeterminado y en tiempo real los cambios en la topología de red.

Gestión de puntos de acceso y control de facturación. Utilizar hotspot para personalizar las páginas del portal de acceso y cobrar a los clientes con las principales tarjetas de crédito a través de PayPal. O bien, establecer un sistema de autenticación basado en cupones con el Administrador de punto de acceso para la creación de vales, la administración de usuarios, gestión de invitados y devoluciones de pago. Estas últimas opciones, no son necesarias para esta parte del proyecto.

Software de Control UniFi

El Unifi Enterprise System incluye el Software Wi-Fi de Control UniFi. Usando el Software de Control UniFi, una red empresarial Wi-Fi se puede configurar y administrar al instante sin ningún entrenamiento especial.

- Repleto de Características - Después de que el Software de Control UniFi está instalado en un Mac o un PC, el controlador de Unifi se puede acceder a través de cualquier dispositivo con un navegador web. El controlador de Unifi permite al operador la prestación al instante miles de puntos de acceso Unifi, el mapa de las redes, de forma rápida la gestión del tráfico del sistema, y aún más las prácticas individuales de los dispositivos de Unifi AP.
- Usuarios e Invitados - Realice un seguimiento y controle el acceso de determinados usuarios o invitados conectados a la red(s).
- Actualización de Firmware Remota - Ahorra tiempo y esfuerzo actualizando los dispositivos Firmware de forma remota.
- Soporte del Portal de Invitados - Fácil personalización y opciones avanzadas para Portales de clientes, incluyendo la autenticación, las opciones de configuración de la zona activa y la capacidad de funcionar como un servidor de portal externo.
- Eventos y Alertas - UniFi hace que sea fácil de ver y definir la entrega de correos electrónicos de alertas y eventos recientes en la red(s).
- Una Red Unificada (UniFied) - La opción de crear una gran red inalámbrica a través de múltiples puntos de acceso que permite a los usuarios vagar a la perfección.
- Ahorra dinero. Ahorre Tiempo. - A diferencia de los sistemas empresariales Wi-Fi que utilizan un hardware de WiFi Switch, Unifi utiliza un cliente virtual / servidor de aplicaciones que requiere un costo cero y sin hardware adicional.

CARACTERÍSTICAS:

- Diseño - El diseño estético industrial con un único anillo LED de suministro proporciona un seguimiento de la ubicación del administrador y las alertas de cada dispositivo.
- Potente Hardware - Los dispositivos AP Unifi cuentan con lo último de tecnología Wi-Fi 802.11n (compatible con b / g / n) - Llegando a velocidades de 300 Mbps con un alcance de

180 metros.

- Controlador Intuitivo UniFi - Instalar, configurar y administrar todos sus dispositivos AP UniFi con la intuitivo y fácil interfaz de usuario del controlador de software de UniFi (ningún entrenamiento especial es necesario).
- Ampliable - Escalabilidad Ilimitada. Construya redes inalámbricas tan pequeñas o grandes como sea necesario. Comience con una (o actualice a un paquete de 3) y amplíe a miles mientras se mantiene un único sistema de gestión unificado.
- Fácil de Montar - Elegante revestimiento de diseño de pared y techo para montar (todos los accesorios incluidos).
- Power over Ethernet (PoE) - Incluye Power over Ethernet (PoE) que permite la funcionalidad de alimentación y datos para ser llevado por un único cable Ethernet al dispositivo.
- Enlaces de Subida Inalámbricos - Un cable UniFi AP de subida soporta 4 enlaces inalámbricos de bajada permitiendo la adopción de dispositivos y cambios en tiempo real en la tipología de red.
- L3 Manageability - Con L3 Manageability, el Controlador de Software UniFi se puede ejecutar en una red diferente a la que maneja el AP UniFi, lo que permite "no tocar" el aprovisionamiento del AP.
- Administración Hotspot - Todos los puntos de acceso UniFi incluyen la funcionalidad de Hotspot incluyendo:
 - Construido en apoyo a la integración de facturación utilizando las principales tarjetas de crédito a través de PayPal.
 - El soporte integrado para el bono basado en la autenticación.
 - Construida en el Administrador de punto de acceso para la creación de vales, la gestión de los huéspedes y reembolso de pago.
 - Personalización total de páginas del portal Hotspot.
- Limitación de Velocidad - Disfruta de la tasa de UniFi de limitación para su Portal de huéspedes y las ofertas de la zona activa del paquete. Aplique diferentes tipos de ancho de banda (la descarga / subida), limite el uso total de los datos y la duración límite de uso.
- Google Maps - La integración de subida de su propio diseño personalizado creado por los mapas de cobertura o configurar el mapa utilizando el built-in API de Google Maps.
- Alertas por Email - Permite la entrega de alertas de correo electrónico personalizados a su bandeja de entrada para informar sobre cualquier cambio de estado en el software de controlador de UniFi.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Inalámbrica

- Estándares Wi-Fi: 802.11 b/g/n
- Antenas: 2 x Antena Omnidireccional Externa 6 dBi, 191mm (longitud), 13mm (diámetro)
- Consumo Máximo de Energía: 4.6 Watts
- Potencia TX Máxima: 27 dBm
- BSSID: Hasta cuatro por radio
- Seguridad Inalámbrica: WEP, WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i

Velocidades Compatibles de Transferencia de Datos (Mbps)

- 802.11n @ 2.4GHz: MCS0 - MCS15 (6.5 Mbps a 300 Mbps), HT 20/40
- 802.11b @ 2.4GHz: 1, 2, 5.5, 11
- 802.11g @ 2.4GHz: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54

Gestión Avanzada del Tráfico

- VLAN: 802.1Q
- QoS Avanzado: Establecimiento de Prioridades WLAN
- Aislamiento del Tráfico de Invitados: Compatible
- WMM: Voz, vídeo, mejor esfuerzo, y fondo
- Clientes Simultáneos: 100+

Interfaz

- Puertos Ethernet: 2 x 10/100 Mbps, Auto MDX, detección automática
- Botones: Reset

Power

- Método de alimentación: Passive Power over Ethernet (12-24V)
- Fuente de Alimentación: 24V 1A del Adaptador PoE incluida
- Ahorro de Energía: Compatible

Aspectos Físicos

- Montado en: Muro/Techo (Kits incluidos)
- Dimensiones: 17 x 8 x 3 cm
- Peso: 0.54 kg
- Temperatura: -30 a 75°C (-22 a 167° F)
- Humedad: 5 - 95% Condensación

Certificaciones

- CE
- FCC
- IC

Contenido del Paquete

- 1 x Ubiquiti UniFi UAP Outdoor
- Kits de montaje del adaptador en muro o techo
- Fuente de Alimentación del Adaptador Ethernet
- CD de Instalación del Software de Control de UniFi

2.4 Necesidades de ancho de banda

Las necesidades de ancho de banda para este proyecto, está limitado por la CMT, para no interferir en la libre competencia con los operadores de servicios de Telecomunicaciones. Estas limitaciones son de 256 kbps para cada usuario y un límite horario para las zonas donde actuaremos las planteamos de 12:00 horas de la mañana a 18:00 horas de la tarde.

Para el calculo del número de usuarios de los que podemos disponer, se realiza un calculo aproximado en función del número de vehículos que pueden disponer de aparcamiento en las dos bolsas de aparcamiento, dedicadas a los visitantes, más un porcentaje de las plazas de aparcamiento de las calles escogidas para la red.

Para la primera bolsa de aparcamiento calculamos aproximadamente unas 46 plazas.

Para la segunda bolsa calculamos unas 55 plazas.

Para la calle Mateos Gago y calle del Carmen unas 10 plazas.

Para la calle Piedra y la calle Nueva unas 15 plazas.

El total de plazas de aparcamiento son unas 126 plazas poniendo una media de dos usuarios para nuestra red por vehículo, nos da 252 usuarios por 256kbps \approx 64 Mbps de ancho de banda.

La necesidad de nuestra red para visitantes necesitaría unos 64 Mbps, y a estos añadiríamos un 20% más, para población de la Villa.

Con lo que nuestras necesidades a priori estarían en torno a los 80 GB. También debemos tener en cuenta que el acceso a la red estará más saturado en los alrededores de la Plaza principal del pueblo, que en las dos calles que cruzan la Villa.

En la actualidad se esta desarrollando en la zona un plan de implantación de infraestructuras en telecomunicaciones para el desarrollo de la fibra óptica y el protocolo 4G para telefonía móvil, en la provincia, ahora mismo la fibra óptica ya está disponible.

Así que se utilizará un operador de Telecomunicaciones para la provisión de Internet a nuestra red con una línea de 100GB. Con lo que no será necesario solicitar servicio de transporte metropolitano en alta velocidad para operadores con licencia, abaratando los costes mensuales de prestación del servicio.

3. Estudio de la viabilidad técnica

Cada vez más municipios promueven el despliegue de redes inalámbricas a nivel municipal para proporciona acceso a Internet a sus ciudadanos o visitantes.

El impulso de esta conexión inalámbrica se está logrando gracias a la tecnología wifi, que permite conectar tablets, portátiles y teléfonos inteligentes a la Red.

Una de las principales ventajas de este tipo de redes es que su despliegue no requiere apenas de obra civil y una vez desplegada, favorece el desarrollo económico, social y turístico del municipio.

Además la tecnología wifi está ampliamente desarrollada y experimentada.

Sin embargo, el despliegue y explotación de una red inalámbrica promovida por un Ayuntamiento requiere cumplir una serie de obligaciones y requisitos legales y tener una estrategia clara del tipo de servicio a ofrecer y la forma de explotar ese servicio.

Debemos tener en cuenta que la CMT, limita el uso de acceso a Internet, en cuanto al uso gratuito por entrar en competencia con los Operadores de Servicio, para ello se necesita informar a la CMT, presentando la siguiente documentación:

- Descripción de la red o servicio a explotar o prestar
- Descripción de la ingeniería y diseño de la red
- Tecnologías empleadas
- Medidas de seguridad y confidencialidad a implantar en la red
- Descripción funcional de los servicios
- Oferta de servicios y su descripción comercial
- Fecha prevista de inicio de la actividad
-

Debido a que el servicio que se quiere ofrecer es de acceso a Internet limitado en alguna de sus características, para ello deberemos limitar la velocidad a 256 kbps y restringir su uso a zonas no residenciales.

Para el desarrollo del proyecto puede ser realizado por el propio Ayuntamiento en caso de disponer de recursos o a través de una empresa externa mediante licitación pública. Para el despliegue se suele contratar a una empresa especializada en telecomunicaciones, que se encargue de toda la documentación necesaria a enviar a la CMT.

Una red wifi es una red comunicaciones electrónicas que utiliza el dominio publico radioeléctrico en su modalidad de uso común. El uso común de espectro radioeléctrico es libre y, por tanto, no precisa del otorgamiento de ningún título habilitante, pero esta regulado, es decir, no puede producir interferencias a servicios de nivel superior ya que se degradan las prestaciones del servicio y no se podrían garantizar la calidad del mismo.

Las características radioeléctricas de los equipos que se utilicen deben ajustarse a las indicaciones establecidas en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).

Los niveles fijados por Recomendación Europea y por Real Decreto son coincidentes: 10w/m² para 2000 Mhz y 4,5w/m² para 900 Mhz que son las frecuencias que emplean los sistemas de telefonía móvil. Estos valores están 50 veces por debajo de los considerados nocivos.

Resumiendo este apartado tenemos que la viabilidad técnica del proyecto está mas que justificado ya que daría un mayor desarrollo turístico y económico de la Villa.

4. Estimación económica del proyecto

Concepto	Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Servidor Dell, sistema operativo, instalación	1	1.319,00 €	1.319,00 €
Firewall Cisco ASA	1	591,05 €	591,05 €
Router Cisco RV016-GS	1	401,59 €	401,59 €
SAI-UPS 2000VA	1	455,90 €	455,90 €
Antena direccional Ubiquiti	13	123,00 €	1.599,00 €
Antena Access Point Pro Ubiquiti	1	525,00 €	525,00 €
Conectores, cableado, mástiles,etc	1	1.000,00 €	1.000,00 €
Formación para personal del ayuntamiento	2	250,00 €	500,00 €
Imprevistos	1	1.000,00 €	1.000,00 €
Ejecución material	1	1.900,00 €	1.900,00 €
Diseño y viabilidad por Ingeniero	25	70,00 €	1.750,00 €
Linea Internet 1año	12	100,00 €	1.200,00 €
TOTALES			12.491,54 €

5. Recopilación de leyes vigentes al TFC

Para este proyecto describimos resumidamente las leyes que regulan las Telecomunicaciones que son la Ley 32/2003, y la que la sustituye la Ley 9/2014. Para ello describimos a grandes rasgos las mismas.

Dependiendo del tipo de servicio de acceso inalámbrico a Internet que se quiera dar, las implicaciones y requisitos legales son diferentes. En España, la CMT es el órgano que regula las condiciones legales para instalar redes wifi municipales, y la principal norma que se ha publicado para regularlo es la Circular 1/2010, de 15 de junio de 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 la Administraciones Públicas.

La prestación de un servicio de telecomunicación es una actividad de interés general liberalizada, no un servicio de titularidad pública. De esta forma, una corporación municipal, directamente o a través de un tercero, puede intervenir en el mercado de las telecomunicaciones como un agente económico más, compitiendo con el resto de operadores en la actividad de provisión al público de servicios de acceso a Internet y estableciendo y explotando redes de telecomunicaciones.

Aquí detallamos un resumen de la leyes implicadas en el desarrollo del Proyecto:

5.1 Ley 32/2003

Todo proyecto de Telecomunicaciones trae como ley principal de base en la Ley 32/2003, de 3 de Noviembre, General de Telecomunicaciones. Esta ley fue la continuación de la Ley 31/1987, de 18 de diciembre, de Ordenación de las Telecomunicaciones.

La finalidad de esta ley profundiza en las medidas implantadas en el sector y afianza la progresiva liberalización que las telecomunicaciones experimentaron en los últimos años en el país, además de introducir en ordenamiento español el paquete de directivas aprobado por la Unión Europea (Paquete Telecom).

Un breve análisis de las principales novedades introducidas son:

- La rigidez del anterior sistema de licencias y autorizaciones, desaparece, con la consiguiente simplificación de los trámites administrativos.
- Creación de un registro único de operadores dependiente de la CMT.
- Cambios en materia de control de competencia con respecto a la normativa anterior.
- La CMT regula los mercados de referencia a nivel minorista y a nivel mayorista.
- La CMT deberá analizar dichos mercados teniendo en cuenta las directrices establecidas por la Unión Europea cada 2 años.
- La CMT hará uso de las herramientas del derecho de la competencia, para la determinación de los mercados de referencia, como para la caracterización de los operadores con peso significativo en el mercado.
- Se establece como principio el derecho y la obligación de los operadores de redes públicas de negociar la interconexión mutua que garantice la prestación de servicios y su interoperabilidad.
- La CMT podrá imponer a los OPSM obligaciones de transparencia, no discriminación, separación de cuentas, acceso a recursos y control de precios, además el plazo establecido de resolución vinculante que se reduce de seis a cuatro meses.
- Se confirma con la numeración el derecho del abonado a la conservación de su número en todo tipos de redes, fijas y móviles.
- Todos los operadores estarán sujetos al régimen de obligaciones de servicio público, desaparece la categoría de servicio obligatorio, integrándose los servicios que en la antigua ley se establecían bajo

dicho concepto en la categoría de otras obligaciones de servicio público.

-En la categoría de servicio universal se añaden a los servicios ya incluidos en la antigua Ley, el acceso funcional a Internet. Las guías telefónicas pierden su gratuidad, estableciéndose su actualización cada año.

-Se establece la posibilidad de ofrecer tarifas especiales diferentes para facilitar a las personas con necesidades especiales el acceso al servicio telefónico disponible al público.

-Los operadores obligados a prestar dicho servicio, en la Ley se señala que hasta la aprobación del real decreto donde se establecerá el sistema de designación de operadores encargados de garantizar la prestación de estos servicios. Telefónica de España SA, seguirá siendo el operador obligado a prestar el servicio universal.

-Se establecerá un sistema de licitación para la prestación de dicho servicio, debiendo asumir los operadores designados una serie de obligaciones orientadas a la protección de los usuarios y a prestar sus servicios con sujeción, a los principios de igualdad, transparencia y no discriminación.

-Con relación al coste de la prestación del servicio universal, se prevé que en los casos en que la CMT entienda que la prestación del servicio universal pueda suponer una carga excesiva para el operador, se procederá a la financiación del mismo por todos los operadores. En caso que se considere necesario compensar, total o parcialmente la CMT será la encargada de determinar las aportaciones que deberá realizar cada operador. Se creará un fondo gestionado por CMT.

-Todos los operadores tendrán derecho a la ocupación del dominio público cuando sea necesario para el establecimiento de una red pública de telecomunicaciones.

-El órgano encargado de determinar cuando será necesario o no la ocupación de la propiedad para el establecimiento de dicha red será la Administración General del Estado.

- Se produce una ampliación de los derechos de los consumidores y usuarios finales:
- Resolución de controversias
- Normativa de desarrollo para la contratación de servicios.
- Derechos concretos de los abonados a los servicios de comunicaciones electrónicas.
- Limitaciones al ejercicio de derechos en determinadas circunstancias.

-En relación con la resolución de controversias entre operadores y consumidores se establece la posibilidad de que ambos se sometan al arbitrio de las juntas arbitrales de consumo.

-Se desarrollarán los derechos específicos que la Ley reconoce a los abonados y que son:

-anonimato o cancelación de datos de tráfico.

-A que sus datos de tráfico sean utilizados para fines comerciales y servicios de valor añadido previo consentimiento.

-A recibir facturas no desglosadas

-A impedir de forma sencilla y gratuita la identificación de la línea de origen en las llamadas entrantes y a rechazar las llamadas entrantes en que dicha línea no aparezca identificada.

-A no recibir llamadas automáticas sin intervención humana o mensajes de fax con fines de venta directa sin consentimiento.

-A cuanto los derechos de los consumidores y usuarios se establecen una serie de limitaciones a los mismos, como los servicios de llamadas de urgencia, en especial a través del número 112.

-Comienza la Ley la regulación de las autoridades nacionales de reglamentación haciendo una enumeración de las mismas y de las competencias que se atribuyen a cada una de ellas. Tendrán la consideración de autoridades nacionales de reglamentación.

-Una novedad es la creación de la Agencia Estatal de Radiocomunicaciones, organismo autónomo adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología que entre otras funciones tendrá las de gestión, inspección y asesoramiento sobre el dominio público radioeléctrico.

-Se introducen tasas relacionadas con los servicios de comunicaciones electrónicas:

- Tasa por tramitación de la autorización o concesión para el uso privativo del dominio publico radioeléctrico.
- Tasa por tramitación de la autorización de uso especial del dominio publico.
- Tasa por inscripción en el registro de instaladores.
- Entre las novedades se encuentra la atribución de funciones de inspección, además de al Ministerio de Ciencia y Tecnología, a la CMT y a la Agencia Estatal de Radiocomunicaciones.
- También se crean nuevos tipos de infracciones, tanto en las del tipo muy graves como en las graves, entre las cuales se encuentra el efectuar emisiones radioeléctricas que incumplan gravemente los límites de exposición establecidos en la normativa, o el incumplimiento deliberado, por parte de los operadores, de las obligaciones en materia de interceptación legal de las comunicaciones.
- Las sanciones establecidas por la comisión de infracciones se han visto notablemente incrementadas.
- Liberalización de los servicios de difusión de cable, previa autorización administrativa de la CMT o los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, dependiendo del ámbito geográfico de actuación de los operadores.
- Creación de una mesa de cooperación que integrará todos los agentes que intervengan en la instalación de infraestructura de telefonía móvil.

5.2 ley 9/2014

La ley 9/2014, de 9 de mayo, de Telecomunicaciones sustituye a la Ley 32/2003 que ha sido el marco regulador de las comunicaciones electrónicas aprobado por la Unión Europea del año 2002. La Ley 32/2003 sufrió diversas modificaciones, la última efectuada a través del real decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo, por la que se incorporaba al ordenamiento jurídico español el nuevo marco regulador europeo en materia de comunicaciones electrónicas del año 2009.

La Agenda Digital para Europa, principal instrumento para el cumplimiento de los objetivos de la Estrategia Europa 2020, persigue que para 2020 todos los europeos tengan la posibilidad de acceder a conexiones de banda ancha a una velocidad como mínimo de 30 Mbps, y que, al menos, un 50% de los hogares europeos estén abonados a conexiones de banda ancha superiores a 100Mbps. Estos objetivos han quedado incorporados a la agenda digital española, aprobada por el Gobierno en febrero de 2013.

La presente Ley persigue garantizar el cumplimiento de los objetivos de la Agenda Digital para Europa, que requiere asegurar un marco regulatorio claro y estable que fomente la inversión, proporcione seguridad jurídica y elimine las barreras que han dificultado el despliegue de redes, y un mayor grado de competencia en el mercado. Se busca recuperar la unidad de mercado y la simplificación administrativa.

Consta de ocho títulos:

El Título I, establece, entre otras cuestiones, el objeto de la Ley, que no se limita a la regulación de las comunicaciones electrónicas, sino que aborda, de forma integral, el régimen de las telecomunicaciones, lo que incluye otras cuestiones como la instalación de equipos y sistemas, la interceptación legal de las telecomunicaciones, la conservación de datos, o la evaluación de conformidad de equipos y aparatos.

La Ley excluye de su regulación los contenidos difundidos a través de servicios de comunicación audiovisual, que constituyen parte del régimen de los medios de comunicación social, y que se caracterizan por ser transmitidos en un solo sentido de forma simultánea a una multiplicidad de usuarios. Pero sí regula sus redes.

Igualmente se excluye la prestación de servicios sobre las redes de telecomunicaciones que no

consistan principalmente en el transporte de señales a través de dichas redes, pues a ellos se aplica la Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico.

El Título II, relativo al régimen general de explotación de redes y prestación de servicios, refleja la plena liberalización del sector. Los operadores garantizarán, de conformidad con lo establecido en el artículo 47, que los abonados con números del plan nacional de numeración telefónica puedan conservar, previa solicitud, los números que les hayan sido asignados, con independencia del operador que preste el servicio.

El Título III recoge las obligaciones y derechos de operadores y usuarios, incluye los preceptos relativos al servicio universal, las obligaciones de integridad y seguridad de las redes y la ampliación de los derechos de los usuarios finales, y recoge importantes novedades en relación con los derechos de los usuarios finales, y recoge importantes novedades en relación con los derechos de los operadores a la ocupación del dominio público y privado, al despliegue de redes y al acceso a infraestructuras de otros sectores. Se potencian las declaraciones responsables frente a las licencias. Se contempla la necesaria previsión de infraestructuras de comunicaciones electrónicas en zonas de urbanización.

Se refuerzan y clarifican los derechos de los usuarios, sobre todo los relacionados con la protección de datos de carácter personal y la privacidad de las personas. Se mantiene el procedimiento extrajudicial de resolución de controversias entre operadores y usuarios finales ante el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Alguno de los derechos que se le reconoce a los usuarios finales son los siguientes:

- celebrar contratos con los operadores, que han de tener un contenido mínimo.
- resolver el contrato en cualquier momento, incluso sin penalización si cambian las condiciones contractuales impuestas por el operador;
- cambiar de operador, con conservación de los números en la mayoría de los casos en el plazo máximo de un día laborable,
- desconexión de determinados servicios onerosos,
- a la continuidad del servicio, y a obtener una compensación automática por su interrupción,
- a elegir un medio de pago entre los comúnmente utilizados en el tráfico comercial.
- a la facturación detallada, clara y sin errores, pudiéndose pedir no desglosada,
- a detener el desvío automático de llamadas efectuado a su terminal por parte de un tercero,
- a impedir la identificación de su número al llamar o recibir,
- a rechazar automáticamente llamadas no identificadas,
- a un servicio de atención al cliente, gratuito, siendo los sistemas de voz sólo complementarios;
- a no recibir llamadas automáticas sin intervención humana o faxes comerciales sin haber prestado su consentimiento previo e informado de ello.
- a oponerse a recibir llamadas no deseadas con fines de comunicación comercial,
- a que se hagan anónimos o se cancelen sus datos de tráfico cuando ya no sean necesarios a los efectos de la transmisión de una comunicación,
- a figurar y a no figurar en las guías de abonados.

Se regula el servicio universal por el que se entiende el conjunto definido de servicios cuya prestación se garantiza para todos los usuarios finales con independencia de su localización geográfica, con una calidad determinada y a un precio asequible.

El Título IV se dedica a la evaluación de la conformidad de equipos y aparatos.

Regula la normalización técnica o las condiciones que deben cumplir las instalaciones.

El Título V se centra en la administración del dominio público radioeléctrico. Se introducen

medidas destinadas a evitar el uso del espectro por quienes no disponen de título habilitante para ello.

El Título VI, determina las competencias que tienen atribuidas las diferentes Autoridades Nacionales de Reglamentación. Entre ellas, destacan las de la Comisión Nacional de los Mercados y de la Competencia.

El Título VII, son Tasas en materia de telecomunicaciones.

El Título VIII, relativo a inspección y régimen sancionador refuerza las potestades inspectoras, exigiendo la colaboración de los titulares de fincas o inmuebles en los que se ubiquen instalaciones de telecomunicaciones para la identificación de los titulares de dichas instalaciones.

Las disposiciones adicionales regulan, entre otras cuestiones:

- el Consejo Asesor de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información;
- las obligaciones en materia de acceso condicional, televisión de formato ancho y obligaciones de transmisión;
- la creación de la Comisión Interministerial sobre radiofrecuencias y salud;
- regulación de la entidad pública empresarial Red.es, que cuenta, dentro de su objeto, con la gestión del registro de los nombres y direcciones de dominio de Internet bajo el código de país correspondiente a España(.es)
- la universalización de la banda ancha ultrarrápida,

Se incluyen doce disposiciones transitorias referidas a los temas siguientes:

- Servicios de la Sociedad de la Información
- Conservación de datos
- Firma electrónica
- Comunicación Audiovisual
- Colaboración con los funcionarios destinados en la Secretaria de Estado de Telecomunicaciones
- Derecho de ocupación privada

Centrado en las administraciones publicas tenemos que:

Las AAPP que quieren un servicio de telecomunicaciones deben cumplir con las condiciones que fija la Ley General de Telecomunicaciones:

- Inscribirse en el Registro de Operadores de la CMT
- Separación contable
- Operar con arreglo a los principios de neutralidad, transparencia y no discriminación.

Para el caso de que los Ayuntamientos quieran prestar un servicio wifi de forma gratuita, existen varias posibilidades:

- Dar un servicio gratuito que no afecte a la competencia:
 - Dar un servicio gratuito que no afecte a la competencia:
 - limitar el wifi a zonas que no incluyan edificios de uso residencial o mixto
 - limitar la velocidad a 256Kbps de descarga
- Si el servicio sobrepasa los dos limites anteriores:
 - Dar el servicio de forma promocional y por un tiempo limitado(previo consentimiento de la CMT).
 - Financiar el wifi mediante patrocinios o publicidad
 - Limitar el acceso a webs de AAPP, para la realización de tramites.

5.3 Circular 1/2010

Primero. Objeto

La presente Circular tiene por objeto establecer las condiciones para la explotación de redes y la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas por las Administraciones Públicas

Segundo.

Obligación de inscripción registral para la explotación de redes públicas y prestación de servicios de comunicaciones electrónicas disponibles al público por las Administraciones Públicas.

Tercero.

Se considera autoprestación y, por lo tanto, no será necesario llevar a cabo la notificación prevista en el artículo 6.2 de la Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, la explotación de redes y la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas por una Administración Pública para la satisfacción de sus necesidades.

Cuarto. Principios generales de actuación

Una Administración Pública que pretenda explotar redes públicas o prestar servicios de comunicaciones electrónicas disponibles para el público deberá actuar de conformidad con el principio del inversor privado en una economía de mercado.

Quinto. Concepto de inversor privado en una economía de mercado

Se entiende por inversor privado en una economía de mercado aquél que realiza una actividad económica de acuerdo con los parámetros de cualquier operador con intereses comerciales, financiando su actividad en condiciones de mercado de forma que los ingresos superen los costes en los que se incurre para su prestación, incluyendo el beneficio por su actividad.

Sexto. Financiación mediante publicidad o patrocinio

Se entenderá también que la Administración Pública actúa conforme al principio del inversor privado en una economía de mercado cuando financie su actividad de explotación de redes públicas o prestación de servicios de comunicaciones electrónicas disponibles para el público mediante recursos obtenidos a través de la publicidad o el patrocinio, siempre que el precio de éstos esté orientado al mercado de forma que sea asimilable al precio que se paga por ellos en otras plataformas equivalentes.

Séptimo. Separación de cuentas

A efectos de la comprobación del cumplimiento de la obligación de separación de cuentas, las Administraciones Públicas deberán remitir a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones en el primer trimestre de cada año las cuentas separadas correspondientes a sus actividades de telecomunicaciones disponibles al público realizadas en el año anterior, salvo las relativas a las actividades recogidas en el Anexo de esta Circular que sólo deberán ser presentadas a requerimiento de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones.

Octavo.

Condiciones aplicables a la explotación de redes o la prestación de servicios con contraprestación económica por debajo del coste con carácter transitorio en proyectos elaborados conforme al principio del inversor privado.

Noveno.

Comunicación a la Comisión Europea cuando la Administración Pública pretenda no actuar como un inversor privado.

Décimo.

Notificación y comunicación a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones de la explotación de redes públicas y prestación de servicios de comunicaciones electrónicas disponibles al público por las Administraciones Públicas cuando no actúen como un inversor privado.

Undécimo.

Explotación de redes y prestación de servicios de comunicaciones electrónicas disponibles para el público que no afecten a la libre competencia.

Duodécimo. Régimen sancionador

El incumplimiento de las disposiciones de la presente Circular será sancionable de conformidad con lo previsto en la Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones y demás normativa aplicable en materia sancionadora.

Anexo

Explotación de redes y prestación de servicios de comunicaciones electrónicas que no afectan a la competencia

Se entiende que no afectan a la competencia los siguientes servicios:

- 1.- El servicio de acceso a Internet limitado a las páginas web de las Administraciones que tengan competencias en el ámbito territorial en que se preste este servicio.
- 2.- Servicio general de acceso a Internet en bibliotecas en tanto que resulte indispensable para cumplir sus fines y siempre que los usuarios acrediten su vinculación con el servicio mediante algún documento que permita su identificación.
- 3.- Servicio general de acceso a Internet en centros de fomento de actividades docentes o educativo-culturales no incluidos en el artículo tercero de esta Circular, en tanto que resulte indispensable para cumplir sus fines y siempre que los usuarios acrediten su vinculación con el servicio mediante algún documento que permita su identificación.
- 4.- La explotación de redes inalámbricas que utilizan bandas de uso común y la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas disponibles para el público a través de las mismas siempre que la cobertura de la red excluya los edificios y conjuntos de edificios de uso residencial o mixto y se limite la velocidad red-usuario a 256 Kbps.

PARTE III: DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA RED

Diseño e implementación de la red

Ahora pasamos a detallar el diseño que escogeremos para la red. Nuestra red está basada en la tecnología inalámbrica wifi, la cual describimos brevemente:

1 Estándar wifi

El IEEE se considera el “Ethernet inalámbrico”. El estándar original IEEE 802.11 fue lanzado en 1997 especifica CSMA/CA como método de acceso al medio. IEEE especifica tasas de datos de 1 y 2 Mbps, transmitidas a 2.4 Ghz.

Este estándar para redes LAN inalámbricas incluye una serie de enmiendas, estas contemplan principalmente las técnicas de modulación, gama de frecuencia y la calidad del servicio(QoS). Todos los estándares 802 del IEEE cubren las primeras dos capas del modelo OSI, osea la capa física y la de enlace.

En la capa física se encarga principalmente de la modulación y codificación de datos. La idea básica detrás de las diversas técnicas de modulación es utilizar más ancho de banda del mínimo necesario para mandar un bit a fin de conseguir protección contra la interferencia. La manera de esparcir la información conduce a diversas técnicas de modulación, como FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum) y OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

Los estándares 802.11b y 802.11g usan la banda de los 2,4GHz ISM(Industrial, Científica y Medica) definida por la UIT. Los limites exactos de esta banda dependen de las regulaciones de cada país, pero el intervalo más comúnmente aceptado es de 2.400 a 2.483,5MHz.

La banda sin licencia de los 2.4Ghz se volvió muy ruidoso en áreas urbanas, debido a la alta penetración de las WLAN y otros dispositivos que utilizan el mismo rango de frecuencia, tal como hornos de microondas, teléfonos inalámbricos y dispositivos Bluetooth. La banda de los 5 Ghz tiene menores interferencias, pero presenta otros problemas como que son sensibles al agua, a los edificios circundantes u otros objetos, debido a la alta absorción en este rango. Así una red 802.11a es más restrictiva en cuanto a la línea vista y se requieren más puntos de acceso para cubrir la misma área que una red 802.11b.

En cuanto a la capa de enlace, esta se compone de dos partes:

-Control de acceso al medio (MAC)

-Control lógico del enlace (LLC)

La subcapa LLC de 802.11 es idéntica a la de 802.2 permitiendo una compatibilidad con cualquier otra red 802, mientras que la subcapa MAC presenta cambios sustanciales para adecuarla al medio inalámbrico. La subcapa MAC es común para varios de los estándares 802.11.

El protocolo de acceso al medio en redes Ethernet cableadas es el CSMA/CD, basado en la detección de colisiones y la subsiguiente retransmisión cuando estas ocurren. En redes inalámbricas que utilizan la misma frecuencia para transmitir y recibir, es imposible detectar las colisiones en el medio, por lo que el mecanismo de compartición del medio se modifica tratando de limitar las colisiones y usando acuse de recibo (ACK) para indicar la recepción. Si el transmisor no recibe el ACK dentro de un tiempo preestablecido, vuelve a reenviar, este protocolo se conoce como CSMA/CA, donde se evita las colisiones pero no es tan eficiente como el CSMA/CD porque hay que esperar el ACK antes de poder continuar utilizando el canal, y el mismo ACK consume tiempo

de transmisión.

Para transmisiones a grandes distancias el tiempo de espera por el ACK puede ser significativo debido a que las ondas de radio tardan 2ms en ir y volver a una distancia de unos 300km.

El acceso al medio es controlado por el uso de diversos tipos de interframe spaces (IFS) o espacio entre tramas, que corresponde a los intervalos de tiempo que una estación necesita esperar antes de enviar datos. Los datos prioritarios como paquetes de ACKs o de RTS/CTS esperarán un periodo más corto(SIFS) que el tráfico normal.

Diferentes estándares IEEE

-IEEE 802.11b

Mejoras del estándar original 802.11 para el soporte de tasas de transmisión más elevadas (5,5 y 11 Mbit/s). IEEE 802.11b usa el mismo método de acceso y la misma técnica DSSS definidas en el estándar IEEE802.11 original. Un dispositivo basado en IEEE802.11b puede transmitir hasta 11Mbit/s, y reducirá automáticamente su tasa de transmisión cuando el receptor empiece a detectar errores, sea debido a la interferencia o a la atenuación del canal, cayendo a 5,5 Mbit/s, después a 2, hasta llegar a 1 Mbit/s, cuando el canal sea muy ruidoso.

-IEEE 802.11a

Funciona en la banda de los 5 Ghz y utiliza OFDM, técnica de modulación que le permite una tasa máxima de 54 Mbits/s. Usando la selección adaptativa de velocidad, la tasa de datos cae a 48, 36, 24, 18, 12, 9 y 6 Mbit/s a medida que experimenta dificultades en la recepción. La frecuencia de 5 Ghz introduce mayor atenuación en la transmisión en exteriores y tiene menor alcance que 2,4GHz.

-IEEE 802.11g

Usa la misma técnica de modulación que el 802.11a(OFDM) por lo tanto funciona con una tasa máxima de transferencia de datos de 54 Mbit/s. Para asegurar la interoperabilidad con el 802.11b, en las tasas de datos de los 5,5 y los 11 Mbps se revierte a CCK+DSSS y usa DBPSK/DQPSK + DSSS para tasas de transferencias de 1 y 2 Mbps.

La interoperabilidad 802.11g con 802.11b es una de las razones principales de su masiva aceptación pero sufre el mismo problema con respecto a interferencia (demasiados puntos de accesos urbanos) puesto que funcionan en la misma banda de frecuencia.

-IEEE 802.11s

Estándar en desarrollo para redes Wi-Fi malladas o Mesh. La malla es una topología de red en la que cada nodo está conectado a uno o más nodos. De este modo los mensajes pueden llevarse por diferentes caminos.

802.11s pretende responder a la fuerte demanda de infraestructura WLAN móviles con un protocolo para la autoconfiguración de rutas entre puntos de acceso mediante topología multisalto. Dicha topología constituye un WDS (Wireless Distribution System) que deberá soportar tráfico unicast, multicast y broadcast. Para ello se realizan modificaciones en las capas PHY y MAC de 802.11 y se sustituye la especificación BSS(Basic Service Set) actual por una más compleja conocida como ESS (Extend Service Set).

-IEEE 802.11n

Este estándar alcanza una tasa teórica de 540 Mbit/s, aprovecha muchas enmiendas de los protocolos anteriores, la gran diferencia es la introducción del concepto de MIMO (Multiple Input, Multiple Output). MIMO implica utilizar varios transmisores y múltiples receptores para aumentar la tasa de transferencia y el alcance.

Cuando una señal de radio es enviada por aire, puede alcanzar al receptor a través de diferentes trayectos. El receptor recibe primero la señal directa de línea de vista y un tiempo después, ecos y fragmentos de la señal que ha sido reflejada en edificios o en otros obstáculos. Normalmente, los ecos y fragmentos son vistos como ruido de la señal buscada, pero MIMO es capaz de usar esa

información proveniente de trayectos indirectos para mejorar la señal principal. Esto resulta en una señal más limpia y alcance mayor. Inclusive, a distancias cortas, es posible la transmisión aun cuando la línea de vista esté bloqueada, esto se conoce como transmisión sin línea de vista (NLOS:Non Line of Sight).

MIMO incluye el uso de muchos transmisores para la misma secuencia de datos, de ahí la llamada multiplexación por división espacial (SDM). Un conjunto de secuencias de datos independientes se envía dentro de un mismo canal, aumentando así el rendimiento de la transmisión en proporción al número de secuencias empleadas.

-IEEE 802.11e

Este estándar soporta tráfico en tiempo real en todo entorno y situaciones. Su objetivo es introducir nuevos mecanismos a nivel de la capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de QoS, por lo que es de importancia crítica para aplicaciones sensibles a retrasos temporales como la VoIP y el streaming multimedia.

IEEE802.11e emplea una técnica llamada HCF(Hybrid Coordination Function), que define dos formas de acceder al canal, EDCA y HCCA, cada una de las cuales puede llevar asociadas varias clases de tráfico.

-IEEE 802.11i

Este estándar está desarrollado para mejorar la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación, especialmente WEP. El estándar abarca los protocolos 802.1x, TKIP(Protocolo de Claves Integra-Seguras-Temporales), y AES(Estándar de Cifrado Avanzado).Se implementa un subconjunto de este estándar en WPA y totalmente WPA2.

IEEE802.11 es un protocolo para LAN inalámbrica que fue diseñado para operar hasta 100 metros. En la fase de diseño nunca fue considerado rendimiento pobre en enlaces a distancias largas.

El método de acceso en IEEE802.11(CSMA/CA) supone que todos los nodos que se están comunicando con el punto de acceso pueden oírse entre sí y se basa en esto para evitar colisiones.

Las colisiones en IEEE 802.11 pueden ser evitadas si todos los nodos pueden detectar con eficacia si se ocupa el canal o no. Cuando más de 20 estaciones están asociadas al mismo punto de acceso y la tasa de colisiones aumenta, los tiempos de acceso al medio y las retransmisiones introducen demoras considerables que disminuyen el rendimiento efectivo. IEEE802.11 funciona mal cuando muchos usuarios son asociados a un punto de acceso en un ambiente exterior. Se soluciona con la reserva de ancho de banda.

IEEE802.11 tiene un canal fijo de ancho de banda de 20MHz, la posibilidad de escoger diferentes anchos de banda permite la reutilización de frecuencias y un mejor planteamiento de celdas.

Mientras que el número de canales sin solaparse en IEEE802.11b es de 3 y 5 en IEEE802.11a.

En cuanto la eficiencia espectral, IEEE 802.11 puede proveer un máximo de 2,4 bps/Hz, en 20 Mhz implica un máximo de 54 Mbps.

IEEE802.11 incluye calidad de servicio conocida como “Wireless Multimedia, WMM”.

2. Tipos de antenas wi-fi:

Existen actualmente tres tipos de antenas Wi-Fi:

-Antenas Direccionales: Estas orientan la señal en una dirección muy determinada con un haz estrecho pero de largo alcance, actúa de forma parecida a un foco de luz que emite un haz concreto y estrecho pero de forma intensa y con mayor alcance.

Generalmente tenemos que el haz o apertura es inversamente proporcional al alcance, esto es a que

a mayor apertura menos alcance y a menor apertura más alcance. El alcance de una antena direccional viene determinado por una combinación de los dBi de ganancia de la antena, la potencia de emisión del punto de acceso emisor y la sensibilidad de recepción del punto de acceso receptor. Dentro de las antenas direccionales podemos distinguir varios tipos, de menor a mayor apertura serían:

- Parabólicas (disco o rejilla), con estas se consigue el mayor alcance, pueden llegar a los 5 Km de distancia.



Figura.23 Antena parabólica

- Yagis son similares a las antenas de televisión también tiene gran alcance y no es tan complejo orientarlas.

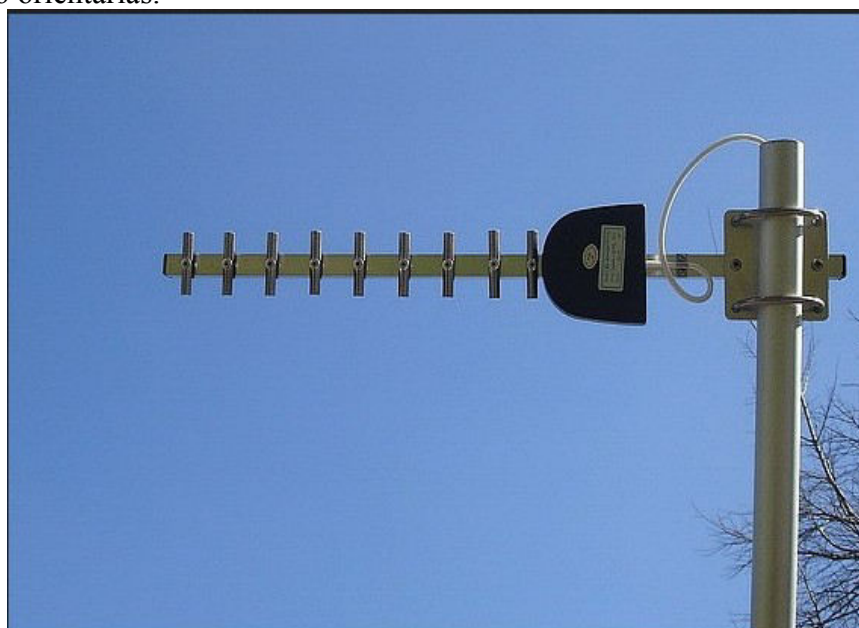


Figura.24 Antena Yagi

- Planares o Paneles, estas aunque no tienen tanto alcance, pero es mucho más fácil orientarlas y además no son tan voluminosas como las anteriores, por lo que su instalación es muy sencilla.



Figura.25 Antena planar

- Antenas Omnidireccionales: Orientan la señal en todas las direcciones con un haz amplio pero de corto alcance. Si una antena direccional sería como un foco, una antena omnidireccional sería como una bombilla emitiendo luz en todas direcciones con menor alcance. Las antenas Omnidireccionales envían la información teóricamente a los 360 grados por lo que es posible establecer comunicación independientemente del punto en el que se esté, ya que no requieren orientarlas. Pero en el alcance estas son menores de antenas direccionales.



Figura. 26 Antena Omnidireccionales

- Antenas Sectoriales: Son la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. De igual modo, su alcance es mayor que una omnidireccional y menor que una direccional. Para tener una cobertura de 360° (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional) deberemos instalar, tres antenas sectoriales

de 120° o 4 antenas sectoriales de 80°. Este sistema de 360° con sectoriales se denomina “Array”. Las antenas sectoriales suelen ser más costosas que las antenas direccionales u omnidireccionales.



Figura. 27 Antena sectorial

3. Tipos de Enlaces

Los dispositivos de una red pueden trabajar bajo los siguientes esquemas de conectividad:
Esquemas de conectividad:

- Enlaces punto a punto (ptp)
- Enlaces punto a multipunto (pntp)
- Enlaces punto de repeticion
- Enlaces punto de cobertura local
- Redes privadas wifi.

ENLACES PUNTO A PUNTO (PTP)

Las redes punto a punto se aplican para un tipo de arquitectura de red específica, en la que cada canal de datos se usa para comunicar únicamente dos nodos. Los dispositivos AP Y CPE que ofrecemos soportan el modo de punto de acceso y de modo de estación o transmisión, por lo tanto una conexión punto a punto puede ser creada a partir de AP y CPE o del 2 CPE o del 2 de AP, de acuerdo al diseño de red. La configuración mas simple de una conexión punto a punto, es utilizando dos CPE debido a que cuentan con antenas direccionales integradas.



Figura. 28 Enlace punto a punto

ENLACES PUNTO A MULTIPUNTO (PMTP)

El enlace punto a multipunto se refiere a la comunicación que se logra a través de un específico y distinto tipo de conexión multipunto, ofreciendo varias rutas desde una única ubicación a varios lugares. Punto a multipunto es a menudo abreviado como P2MP, PTMP, o PMP.

El punto a multipunto de telecomunicaciones más típico, utilizado en conexión inalámbrica a Internet y la telefonía a través de radiofrecuencias de giga hercios. Los sistemas P2MP han sido diseñados tanto como sistemas únicos como bi-direccionales. Una antena o antenas que reciben las emisiones de varias antenas y el sistema utiliza una forma de multiplexación por división del tiempo para permitir el regreso de canales de tráfico.

Tipos

Hay diferentes tipos de conexiones punto a multipunto:

- *Estrella*: Un host conectado a varias terminales remotas.
- *Bus*: Un medio de comunicación común conectado a muchas estaciones remotas.
- *Anillo*: Todas las terminales conectadas a un mismo cable. Si una falla hay problemas con todas.
- *Malla*: Es el tipo de conexión utilizado en las centrales telefónicas. Todas las terminales interconectadas entre si.

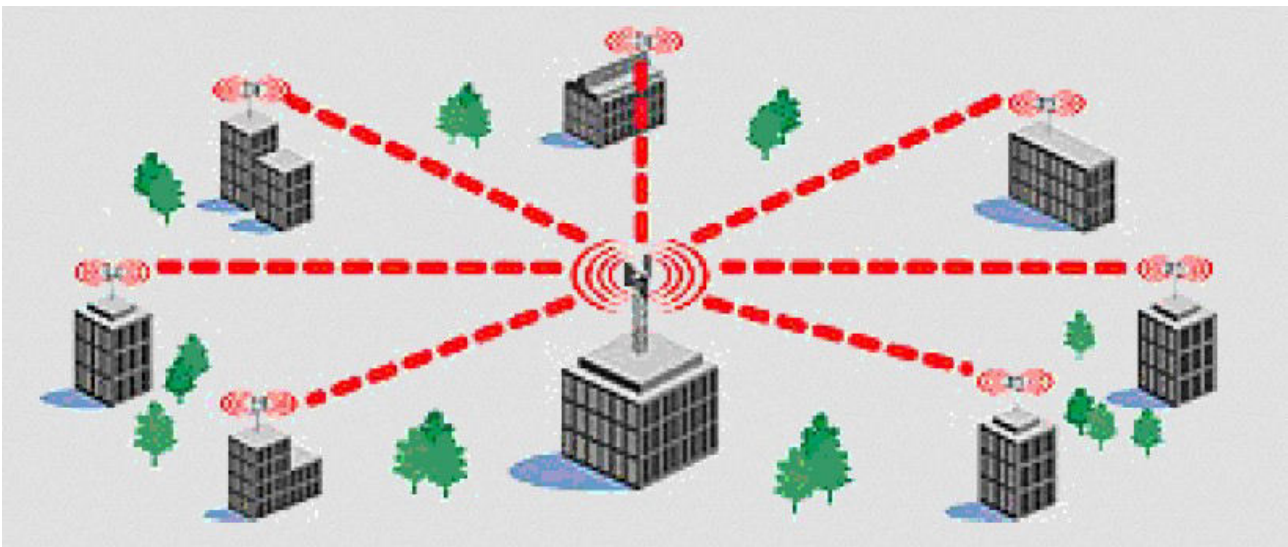


Figura. 29 Enlace punto a multipunto

ENLACES PUNTO DE REPETICION

Un repetidor técnicamente trabaja como una estación y un punto de acceso al mismo tiempo, se utiliza para extender la zona inalámbrica tomando la señal de una base de punto de acceso y transmitirla a las áreas no cubiertas. Este tipo de cobertura puede incrementarse sin una puerta de enlace adicional. El repetidor usualmente requiere una antena omnidireccional y puede ser móvil. Esta solución puede ser para interiores y exteriores. La red extendida puede tener la misma o diferente configuración de seguridad que la base AP.

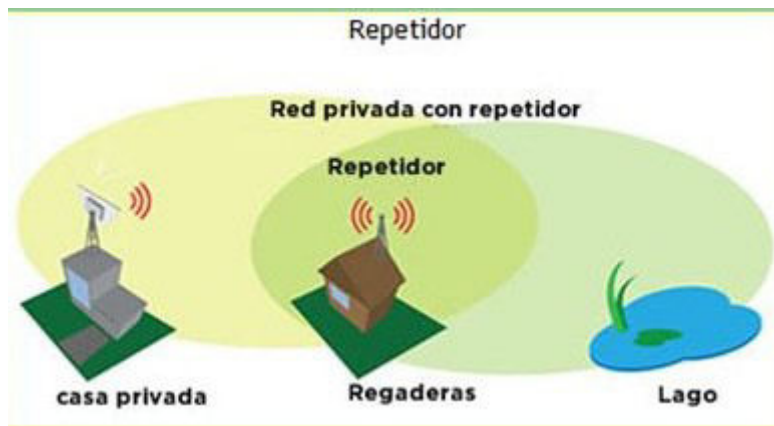


Figura.30 Enlace repetidor

ENLACES PUNTO DE COBERTURA LOCAL

Este tipo de enlace son las redes Wimax, WIFI, Microondas, empresariales o metropolitanas que permiten crear fácilmente redes de zonas de cobertura, en bandas licenciadas y no licenciadas como 2.4 Ghz y 5Ghz. El estándar IEEE 802.11n permite alcanzar una gran salida de datos para usuarios

como una laptop, Smartphone o tablet y es compatible con cualquier cliente con equipo (basado en IEEE 802.11a/b/g). Las zonas de cobertura pueden ser creadas en interiores y exteriores. Las áreas de cobertura VLAN son muy populares en las estaciones petroleras, tiendas, bares, restaurantes, lugares públicos y otros.



Figura. 31 Enlace de cobertura

REDES PRIVADAS WIFI

Esta red permite utilizar radios virtuales (VSSID) y las VLAN's, esto permite crear varias redes virtuales en un solo equipo físico. Esta es una solución muy efectiva por que requiere menos equipo, menos instalación, menos mantenimiento, y provee internet a varios tipos de usuarios al mismo tiempo.

Por ejemplo. En un hospital un SSID es destinado para los empleados, otro SSID para los pacientes y visitantes. Ambas redes están aisladas a través de los mismos recursos físicos de la red WIFI.

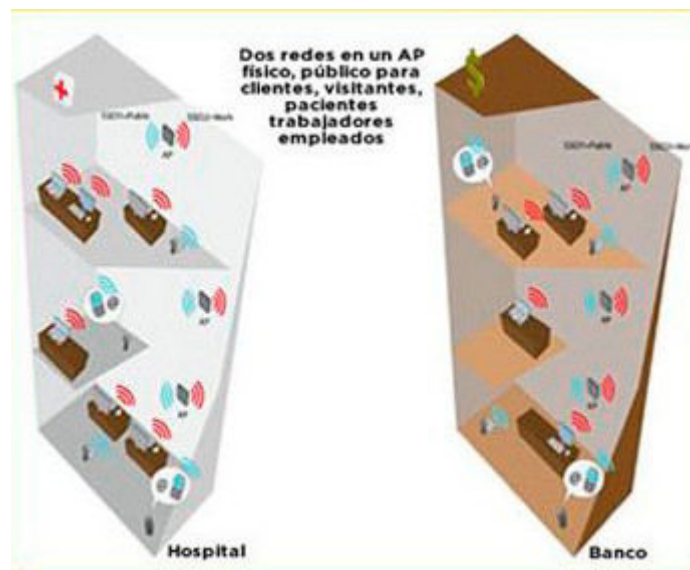


Figura. 32 Red wifi privada

4. Topología de la red

La Topología de la red se compone de un punto de acceso desde el Ayuntamiento, que se encuentra ubicado en la Plaza principal del pueblo, donde ubicamos los equipos para controlar la red, desde donde se encuentra el acceso al servicio de Internet por el proveedor de servicios.

Tenemos ubicado aquí el servidor, el router, el firewall y de un SAI para disponer de seguridad ante fallos de suministro de electricidad.

Utilizamos un sistema de antenas de Ubiquiti, que nos proporciona con sus capacidades basadas en software permite escalabilidad ilimitada.

La instalación de antenas Plug and Play y el manejo intuitivo reduce la necesidad de recursos de personal TI dedicado.

Las antenas tienen un alcance de hasta 183 metros, además soporta simultaneamiento de doble banda Wi-Fi, hasta 300 Mbps, MIMO 2x2 para la banda de 5 Ghz y hasta 450 Mbps, MIMO 3x3 para la banda de 2,4 Ghz.

Creando una gran red inalámbrica a través de múltiples puntos de acceso para que los usuarios puedan moverse sin problemas y mantener la conexión, cambiando a la AP más cercano.



Figura. 33 Antena Ubiquiti Exterior

4.1 Diseño de la red

Desde el punto de acceso, damos acceso a las antenas 1, 2, 3, 4 y 7. Desde la antena 3 damos servicio a las antenas 5 y 6. Desde la antena 7 a las antenas 8 y 9. Y desde la antena 10 damos servicio a las antenas 11, 12 y 13.

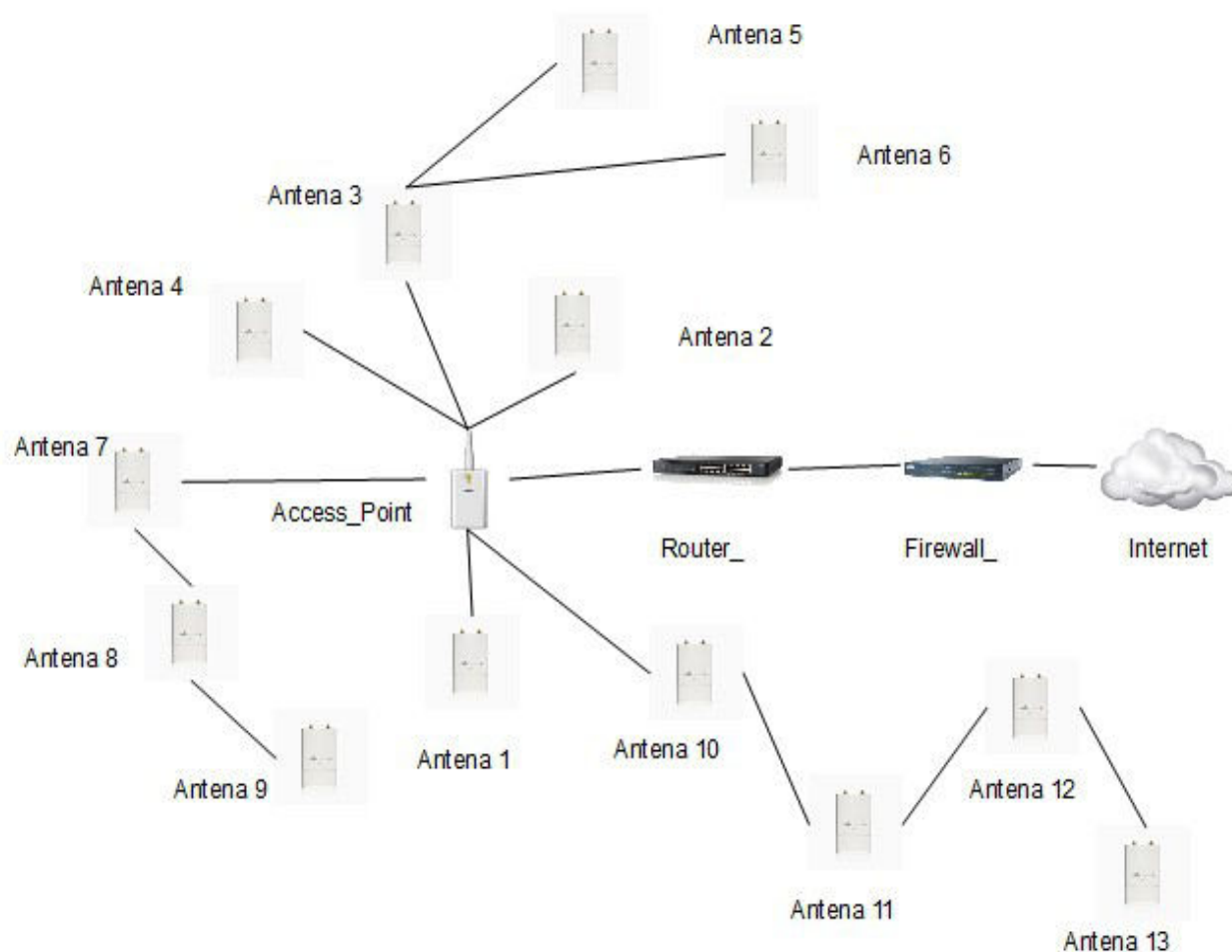


Figura 34. Diseño de red

4.2 Ubicación de los equipos

Para la ubicación de los equipos y comprobar la cobertura de la zona de implantación de antenas, hemos seleccionado un software gratuito llamado Radio Mobile, en la versión online, describiremos brevemente sus características y funciones.

Radio Mobile es un programa de simulación de radio propagación gratuito desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas de radio, simular radio enlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones.

El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20MHz y 20GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo de Longley-Rice.

Radio Mobile utiliza los datos de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3D y animaciones de vuelo.

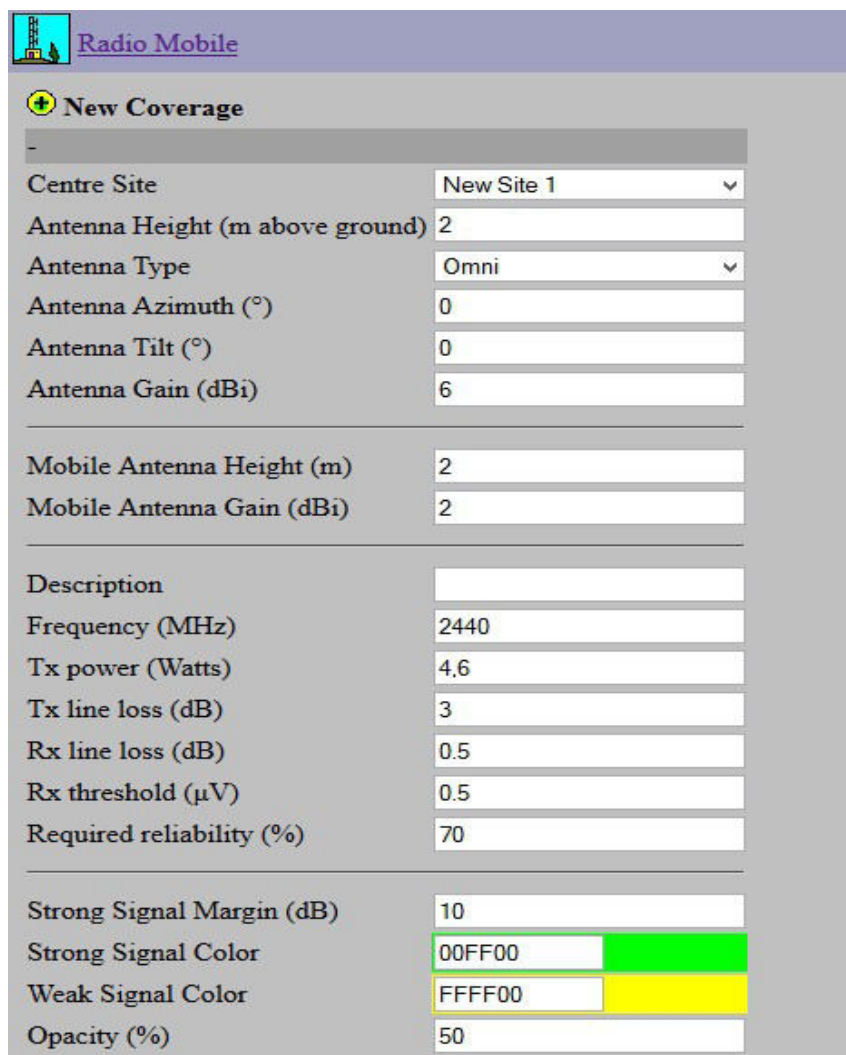
Los datos de elevación se pueden obtener de diversas fuentes, entre ellas del proyecto de la NASA *Shuttle Terrain Radar Mapping Mision* (SRTM) que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (100m).

Los mapas con información de elevaciones pueden ser superpuestos a imágenes con mapas topográficos, mapas de carreteras o imágenes satélite.

Debido a la topología de la red, realizamos mediciones de cobertura wifi en varios puntos de la red, para ver la cobertura de la zona. Hemos escogido el Acces Point del Ayuntamiento y las dos antenas más alejadas de la red.

Utilizamos la versión online del programa, que por defecto utiliza Google Earth para coger los datos de la elevación del terreno y de mapas.

El procedimiento que seguimos es el de seleccionar la ubicación de la antena y adjuntamos las características técnicas de la antena que vamos a instalar, con su ubicación.



Radio Mobile	
New Coverage	
Centre Site	New Site 1
Antenna Height (m above ground)	2
Antenna Type	Omni
Antenna Azimuth (°)	0
Antenna Tilt (°)	0
Antenna Gain (dBi)	6
Mobile Antenna Height (m)	2
Mobile Antenna Gain (dBi)	2
Description	
Frequency (MHz)	2440
Tx power (Watts)	4.6
Tx line loss (dB)	3
Rx line loss (dB)	0.5
Rx threshold (µV)	0.5
Required reliability (%)	70
Strong Signal Margin (dB)	10
Strong Signal Color	00FF00
Weak Signal Color	FFFF00
Opacity (%)	50

Figura.35 Selección de ubicación de antena

En la antena 6 la cobertura es mayor debido a la caída natural que tiene Grazelema de Oeste a Este, que en la ubicación de esta antena, que esta en la curva de acceso al pueblo, hay una caída de unos 20 metros, sobre un pequeño valle. Por eso este mayor alcance para esta antena.

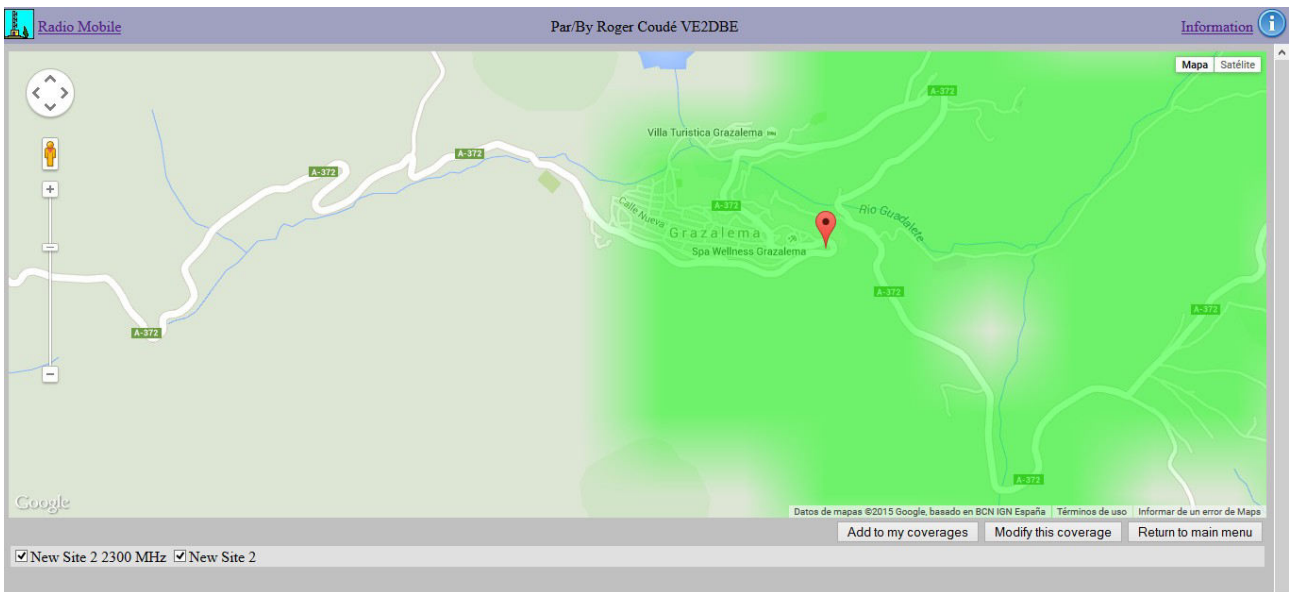


Figura.36 Antena 6

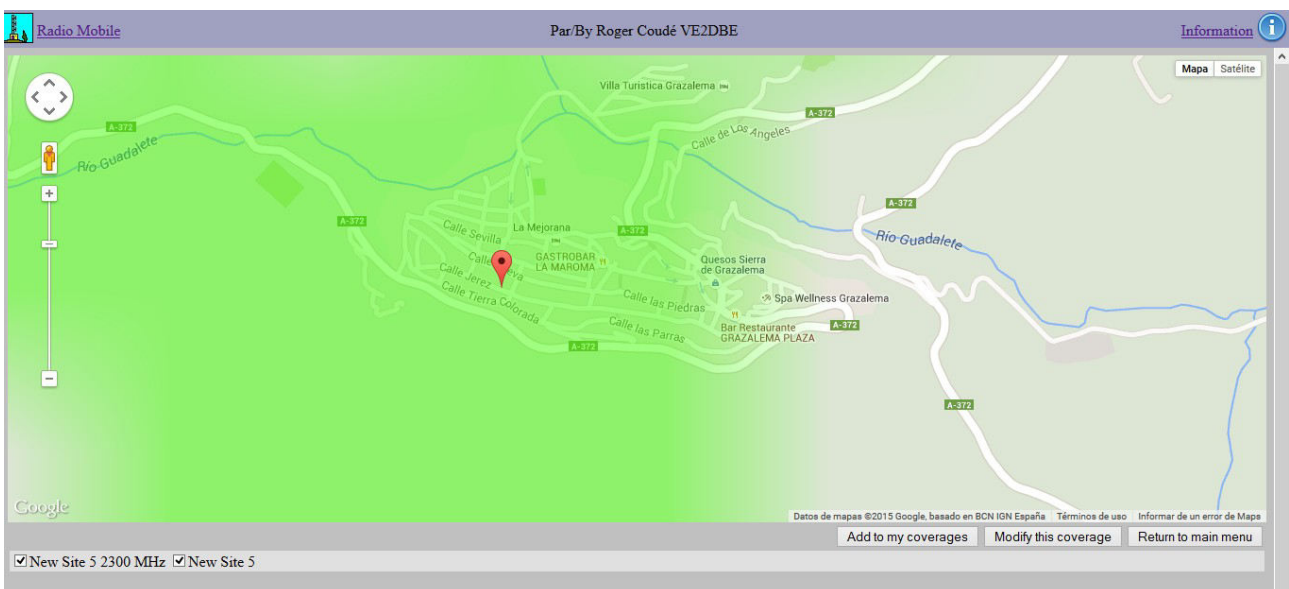


Figura. 37 Antena 9

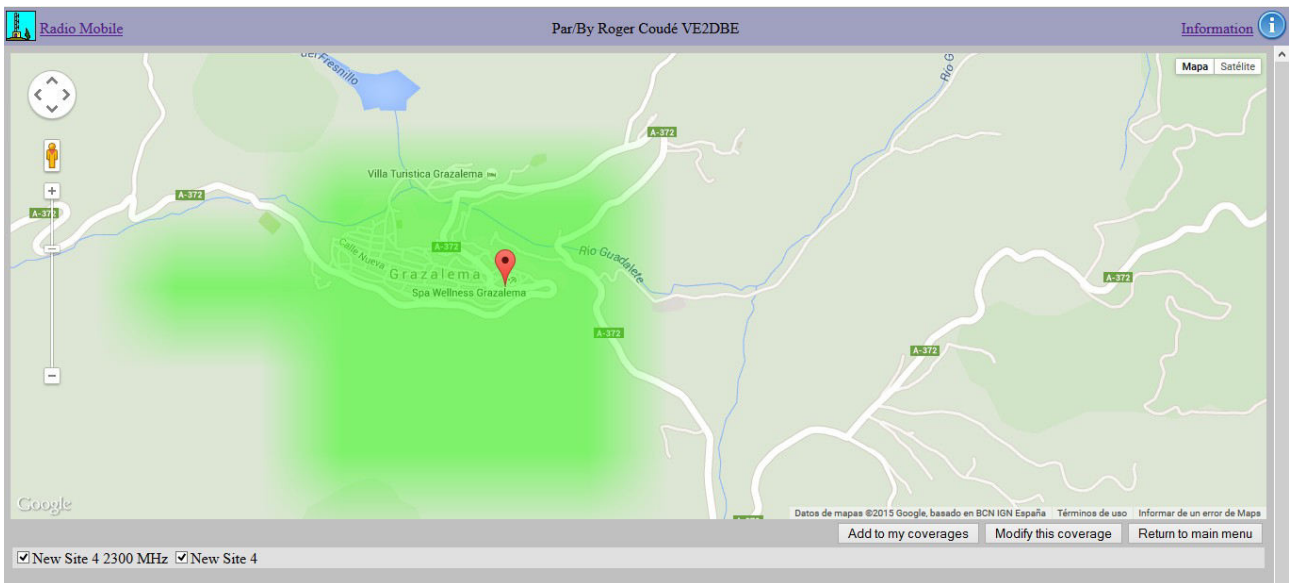


Figura.38 Punto de Acceso del Ayuntamiento.

La antena ubicada en el Ayuntamiento cubre ampliamente el alcance a todo el municipio, hasta los alrededores que permiten la cadena montañosa que la rodea.

Una vez asignados todos los datos al programa, vemos que la cobertura de las antenas cubren ampliamente el área asignado.

De todas formas una vez que toda la instalación este montada y en funcionamiento, se realizaran pruebas para comprobar que la cobertura de los equipos cumplen con el objetivo marcado.

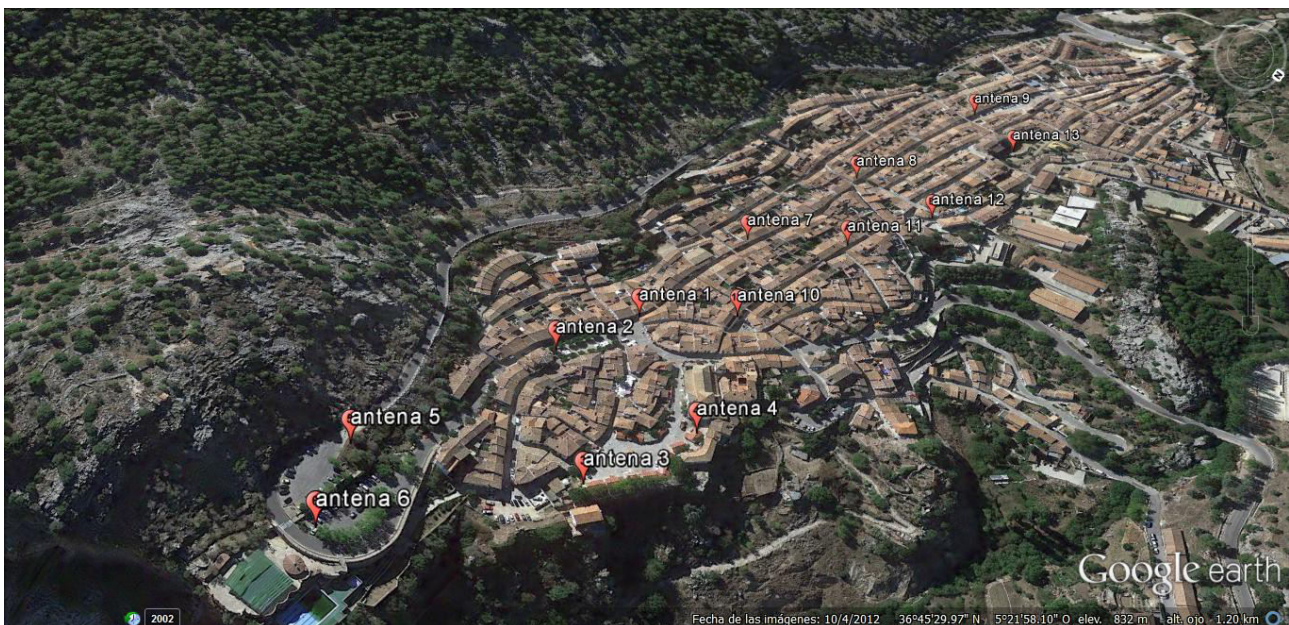


Figura. 39 Ubicación de antenas

PARTE IV: CONCLUSIONES

1. Conclusiones:

- La realización de este proyecto se ha basado en la implantación de una red de acceso a Internet por Wi-Fi, para una Villa de poco más de 2000 habitantes.
- El principal objetivo que persigue este proyecto es la de ofrecer un servicio mas al turista o visitante, que actualmente es el motor económico de desarrollo de la comarca.
- El proyecto siempre ha quedado acotado a la implantación de una red Wi-Fi dentro de los límites del pueblo, sin poder ampliar a otras zonas de interés, mediante enlaces punto a punto Wimax, debido a que Grazalema se encuentra enclavada en el corazón del Parque Natural de su nombre, y cualquier actuación dentro de este, queda muy limitado por la Gestora del mismo, actualmente competencia de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- El proyecto siempre ha tenido presente que esta desarrollado bajo un presupuesto económico limitado.
- La implantación de esta red Wi-Fi, en la arquitectura del pueblo, supone un bajo impacto visual y de ejecución de obras, debido a los diseños actuales en esta tecnología.
- El diseño de este proyecto se ha intentado ser lo más fiable posible, al contexto donde se enmarcaba.