# Capítulo 1. Introducción

N o hay duda de que las telecomunicaciones constituyen actualmente gran parte de la rutina diaria de millones de personas en todo el mundo. Y es que se ha convertido en un elemento tan esencial y con una magnitud tan grande, que sería impensable plantearse un futuro que no esté vinculado a ellas.

Sin ir más lejos, el hecho de poder conseguir una conexión y por lo tanto, establecer una comunicación de manera inmediata, eficaz y segura desde prácticamente, cualquier punto del planeta, tiene un valor incalculable, hasta el punto de que se puede considerar como la base de una nueva era, la era digital.

Son muchas las materias que están involucradas dentro de la evolución de las telecomunicaciones. Desde la física y las matemáticas, como ciencias más antiguas, hasta la informática, electrónica o la teoría de la información, como nuevos campos donde se apoyan las tecnologías más recientes.

Lo cierto es que dicha evolución, se está produciendo de una forma tan rápida, que llega a ser difícil de asimilar. Casi diariamente, se descubren nuevos dispositivos que hacen más fácil o cómoda nuestra forma de vida, nuevas aplicaciones que te permiten transmitir información de una manera diferente.

Las comunicaciones digitales están dando pie a que estas tecnologías se estén asentando con éxito en la sociedad. No obstante, este éxito depende en gran medida del gigante que conecta al mundo hoy en día, Internet.

Y es que existe un crecimiento masivo del número de nuevos usuarios en la red, cada vez con más conexiones desde un mayor número de dispositivos, orientados hacia nuevas plataformas.

Por ello, la demanda de ancho de banda, está aumentando considerablemente. Como consecuencia, las siguientes generaciones de sistemas de comunicaciones deben ser capaces de ofrecer una mayor capacidad si cabe, para poder soportar los múltiples servicios de banda ancha.

En particular, el acceso inalámbrico a la red es el más demandado. La mayoría de conexiones inalámbricas a la red se hacen por medio de la banda de radiofrecuencias (RF) del espectro electromagnético.

Como consecuencia, la zona RF del espectro se ve más congestionada cada año, y la asignación de frecuencias es cada vez más difícil y costosa.

Dentro de las posibles soluciones, está la de establecer comunicación por medio de las zonas de luz visible e infrarrojos (IR). El uso de comunicaciones ópticas se está volviendo cada vez más popular, llegando a ser la preferida para ciertas aplicaciones, no sólo a través de medios guiados (fibra óptica), sino también de forma inalámbrica (OWC, *Optical Wireless Communications*).

Desde el punto de vista de la gestión del espectro, por ejemplo, la zona de infrarrojos llega a ofrecer grandes anchos de banda que en la actualidad no se encuentran regulados en todo el mundo.

El proyecto planteado realiza un estudio y simulación del uso de la técnica de modulación OFDM (usada en las comunicaciones digitales por sus múltiples ventajas) adaptada para comunicaciones ópticas inalámbricas.

#### 1.1 Motivación del Proyecto Fin de Carrera

El proyecto planteado recoge varios de los aspectos más interesantes para el desarrollo profesional de un futuro Ingeniero en Telecomunicaciones.

Por un lado, se está tratando un tema a la orden del día, que se encuentra en pleno desarrollo actualmente, lo que ha producido un gran interés para su aprendizaje y realización. Además, cada noticia sobre la materia vista en los medios de comunicación hace especial ilusión al saber que, en un futuro, este trabajo puede contribuir, aunque sea mínimamente, a la mejora de esta tecnología.

Por otro lado, se trata de un proyecto muy completo, que recoge tres materias fundamentales de la titulación: la teoría de la señal (comunicaciones digitales), la programación (lenguaje Matlab), y el área de electrónica (sistemas ópticos).

Este proyecto requería en un principio enfrentarse a un trabajo propio de investigación en una materia totalmente desconocida, y con total sinceridad, se puede decir que ha contribuido al aprendizaje y a la mejora de ciertas aptitudes. Además del trabajo de investigación, para la realización de este proyecto, ha habido que desenvolverse con un lenguaje de programación cuyo conocimiento era muy escaso en un principio, y de forma autodidacta, se ha podido llevar a cabo.

Por último, el análisis de los resultados que se han ido obteniendo en las distintas simulaciones, y las correcciones realizadas al respecto, han permitido obtener un conocimiento más profundo en la materia.

Todas estas razones son las que han impulsado a hacer este proyecto en particular, y a obtener una gran satisfacción personal, hasta el punto de querer seguir vinculado a la materia una vez que esté finalizado y si es posible, adentrarse más si cabe en sus posibles aplicaciones.

#### 1.2 Objetivo del Proyecto Fin de Carrera

El objetivo principal de este Proyecto Fin de Carrera es el estudio, la simulación y el análisis del uso de la técnica de modulación OFDM (utilizada en las comunicaciones digitales más recientes y punteras, gracias a las ventajas que aporta), en un sistema de comunicaciones ópticas inalámbricas.

Este estudio comenzó por una investigación sobre la técnica OFDM y los sistemas ópticos inalámbricos. Conforme se ha ido estudiando, se fue llegando a la conclusión de que por varias incompatibilidades entre los sistemas, se requería una adaptación de esta técnica de modulación, llamada ACO-OFDM (*Asymmetrically Clipped Optical*), la cual fue implementada finalmente.

Posteriormente, se realizó un trabajo de simulación de un sistema ACO-OFDM (realizado con el software Matlab), cuya señal a la salida del transmisor pasa por un sistema óptico inalámbrico (simulado con el software Optisystem) que devuelve la señal al receptor ACO-OFDM.

Por último, se ha hecho un análisis de los resultados obtenidos (cálculo de la BER y constelaciones), para diferentes situaciones posibles y variación de ciertos parámetros importantes.

## 1.3 Organización y metodología del Proyecto Fin de Carrera

El proyecto se ha organizado de la siguiente forma:

- Un periodo de iniciación en la materia, donde se ha recolectado toda la información posible de los temas a tratar. La mayoría de artículos han sido obtenidos de la web del IEEE desde la plataforma FAMA de la Universidad de Sevilla [1]. En total, casi un centenar de documentos relacionados con OFDM y OWC.
- 2. Una vez obtenida toda la información necesaria, se ha procedido a redactar el capítulo 2, sobre la técnica de modulación OFDM. En este capítulo se trata el origen de este método, sus fundamentos básicos, su espectro, los bloques que componen un sistema OFDM y las ventajas que proporciona.
- 3. Seguidamente, se empezó a redactar el capítulo 3, perteneciente al estado del arte, donde se ha comentado el tema relativo a los sistemas ópticos inalámbricos. Se ha explicado en qué consiste un sistema OWC, su origen, estructura principal, posibles configuraciones del enlace, aplicaciones donde se utiliza y una comparativa con los sistemas RF.
- 4. Se ha procedido a programar un sistema ACO-OFDM, bloque por bloque, en Matlab. La metodología usada ha sido de forma que cada función llame a la siguiente y de esa forma ejecutar todo el programa de una vez, solo tecleando el nombre de la función principal. Posteriormente, se ha comprobado que no había errores en la recepción (BER = 0). Todo ello sin incluir sistema óptico ni ruido aún.
- 5. Toma de contacto con el programa Optisystem 7 para la simulación de sistemas ópticos. Estudio de los posibles bloques, parámetros y conexiones.

- 6. Llamada a Optisystem desde Matlab. Consiste en crear una función en Matlab que haga la llamada a Optisystem de forma automática cuando los datos estén listos para ser enviados, es decir, tras pasar por todos los bloques del transmisor ACO-OFDM. Tras la simulación, se produce una devolución de los datos desde Optisystem hacia Matlab para calcular la BER.
- 7. Redactar el capítulo 5, la técnica OFDM en sistemas OWC. Este tema es importante. Aquí se estudia las diferencias principales entre un sistema típico OFDM y un sistema óptico inalámbrico. Se explica en qué consiste la modulación en intensidad y la detección directa (IM/DD). También, se habla de cómo sería su implementación y se representa con esquemas.
- 8. Realización de las simulaciones. Se ha redactado el capítulo 6 con los resultados de las simulaciones, cambiando diferentes parámetros. Se han realizado 4 etapas de simulaciones principalmente. La primera, ha sido una simulación del sistema ACO-OFDM con ruido AWGN, sin incluir canal óptico. En la segunda, se ha incluido un diodo LED al sistema, para ver los problemas que puede causar y cómo corregirlos. La tercera etapa consta de simulaciones incluyendo el sistema óptico que ha sido creado en Optisystem. Y por último, unas simulaciones del sistema ACO-OFDM utilizando un canal Rayleigh.
- 9. Se ha redactado el tema 4 referente a la parte teórica sobre el canal óptico. Estudio de diferentes canales que podemos encontrar y los problemas que ocasionan en la señal.
- 10. Realización del tema 7, conclusiones y líneas futuras de trabajo.
- 11. Introducción al Proyecto Fin de Carrera.

### 1.4 Referencias

[1]. <u>http://0-ieeexplore.ieee.org.fama.us.es</u>