CAPÍTULO 1.
INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se muestra la organización de la memoria del proyecto con el desglose de los diversos capítulos, así como la motivación del presente proyecto.

1.1. Estructura de la memoria.

La memoria se ha estructurado de la siguiente forma:

- **Capítulo 1: Introducción.**
  El presente capítulo donde se introduce el proyecto y se explica cómo se distribuye la memoria.
- **Capítulo 2: Radiopropagación en redes de sensores wireless.**
  En este capítulo se comentan aspectos de radiopropagación que sirven de base para entender el estudio de planificación radio para la red de sensores.
- **Capítulo 3: Radio Mobile.**
  Se habla del programa utilizado para simular los radioenlaces en este proyecto y poder realizar la planificación radioeléctrica de la red. Se incluye un breve manual del mismo.
- **Capítulo 4: Waspmote 868 MHz.**
  En esta parte de la memoria se trata la tecnología elegida para los nodos de la red y las características más destacables de dichos nodos.
- **Capítulo 5: Estudio de planificación de la red.**
  Planificación radioeléctrica de la red y descripción de la topología de la misma.
- **Capítulo 6: Diseño del nivel de red y programación de los Waspmotes.**
  En este capítulo se explica cómo se ha diseñado el nivel de red que permite comunicación entre cualquiera de los nodos con la Oficina Central y cómo se han programado los Waspmotes.
- **Capítulo 7: La librería Qt.**
  Se explica la librería utilizada para desarrollar Waspmonitor, el programa que hace de interfaz entre el nodo de la Oficina, que recoge todos los datos de los demás, y el PC, que muestra y almacena los mensajes recibidos.
- **Capítulo 8: Waspmonitor.**
  Se describe el funcionamiento del programa Waspmonitor utilizado para monitorizar las pruebas de campo de este proyecto y se explica cómo se ha programado.
- **Capítulo 9: Pruebas y conclusiones.**
  Pruebas realizadas sobre la red y conclusiones del proyecto.

1.2. Motivación del proyecto.

Una parte del Canal del Bajo Guadalquivir, gestionada por la Comunidad de Regantes del Bajo Guadalquivir, dispone de un SCADA (Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos) que recibe medidas desde almenaras y los caudalímetros distribuidos a lo largo del canal y les envía órdenes a distancia para actuar sobre los PLC (Controladores Lógicos Programables) que controlan los motores de apertura y cierre de compuertas.

La parte del canal gestionada por esta comunidad, va desde El Cuenco hasta el Embalse de Melendo. La longitud total es de 121.6 Km, aproximadamente.

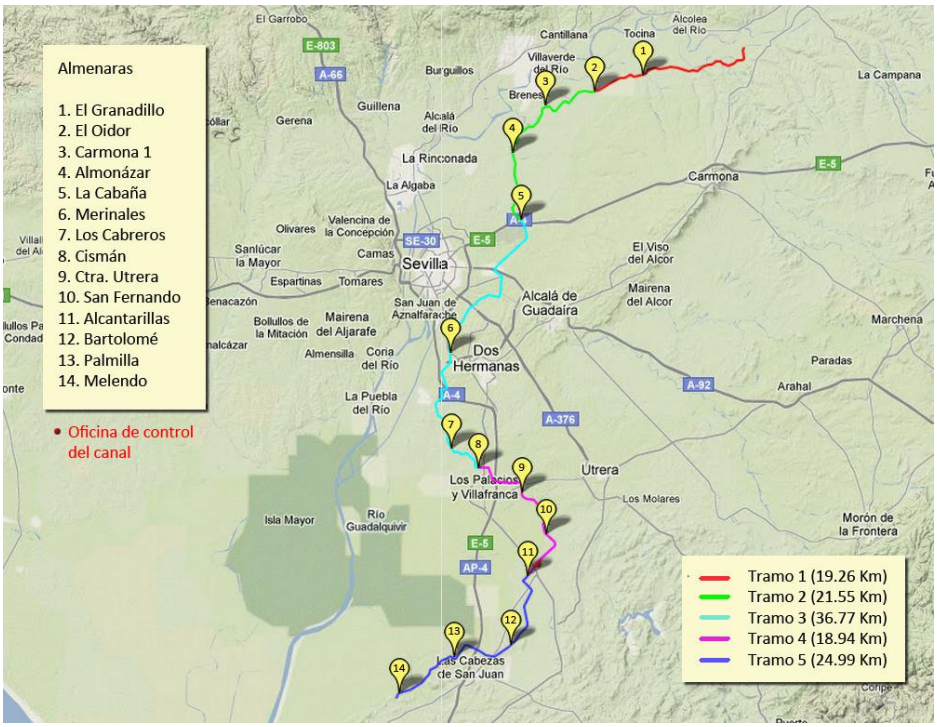

Figura 1.1: Parte del canal gestionada por la Comunidad de Regantes del Bajo Guadalquivir con la situación de las almenaras y la división en tramos de la misma por parte del gestor.

En el mapa de la figura 1.1. se pueden observar los diferentes tramos en los que la Comunidad de Regantes divide el canal. Se muestra también la posición de las almenaras. La oficina de control se encuentra entre Alcantarillas y San Fernando, a 1 Km aproximadamente de Alcantarillas y está marcada con un punto rojo en el mapa.

Las almenaras son estructuras dotadas de compuertas dedicadas a controlar el caudal de agua de riego que fluye a través del canal.

Figura 1.2: Compuertas de la almenara de Alcantarillas.

Situadas en la misma estructura, normalmente dentro de casetas, se encuentran los PLC que reciben las órdenes vía radio, desde la oficina de control.

Figura 1.3: Almenara de San Fernando junto con su caseta de control.

Los caudalímetros se encuentran situados a lo largo del canal, intercalados entre las almenaras. Disponen de una caseta asociada donde se recogen los datos y se envían vía radio a la oficina de control central.

Figura 1.4: Caseta del Caudalímetro de Maribáñez.

Desde el centro de control situado a unos 9 km al sureste de Los Palacios y Villafranca, se controlan todas las almenaras y se reciben datos de éstas y de los caudalímetros.

La red actual desplegada a lo largo del canal dispone de una topología de "árbol". Los nodos más cercanos a la oficina central, se conectan a ésta en estrella (ya sea con radioenlaces a 2.45 GHz o 433 MHz), y los más lejanos a nodos repetidores que conectan a la oficina central, o en el caso de estar más lejos, a otro repetidor.

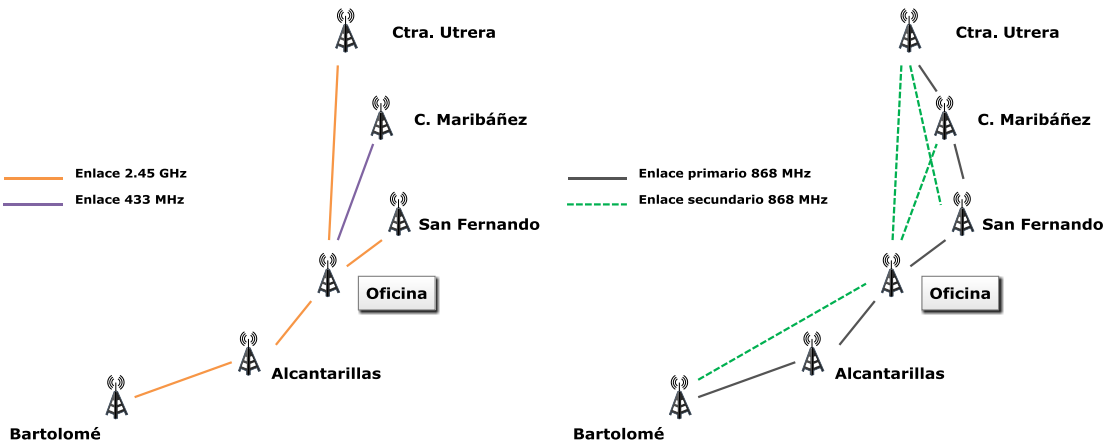

Figura 1.5: Topología actual y topología propuesta.

En la figura 1.5. se puede ver una parte del canal en torno a la Oficina Central con la topología de red existente (izquierda) y la propuesta (derecha). A simple vista se observa el aumento en la redundancia de la red. Sobre la topología de red se hablará más en el Capitulo 5.

En la red actual se hace uso de dos tecnologías. Por una parte, el estándar IEEE 802.11 b/g a 2.45 Ghz (UN 51 - Aplicaciones ICM por encima de 1.4 GHz) **[2]**, el cual se utiliza para unir nodos con visibilidad directa mediante postes de altura considerable y antenas planares de alta ganancia. Por otro lado, se usa tecnología RF a 433 MHz (UN 32 - Aplicaciones ICM en 433 MHz) **[2]**, para unir puntos en los que hay obstáculos que dificultan la comunicación y no hay visibilidad total. En la figura 1.5. (izquierda) se observa esto en el enlace C.Maribáñez – Oficina, donde se ha utilizado tecnología de 433 MHz para sortear una zona de árboles que no pueden ser atravesados a 2.45 Ghz.

Respecto al protocolo de red utilizado, se usa TCP/IP para conectar los nodos en una pequeña LAN con direccionamiento IP privado del rango 10.0.0.0/8.

Figura 1.6: Antenas planares 2.45 GHz (izquierda y centro) usadas como repetidor en la almenara de Alcantarillas y Yagi de 3 elementos a 433 MHz (derecha) en el caudalímetro de Maribáñez.

En resumen, nos encontramos con una red de comunicaciones, con las siguientes características:

1. **Topología de red en "árbol",** con abundante existencia de nodos críticos. Si cae uno, se cae el resto de la red.
2. **Redundancia nula**. No hay caminos alternativos.
3. **Red totalmente estática**. Si cae un enlace, no se busca un camino alternativo.
4. **Infraestructura de red de alto coste**, debido a las antenas utilizadas y a los equipos transmisores.
5. **Se transmite poca información y a baja velocidad.**

La motivación de este proyecto está en presentar una alternativa a la infraestructura de comunicaciones existente en la que se pretende mejorar todos estos puntos y añadir otras ventajas:

1. **Topología de red "lineal con enlaces de respaldo".** Se pretende evitar en lo posible los nodos críticos mallando la red dentro de lo posible.
2. **Existencia de redundancia en la mayoría de los nodos**.
3. **Red dinámica.** Si cae un enlace, se busca otra otra ruta de comunicación.

4. **Infraestructura de red de bajo coste.** Punto a destacar, ya que el precio de los nodos es definitivamente inferior a los de la red existente.
5. **Equipos con suficiente velocidad de transmisión para los datos que se envían, pero de mucho menor coste.**

Figura 1.7: Router-Switch 802.11 b/g con Módem ADSL integrado usado para comunicar la almenara de San Fernando con la oficina central.

En la figura 1.7. se puede ver un ejemplo de nodo de red de alto coste utilizado para transmitir un tráfico de datos extremadamente bajo. Es un router-switch, con 4 puertos Ethernet, de los que sólo se usa uno, y alimentación mediante PoE (Power over Ethernet). También dispone de un módem ADSL integrado, con salida WAN (Wide Area Network), sin utilizar. La salida RF está conectada a un cable coaxial de bajas pérdidas que conecta a una antena planar de alta ganancia, siendo estos dos elementos, también de alto coste.

La infraestructura existente presenta un inconveniente añadido. El alto coste de los equipos de transmisión y el gran tamaño de las antenas hacen que sean muy atractivos para los ladrones, ya que están a la vista y en lugares sin vigilancia dispersos por el campo. Este aspecto que en principio puede parecer irrelevante a la hora de tenerse en cuenta en el diseño, sí tiene relevancia para el gestor del canal, ya que ha sido víctima de robos por este motivo, con las consecuentes pérdidas económicas.

Este último punto se ha tenido en cuenta a la hora del diseño y de la planificación de la red. Además de buscar el coste mínimo, como es habitual, se han buscando equipos de tamaño extremadamente pequeño (Waspmotes 868 de Libelium), que llamen poco la atención para evitar posibles robos.