

PROTOTIPO DE INTERFAZ INALÁMBRICA PARA PROTOCOLO DMX

**MÓNICA LILIANA MERCADO PÁEZ
JULIÁN TORO RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN
2009**

PROTOTIPO DE INTERFAZ INALÁMBRICA PARA PROTOCOLO DMX

MÓNICA LILIANA MERCADO PÁEZ
JULIÁN TORO RAMÍREZ

Trabajo de grado para optar al título
De Ingeniero Electrónico

Director
JUAN DIEGO CORREA BLAIR
Ingeniero Electrónico

Asesor
JOSÉ VALENTÍN RESTREPO LAVERDE
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
MEDELLÍN

2009

Nota de aceptación

Firma
Nombre
Presidente del jurado

Firma
Nombre
Jurado

Firma
Nombre
Jurado

Medellín, 2 de Octubre de 2009

DEDICATORIA

*A nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional,
por su comprensión y paciencia y por ser nuestro
soporte incondicional en el camino hacia
la búsqueda de nuestros sueños.*

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sinceros agradecimientos a sus padres, a los profesores Juan Diego Correa Blair y Valentín Restrepo Laverde, así como a las personas y empresas que participaron y creyeron en el proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
OBJETIVOS	22
1. PROTOCOLO DMX512	23
1.1 HISTORIA	23
1.1.1 Desarrollo de un Protocolo como Estándar	24
1.1.1.1 AMX 192	24
1.2 ESTÁNDAR DMX512	25
1.2.1 Definición	25
1.2.2 Especificaciones	25
1.2.2.1 Conectores	25
1.2.2.2 Cableado	28
1.2.2.3 Forma de conexión	29
1.2.2.4 Limitaciones	30
1.2.3 Trama DMX	31
1.2.3.1 Señal de <i>Break Time</i>	31
1.2.3.2 Marca Después de <i>Break</i> (MAB)	31
1.2.3.3 <i>Byte</i> de <i>Start</i>	32
1.2.3.4 Tiempo de Marca entre <i>Bytes</i> (MTBF)	32
1.3 FUTURO DEL PROTOCOLO DMX512	33
2. DISPOSITIVOS DMX	35
2.1 COMPONENTES DE LOS EQUIPOS DE ILUMINACIÓN	35
2.1.1 Carcasa	36
2.1.2 Reflector	36
2.1.2.1 Reflectores Especulares	37
2.1.2.1 Reflectores Dispersores	38
2.1.2.3 Reflectores Difusores	39

	pág.
2.1.3 Conjunto de Lentes	39
2.1.4 Dispositivos de Sujeción o Agarre	40
2.1.5 Accesorios	40
2.1.5.1 Gobos	40
2.1.5.2 Viseras	41
2.2 EQUIPOS DE ILUMINACIÓN QUE OPERAN CON DMX	42
2.2.1 Consolas	42
2.2.2 <i>Dimmer</i>	44
2.2.3 Lámparas PAR	45
2.2.4 Luces Inteligentes	46
2.2.5 DMX en Computadores	47
2.2.6 <i>Ethernet</i> y el protocolo DMX512	49
3. COMUNICACIÓN WI-FI	51
3.1 REDES INALÁMBRICAS	51
3.2 WI-FI	53
3.2.1 Wi-Fi <i>Alliance</i>	53
3.2.2 Estándar IEEE 802.11	54
3.2.2.1 Capa Física	54
3.2.2.2 Capa de Control de Acceso al Medio (MAC)	56
3.2.3 Estándares específicos IEEE 802.11x	58
3.2.3.1 IEEE 802.11a	58
3.2.3.2 IEEE 802.11b	59
3.2.3.3 IEEE 802.11g	59
4. DISEÑO DEL PROTOTIPO	61
4.1 DESARROLLO DEL PROTOTIPO PARA INTERFAZ INALÁMBRICA	61
4.1.1 Fase de Estudio Preliminar	61
4.1.2 Fase de Diseño del algoritmo de recepción y transmisión	63
4.1.2.1 Equipo de prueba DMX	64

	pág.
4.1.2.2 Algoritmo de Recepción DMX	66
4.1.2.3 Algoritmo de Transmisión DMX	68
4.1.3 Fase de Diseño de la PCB	69
4.1.4 Fase de acoplamiento de los algoritmos desarrollados al PIC18F97J60	73
4.1.5 Fase de Implementación de <i>Ethernet</i>	74
4.1.5.1 Estudio del módulo <i>Ethernet</i>	74
4.1.5.2 Selección de un protocolo de transporte	76
4.1.5.3 Desarrollo de un algoritmo de comunicación	78
4.1.5.4 Implementación física módulo <i>Ethernet</i>	83
4.1.6 Fase de pruebas y montajes Finales	83
4.1.6.1 Prueba protocolo DMX	84
4.1.6.2 Prueba módulo <i>Ethernet</i>	85
4.1.6.3 Prueba red inalámbrica	85
4.1.6.4 Integración rutinas	86
5. CONCLUSIONES	88
6. BIBLIOGRAFÍA	91
7. ANEXOS	95

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Conector de 5 pines macho	27
Figura 2. Conector de 5 pines hembra	27
Figura 3. Conector de 3 pines macho	27
Figura 4. Conector de 3 pines hembra	27
Figura 5. Cable DMX	28
Figura 6. Esquema de conexión de dispositivos DMX	29
Figura 7. Equipo terminal <i>opto branch</i>	30
Figura 8. Trama DMX	31
Figura 9. Consola DMX de 192 canales	43
Figura 10. Controlador <i>Maxxyz Compactk</i>	43
Figura 11. <i>Dimmer</i>	44
Figura 12. American DJ P-16	46
Figura 13. Plataforma <i>Light-Jockey</i>	48
Figura 14. Dr. DMX <i>tester</i>	64
Figura 15. Trama de datos a partir del Dr. DMX <i>tester</i>	65
Figura 16. Conexiones para la recepción DMX	66
Figura 17. Diagrama de flujo del programa de recepción	67
Figura 18. Diagrama de flujo del programa de transmisión	68
Figura 19. Entorno de programación <i>Altium Designer 6</i>	69
Figura 20. Circuito de recepción de DMX	70
Figura 21. Circuito de transmisión de DMX	71
Figura 22. Conexiones para la implementación del módulo <i>Ethernet</i>	72
Figura 23. Diseño final de la PCB	73
Figura 24. Formato del mensaje UDP	77
Figura 25. Módulo transmisor UDP	79

	pág.
Figura 26. Rutina de transmisión UDP	80
Figura 27. Módulo receptor UDP	81
Figura 28. Rutina de recepción UDP	82
Figura 29. Componentes externos requeridos para la operación del módulo <i>Ethernet</i> .	83
Figura 30. Ambiente de trabajo <i>FreeStyler 3.0</i>	84
Figura 31. Configuración <i>Access Point</i>	86
Figura 32. Módulo receptor/transmisor con carcasa	87
Figura 33. Módulo receptor/transmisor	97
Figura 34. Esquema de conexión de los módulos	98
Figura 35. Mensaje inicial	99
Figura 36. Mensaje receptor	99
Figura 37. Mensaje transmisor	99
Figura 38. Mensaje error DMX	99
Figura 39. Overwiev Vue II	101

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Conexiones DMX	26
Tabla 2. Comparación entre los diferentes estándares de capa PHY y MAC IEEE 802.11x	60
Tabla 3. <i>Channel Summary</i> Vue II	100

TABLA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Hoja de Datos del dispositivo Dr. DMX <i>tester</i>	95
Anexo B. Manual de Usuario de los Módulos	96
Anexo C. Hoja de Datos Vue II	100
Anexo D. Hoja de Datos <i>Magjack</i> 080B-1X1T-36F	102
Anexo E. Artículo Publicable	103

GLOSARIO

ACK: abreviatura de *Acknowledgement*. En comunicaciones entre dispositivos se usa como un acuse de recibo para confirmar que el mensaje o mensajes enviados desde una fuente transmisora se recibieron satisfactoriamente.

ASINCRÓNICO: modo de transmisión de la información en el cual no es necesario fijar una frecuencia de reloj común para ser utilizada tanto por el trasmisor como por el receptor.

BALANCEADO: se dice que una señal está balanceada cuando por medio del empleo de una técnica que utiliza la inversión de fase se eliminan los ruidos electromagnéticos que se puedan presentar durante la transmisión de la señal.

BUFFER: elemento que actúa como un amplificador de la señal transmitida en un circuito.

CODIFICACIÓN: proceso mediante el cual un mensaje se encripta o se transmite utilizando una serie de símbolos que sólo el receptor conoce.

COMPILADOR: herramienta informática que toma el código fuente de un programa y es capaz de traducirlo en otro lenguaje de modo que pueda ser ejecutado por la máquina.

CONECTOR XLR: tipo de conector balanceado que viene en varias versiones de acuerdo a la cantidad de pines con los cuales cuenta. Se puede encontrar de 3, 4, 5 e incluso de 6, 7 y 8 pines. Se utiliza comúnmente para la conexión de equipos de sonido y audio, así como también dispositivos de iluminación y video.

DHCP: protocolo que asigna automáticamente a un host parámetros de configuración tales como dirección IP (*Internet Protocol*), máscara de subred, *Gateway* por defecto y Servidor DNS.

DIMMER: dispositivo que permite controlar la intensidad de la luz emitida por los equipos de iluminación utilizados para escenarios, siempre y cuando éstos últimos lo permitan.

DISPERSIÓN: fenómeno que se percibe como la propagación o desviación de la luz en diferentes direcciones.

EIA (*Electronic Industries Association*): organización acreditada para “ayudar a desarrollar las normas sobre los componentes electrónicos, electrónica de consumo, información electrónica, de telecomunicaciones, y la seguridad de Internet”.¹

ESTA (*The Entertainment Services & Technology Association*): agrupación que se encarga de promover y tratar temas relacionados con la industria del entretenimiento. Actualmente tiene a su cargo la revisión y mantenimiento del protocolo DMX.

ETHERNET: tecnología LAN compuesta por estándares que operan en las dos capas inferiores del modelo OSI. Se utiliza para redes multiacceso o entornos de medios compartidos.

FADER: controlador situado sobre un deslizador que se utiliza para graduar algunas funciones de las consolas tales como el volumen o la intensidad.

¹ WIKIPEDIA, THE FREE ENCYCLOPEDIA [En Línea]. Estados Unidos, 2009. <Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_Industries_Alliance>. [Consulta: 22 Jul. 2009].

FRAME: en telecomunicaciones se entiende por *frame* a una sucesión continua de datos que se envían o transmiten como un solo paquete.

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*): organización internacional encargada de la elaboración de estándares en los campos eléctricos, electrónicos y de telecomunicaciones entre otros.

INTERFAZ: punto de contacto en donde se interconectan dos dispositivos.

LAN (*Local Area Network*): red de área local que comunica dispositivos como equipos terminales, *hosts*, *routers* y otros periféricos, interconectados dentro de un espacio geográfico o entorno delimitado.

LCD (*Liquid Crystal Display*): pantalla de cristal líquido utilizada para mostrar información.

LUMINARIAS: equipos diseñados para brindar luz artificial. En el contexto de este trabajo, luminarias se refiere a luces utilizadas con fines de entretenimiento en el montaje escénico de espectáculos y eventos.

MAC (*Media Access Control*): en redes de datos y comunicaciones hace referencia a una subcapa del nivel dos del modelo de referencia OSI, es decir, la capa de enlace de datos.

MAGJACK: dispositivo que sirve como interfaz para conectar algún equipo terminal o host a una red LAN (*Local Area Network*). Es el puerto físico con aislamiento magnético donde se conecta el cable de red.

MEDIO GUIADO: línea física o cable a través del cual la señal transmitida se propaga desde un extremo de la comunicación hasta el otro.

MICRONCONTROLADOR: circuito integrado que cuenta en su interior con una *CPU (Central Process Unit)*, un módulo de memoria y puertos de entrada y salida (I/O). Se utiliza para realizar el control de algunos dispositivos y procesos en la industria.

MODELO OSI: modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos creado por la ISO (Organización Internacional para la Estandarización). Plantea siete capas a tenerse en cuenta al momento de implementar sistemas de comunicaciones.

MODULACIÓN: en sistemas de comunicaciones, la modulación es el proceso que permite enviar información o datos sobre una onda llamada portadora, a la cual se le varía alguno de los parámetros que la definen, como son amplitud, fase o frecuencia mediante la utilización de otra onda conocida como moduladora.

MULTIPLEXACIÓN: proceso mediante el cual se pueden combinar en un mismo medio dos o más señales provenientes de fuentes diferentes.

NIC (*Network Interface Card*): tarjeta o adaptador de red que permite la conexión de los dispositivos a una LAN. Constituye la interfaz entre el medio físico y el equipo.

PICC: lenguaje de programación de microcontroladores PIC que está basado en el lenguaje C++.

PCB (*Printed Circuit Board*): placa de un circuito en donde se imprimen o se graban todas las conexiones eléctricas de los componentes electrónicos utilizando un material conductor para establecer las rutas de conexión.

PROCOLO: en el área de telecomunicaciones un protocolo es un conjunto de normas o estándares que definen la forma de transmisión de los datos en el proceso de comunicación.

RADIACIÓN INFRARROJA: tipo de radiación que se ubica en el espectro electromagnético entre la luz visible y las ondas de radio.

REFLEXIÓN: fenómeno físico que experimenta un rayo de luz cuando al incidir sobre una superficie es reflejado sin cambiar de medio de propagación.

RJ45: tipo de conector de 8 pines utilizado generalmente para montajes de cableado estructurado.

RS-485: estándar para comunicaciones que establece un bus de transmisión diferencial multipunto. Además, especifica las consideraciones eléctricas para los dispositivos transmisores y receptores que operen bajo el protocolo.

SINCRÓNICO: tipo de comunicación entre dispositivos en la cual es necesaria una señal de reloj para poder establecer la transmisión de los datos, de modo que tanto el emisor como el receptor concuerden para trabajar a la misma frecuencia de reloj.

SOLAPAMIENTO: proceso en el cual se traslapan dos o más señales, es decir, ocurre cuando una señal cubre total o parcialmente a la otra o se encuentra en su mismo rango de frecuencias.

SPLITTER: dispositivo que actúa similar a un repetidor. Ante una señal de entrada, el *splitter* genera varias señales de salida amplificadas que corresponden a una nueva señal, la cual puede ser utilizada para alcanzar mayores distancias.

USB (*Universal Serial Port*): estándar creado para definir las especificaciones que permiten la conexión de periféricos a un puerto del computador llamado puerto USB.

WLAN (*Wireless Local Area Network*): red de área local inalámbrica en donde la transmisión de la información se realiza a través de un medio no guiado utilizando radiofrecuencias o infrarrojos.

RESUMEN

Debido en gran medida a las exigencias que el mundo del espectáculo y el entretenimiento tienen a la hora de realizar montajes escénicos que incluyen el control de dispositivos utilizando el protocolo DMX (*Digital MultipleX*), y dada también la necesidad de cubrir entornos o espacios cada vez más grandes, se hace necesaria la utilización de equipos inalámbricos que permitan alcanzar mayores distancias manteniendo la confiabilidad de la información transmitida. Este trabajo muestra los fundamentos que supone el desarrollo de un prototipo de interfaz inalámbrica para dispositivos DMX.

A lo largo del desarrollo del trabajo se hace énfasis en las bases teóricas respectivas a las especificaciones que establece el protocolo, ya que ellas definen los requerimientos de la interfaz desarrollada. Además, se describe el proceso que culminó con la implementación práctica del prototipo.

PALABRAS CLAVES: DMX; INTERFAZ DMX; ILUMINACIÓN; INTERFAZ ETHERNET – DMX.

INTRODUCCIÓN

Desde siempre el hombre ha tratado de utilizar la iluminación como una forma para expresar sentimientos, transmitir ideas y en general crear ambientes agradables con una identidad propia. La realización de montajes escénicos con animaciones luminosas requiere un mecanismo de control para la mezcla de colores, la forma y la posición, así como otros factores importantes. Para ello nació en 1986 el protocolo DMX512, el cual permite comunicar controladores con luminarias y supone un estándar para unificar la industria.

A medida que pasan los años, las exigencias de los montajes y la necesidad de cubrir con luces y efectos especiales eventos cada vez más grandes en espacios geográficos de dimensiones considerables, han llevado a la migración hacia tecnologías de control inalámbricas como un complemento de los múltiples dispositivos cableados que existen hoy en día.

En la actualidad hay equipos que dan solución a esta problemática, sin embargo, su costo es elevado y en ocasiones no llenan las expectativas de las empresas consumidoras que requieren una solución confiable y económica. Por tal motivo, surge la idea de adaptar una señal DMX a un equipo capaz de emitir y recibir información óptima y eficiente de manera inalámbrica.

La realización de este proyecto requiere una cantidad de elementos o pasos a seguir antes de ver cristalizadas las aspiraciones del mismo. En el presente texto se trata de dar un enfoque claro a cada uno de los componentes necesarios para llevar a cabo el desarrollo de la idea. En primera instancia, es necesario obtener un conocimiento teórico sobre los alcances que tiene el protocolo DMX y la forma

como éste opera al momento de la transmisión de la información. El primer capítulo aborda todos estos aspectos, mostrando de una manera clara y sencilla tanto las especificaciones como los requerimientos del estándar DMX512, además de hacer una breve exposición sobre los puntos más importantes del pasado y futuro del mismo. Una vez estudiado el protocolo es bueno conocer algunos de los equipos que lo utilizan, aún más si se tiene en cuenta que el prototipo que se busca diseñar debe ser compatible con los dispositivos existentes en la industria. Tener una visión clara de las empresas y los elementos con los cuales éstas cuentan en materia de comunicaciones con DMX, permite entender cuáles son las verdaderas necesidades del medio y contextualiza al lector dentro del mundo del espectáculo y el entretenimiento que es donde surge la necesidad de este proyecto.

El tercer capítulo de este texto habla de las comunicaciones inalámbricas, especialmente de Wi-Fi (*Wireless Fidelity*). Si bien, este proyecto no busca dar una solución de acceso al medio, es importante entender cómo funcionan las tecnologías inalámbricas ya que se hará uso de ellas.

Es claro además que para entender de una mejor manera cómo funciona el prototipo y los alcances de éste, es bueno conocer los pasos que llevaron a la realización del mismo. A éste tema se dedica el último capítulo del texto. Se hace hincapié en la metodología utilizada para el desarrollo del prototipo de interfaz inalámbrica para protocolo DMX, y se especifican también algunos de los circuitos y la lógica de programación usada.

Evidentemente, el campo de las tecnologías inalámbricas para DMX es muy amplio y requiere de muchos estudios y desarrollos por parte de los fabricantes para satisfacer a cabalidad las necesidades del medio. Con este proyecto sólo se busca proponer una solución confiable y eficiente que sea compatible con cualquier sistema controlador que genere DMX.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Desarrollar un prototipo de un sistema inalámbrico para comunicar dispositivos DMX.

Objetivos Específicos

- Capturar y manipular la información DMX que se origine en una consola o un computador.
- Empaquetar los datos DMX para ser enviados a través de un enrutador inalámbrico comercial.
- Desarrollar un prototipo de fácil operación para personal de eventos.
- Desarrollar un sistema compatible con cualquier equipo que genere información DMX, bien sean consolas o computadores.

1. PROTOCOLO DMX 512

1.1. HISTORIA

La industria del espectáculo y el entretenimiento ha ido evolucionando a lo largo de los años. Con el paso del tiempo, las grandes empresas productoras de equipos para el control de la iluminación, consolas y *dimmers* fueron desarrollando cada vez dispositivos más complejos que respondieran a las necesidades del medio y a los cambios de la tecnología.

En los inicios de la industria para el manejo de equipos de iluminación, se contó con la invención de *autovariacs* de ejecución manual que permitían ejercer el control de los dispositivos utilizados para la iluminación de los espectáculos. Posteriormente, hicieron su aparición las primeras consolas y *dimmers* electrónicos, y con el avance de la tecnología informática pronto se tuvo al alcance de las manos la posibilidad de almacenar escenas en dichas consolas.

A medida que avanzaba el desarrollo de equipos para la iluminación con interfaces que permitían la comunicación con el computador, las diferentes empresas productoras de estas tecnologías diseñaron y crearon sus propias formas de comunicación y transmisión de las señales. Cada compañía contaba no sólo con sus propios conectores y estándares, sino que además, lo anterior obligaba a los clientes o usuarios finales a utilizar dispositivos de una sola marca debido a la falta de interoperabilidad entre los equipos de distintos fabricantes.

1.1.1. Desarrollo de un Protocolo como Estándar. Con el auge de la era de la informática y la digitalización aumentó la incompatibilidad entre los fabricantes de dispositivos para la iluminación de eventos. Debido a esto, se hizo necesaria la creación de una interfaz estándar que permitiera la interconectividad entre los equipos y brindara una solución eficiente a las necesidades de la industria.

En 1986 por petición de la USSIT (*U.S. Institute of Theatre Technology*) se desarrolla por primera vez el protocolo DMX512 como una interfaz estándar para permitir la comunicación entre los *dimmers* y las consolas de los distintos fabricantes. La versión original de DMX512 fue sometida a distintas modificaciones y así, en el año de 1990, se hicieron algunas modificaciones al planteamiento original y el estándar pasó a llamarse USSIT DMX512. Luego, a partir de otra serie de cambios realizados con el fin de dar solución a los problemas que se fueron presentando, el protocolo pasó a conocerse con el nombre de USSIT DMX512-A en el año de 2004 y es mantenido actualmente por la ESTA (*The Entertainment Services & Technology Association*). Es importante resaltar que el protocolo DMX512 que hoy en día se utiliza para la iluminación arquitectónica y la creación de escenas es el sucesor de otro protocolo conocido como AMX 192.

1.1.1.1. AMX 192. Es un protocolo de comunicaciones analógicas de iluminación que fue desarrollado a finales de 1970 por la compañía *Strand Century* y diseñado con capacidad para manejar hasta 192 canales. AMX 192 emplea una señal no balanceada. Sobre un hilo es multiplexado el valor de control y sobre otro se transmite la señal de reloj necesaria para la sincronización de los pulsos enviados. Este protocolo fue utilizado mucho antes que DMX512 se hiciera común en la industria de la iluminación. Contaba con los problemas propios de cualquier protocolo análogo como son el ruido y los anillos a tierra².

² WIKIPEDIA, THE FREE ENCYCLOPEDIA [En Línea]. Estados Unidos, 2009. <Disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/AMX192>>. [Consulta: 12 Jul. 2009].

1.2. ESTÁNDAR DMX512

1.2.1. Definición. DMX es un protocolo de multiplexación de datos, creado inicialmente para la industria del espectáculo, a fin de establecer un modo de transmisión de datos estándar en el mundo de la iluminación, que permitiera comunicar consolas con equipos receptores tales como *dimmers*. Las comunicaciones realizadas bajo DMX512 permiten el manejo de hasta 512 canales, cada uno de los cuales contiene un dato de 8 bits que posee un valor entre 0 y 255. De acuerdo al dispositivo que se desee controlar se puede hacer uso de uno o más canales.

DMX512 es un protocolo que está basado en el estándar internacional de telecomunicaciones EIA RS-485, por lo cual, la transmisión se realiza sobre una línea diferencial balanceada de forma serial asíncrona a una velocidad de 250Kbps. Además, los paquetes de datos DMX se transmiten continuamente, es decir, una vez que acaba la transmisión de un paquete de datos, el siguiente puede ser enviado de inmediato sin la necesidad de esperar un tiempo o aplicar un retardo si así se desea.

1.2.2. Especificaciones. Se deben tener en cuenta ciertas consideraciones a la hora de implementar el protocolo DMX512.

1.2.2.1. Conectores. Para la conexión de equipos de control de iluminación que manejan el protocolo DMX512 se utiliza un conector XLR (*Xternal Live Return*) de 5 pines conocido comúnmente como conector cannon. De este modo se tiene, 1 pin para la conexión a tierra del dispositivo, 2 pines para la transmisión primaria de los datos y 2 pines para comunicación secundaria. En general el canal secundario se utiliza para llevar información de estado de los dispositivos finales o receptores

DMX a la fuente, pero su uso no es común. La conexión del XLR de 5 pines (Ver figuras 1 y 2) se realiza como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Conexiones DMX

PIN	FUNCIÓN
1	Tierra
2	Dato Primario: DMX (-)
3	Dato Primario: DMX (+)
4	Dato Secundario (-)
5	Dato Secundario (+)

Debido a que en el conector XLR utilizado sólo 3 de los pines llevan la señal DMX como tal, algunas empresas utilizan conectores XLR de 3 pines (Ver figuras 3 y 4) para las conexiones con equipos DMX. Esto se hace con el fin de estandarizar los cables de conexión dentro de las empresas y por tanto permitir el mismo cable para conectar tanto equipos de audio profesional como equipos de iluminación, así como también limitar a los usuarios finales para que adquieran dispositivos de un mismo fabricante. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este tipo de conexión no es la especificada en el estándar establecido por la USITT (*United States Institute for Theatre Technology*) para DMX512. Además, no todos los cables empleados para sonido cumplen con los requisitos necesarios para que las señales de control de iluminación funcionen de manera confiable y adecuada.

En términos generales, la utilización de cableado de tres pines es la normalización usada en América, mientras que el estándar de conexión que describe conectores de cinco pines es implementado en países europeos.

Figura 1. Conector de 5 pines macho



Fuente: AUTOMIC MALL [En Línea]. Estados Unidos, 2009. <Disponible en: <http://imgs.inkfrog.com/pix/9142/M1.jpg>>. [Consulta: 23 Jul. 2009].

Figura 2. Conector de 5 pines hembra



Fuente: TARINGA INTELIGENCIA COLECTIVA [En Línea]. S.I., 2009. <Disponible en: http://farm4.static.flickr.com/3283/3039467410_f08358e664.jpg>. [Consulta: 23 Jul. 2009].

Figura 3. Conector de 3 pines macho



Fuente: ERSON ELECTRONICA S.L [En Línea]. España, 2009. <Disponible en: <http://ersonelectronica.com/images/631-NC3MX.jpg>>. [Consulta: 23 Jul. 2009].

Figura 4. Conector de 3 pines hembra



Fuente: ERSON ELECTRONICA S.L [En Línea]. España, 2009. <Disponible en: <http://ersonelectronica.com/images/631-NC4FX.jpg>>. [Consulta: 23 Jul. 2009].

1.2.2.2. Cableado. Como se dijo anteriormente, DMX512 es un protocolo basado en el estándar EIA RS-485, por lo tanto, siguiendo con los parámetros establecidos en dicho estándar, se utiliza para las conexiones cable de par trenzado blindado de baja capacitancia y amortiguación que tenga una impedancia mínima entre 100Ω y 150Ω como se muestra en la Figura 5. Se prefiere el cable con resistencia de onda de 120Ω .

Al realizar conexiones para equipos que soportan DMX no se debe utilizar el cableado de sonido, así se esté empleando un conector XLR de 3 pines, ya que este cable no cumple con los requerimientos del estándar RS-485 y puede ocasionar finalmente que la señal se distorsione. Entre los cables recomendados para las conexiones se encuentran: Bendel 9841, Bendel 9842, Alpha 5274 y Bendel 9829, entre otros. También es posible encontrar en algunos sitios conexiones realizadas con cable UTP (*Unshielded Twisted Pair*) para *Ethernet* con conectores RJ45, el cual soporta eficientemente la señal DMX y la transmite con gran estabilidad. Este tipo de cable se utiliza por cuestiones de estética en algunos montajes en donde la arquitectura así lo requiere.

Figura 5. Cable DMX



Fuente: Z-BOMBILLA [En Línea]. España, 2009. <Disponible en: http://www.z-bombilla.com/venta/imagenes/producto/550/im_imagen/550_ioIJC.jpg>. [Consulta: 23 Jul. 2009].

1.2.2.3. Forma de conexión. Los dispositivos que implementan DMX se conectan bajo una topología o esquema que se conoce como *Daisy Chain*, en donde los equipos son conectados uno a otro en forma serial, es decir, la salida del primer dispositivo se conecta a la entrada del segundo, a su vez, la salida de éste se conecta a la entrada del tercero y así sucesivamente hasta un máximo de 32 dispositivos según lo establecido por el estándar RS-485. Estas conexiones se realizan sin que haya una retroalimentación desde el dispositivo final hasta la fuente o un proceso de amplificación por parte de alguno de los equipos conectados de manera serial. De acuerdo a lo anterior se puede decir que las conexiones para las comunicaciones que implementan DMX son unidireccionales. Por lo tanto, sólo se transmite información desde el dispositivo fuente o controlador a los equipos receptores o luminarias DMX, pero no hay comunicación en sentido contrario.

Un esquema que muestra como sería una conexión típica de dispositivos DMX se puede observar en la Figura 6.

Figura 6. Esquema de conexión de dispositivos DMX



Es conveniente utilizar un equipo terminal al final de un montaje de dispositivos DMX. Esto ayuda a evitar ciertos problemas que podrían presentarse por una mala conexión. Algunas luminarias cuentan internamente con la posibilidad de elegir el modo terminal. Si no se tiene este tipo de tecnología, igualmente es fácil la construcción del dispositivo terminal. Lo anterior se realiza utilizando una resistencia de 120Ω ó $0,25W$ que se conecta entre los pines 2 y 3 de un conector

XLR macho, el cual se inserta en el conector de salida del último dispositivo del montaje. Este conector DMX de salida es siempre hembra.

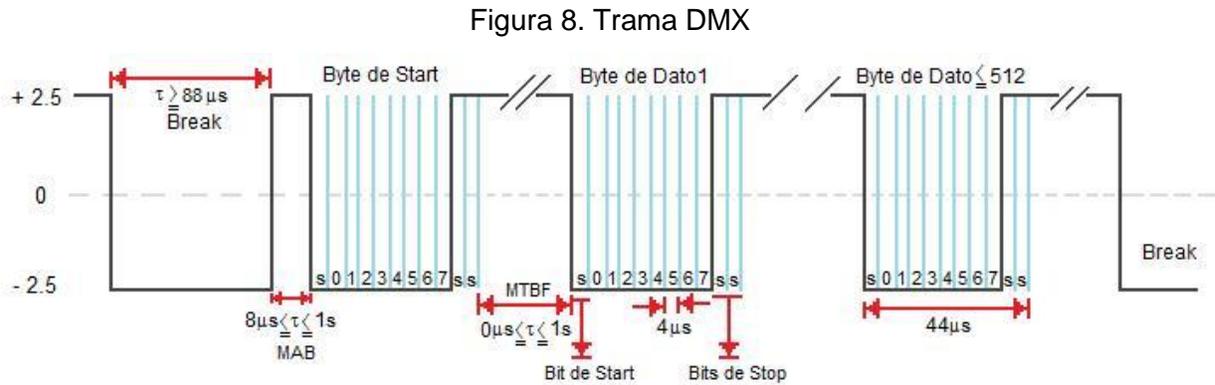
1.2.2.4. Limitaciones. El protocolo DMX 512 permite la transmisión de datos hasta una distancia máxima de 500 metros según las especificaciones del estándar internacional EIA RS-485. En la práctica, los dispositivos DMX no alcanzan tales distancias de conexión, ya que éstas están consideradas en condiciones ideales de funcionamiento de los equipos. Lo normal es encontrar tendidos de cables de máximo 100 ó 200 metros de longitud, en cuyo caso la transmisión de la señal DMX es aún confiable generalmente. Una vez que se superan estas distancias, se recomienda hacer uso de *buffers* o *splitters* para evitar inconvenientes. Los primeros, se utilizan para mejorar el rendimiento ya que amplifican y acondicionan la señal de datos para trayectos largos de transmisión. Los segundos (Ver figura 7), permiten realizar ramificaciones de la señal a partir de las cuales se obtienen señales de salida que pueden ser consideradas como nuevas y utilizadas para alcanzar mayores distancias de conexión.

Figura 7. Equipo terminal *opto branch*



Fuente: ELATION PROFESSIONAL [En Línea]. Australia, 2009.
<Disponible en: <http://www.elationlighting.com/images/products/OptoBranch-4-Right.jpg>>. [Consulta: 23 Jul. 2009].

1.2.3. Trama DMX. El estándar DMX512 tiene una trama de datos en donde se envía la información correspondiente a los 512 canales DMX. La transmisión de los paquetes DMX se hace de acuerdo a un diagrama de tiempo como el que se muestra en la Figura 8:



De acuerdo a lo observado en la Figura 8 se puede dividir el paquete de datos DMX en las siguientes partes:

1.2.3.1. Señal de *Break Time*. El inicio de la trama DMX se compone de una señal conocida como *Break* que corresponde a un nivel bajo de voltaje con una duración de aproximadamente $88 \mu\text{s}$ como mínimo. La señal de *Break* puede llegar a ser un tiempo largo, sin embargo, su duración nunca debe ser menor a los $88 \mu\text{s}$ que establece el estándar. Esta señal indica la condición de ruptura, permitiendo así separar una trama de otra.

1.2.3.2. Marca Después de *Break* (MAB). Es un nivel alto de voltaje con una duración mínima de $8 \mu\text{s}$ equivalentes a 2 pulsos, y una duración máxima de 1s. En la elaboración de la primera versión del estándar DMX512, esta marca se estableció con un mínimo de $4 \mu\text{s}$, pero en la revisión de 1990 se extendió el valor de la misma debido a que en ocasiones resultaba difícil de detectar dado que era

de muy corta duración. Ya que el tiempo de *break* varía según el fabricante, esta marca indica el final de la señal de ruptura.

1.2.3.3. *Byte de Start*. Corresponde al *byte* de datos del canal 0, el cual es un canal no válido en el estándar DMX512, por lo tanto, el valor del *byte* de *start* es siempre un nivel bajo de voltaje equivalente a un cero (0) lógico que le indica al equipo receptor que el siguiente *byte* de datos contiene la información que se desea transmitir. Todos los *bytes* de datos tienen una estructura exactamente igual a la del *byte* de *start*, la cual se compone de 11 bits o pulsos distribuidos de la siguiente manera:

- Un *bit* de *Start* representado como un nivel bajo de voltaje al inicio.
- 8 *bits* de datos que siguen inmediatamente después del *bit* de *start*, los cuales pueden tener un valor entre 0 y 255. Cada uno de estos *bits* tiene una duración de 4 μ s, por lo tanto la duración de un *byte* de datos completo es de 44 μ s.
- 2 bits de stop representados como un nivel alto de voltaje. Estos *bits* indican el final del *byte* de datos de cada canal.

1.2.3.4. *Tiempo de Marca entre Bytes (MTBF)*. Es un nivel alto de voltaje con una duración de hasta de 1s. Esta marca se encuentra antes del *bit* de *start* de cada uno de los *bytes* transmitidos. Se prefiere que su duración sea la menor posible. Éste tiempo se usa para evitar el error de *frame* en la comunicación.

La trama completa de DMX512 se compone de 512 *bytes* transmitidos empezando desde el *byte* de datos 1 hasta el 512. Los dispositivos receptores reciben la

trama completa, pero sólo utilizan o procesan los *bytes* de datos correspondientes a los canales para los cuales fueron programados. Después que se envía un paquete completo, el siguiente puede comenzar con un *Break*. Sin embargo, también se puede iniciar con un nivel alto de voltaje conocido como IDLE que se utiliza para representar la ausencia de un paquete de datos válido de DMX.

1.3. FUTURO DEL PROTOCOLO DMX512

En 1986, cuando se desarrolló el estándar DMX512 por petición de la USSIT se consideró que las bases establecidas eran suficientes para el correcto funcionamiento de los equipos operados bajo dicho protocolo. Sin embargo, tan sólo 4 años más tarde, fue necesario realizar una nueva revisión del estándar y efectuar ciertas modificaciones a fin de dar solución a inconvenientes que se venían presentando. De igual modo, a partir del año 2000, la ESTA (*The Entertainment Services & Technology Association*) ha venido realizando revisiones al estándar con el fin de ampliar sus fronteras y darle un mayor alcance, en especial porque las especificaciones iniciales del mismo se han quedado cortas frente al vertiginoso avance de la tecnología. Consolas de última generación han duplicado e incluso cuadruplicado el número de canales soportados por el protocolo DMX512. Se busca cuidadosamente que el desarrollo de cualquier nuevo estándar o tecnología permita la compatibilidad con los equipos existentes que funcionan bajo el estándar actual.

Hoy en día, la red *Ethernet* parece estar ganando terreno como la próxima sucesora del protocolo DMX512, ayudada en gran medida por la masiva aceptación que ha tenido a nivel mundial, lo cual la ha consolidado como la tecnología LAN más utilizada en el mercado. El estándar *Ethernet* actualmente

presenta velocidades de transmisión de 10Mbps, 100Mbps e incluso a partir del año 2001 alcanzó velocidades de 10Gbps, las cuales, comparadas con los 250Kbps que permite transmitir el protocolo DMX512 ofrecen un mayor ancho de banda. Además, la red *Ethernet* utiliza un único cable para la conexión que es común a todos los dispositivos, el cual es económico, flexible y posee una mayor resistencia a factores externos de perturbación de la señal.

En la actualidad existen muchas empresas o compañías que han empezado a implementar *Ethernet* en sus equipos DMX512, sin embargo aún no se ha desarrollado el protocolo que convierta esta tecnología en un método estándar a nivel mundial.

2. DISPOSITIVOS DMX

DMX512 es un protocolo que fue pensado inicialmente para el manejo de *dimmers* a partir de la utilización de consolas como controladores. Desde su aparición en el año de 1986, el estándar se convirtió rápidamente en el preferido por las grandes compañías de la industria de la iluminación y el espectáculo. A partir de entonces, DMX ha sido extendido a una gran cantidad de dispositivos y utilizado para definir múltiples funciones de los mismos; así como también, la evolución de la tecnología ha permitido pasar de una simple consola a equipos con diferentes formas y finalidades específicas. Todos ellos haciendo uso del mismo estándar.

Los equipos que soportan el protocolo DMX van desde una simple consola hasta avanzados dispositivos controladores con interfaces para comunicación con el computador, conexión USB (*Universal Serial Port*) e implementaciones inalámbricas. También se consiguen complejas luminarias como luces robóticas de última tecnología.

Antes de hablar sobre los diferentes equipos que soportan DMX y sus respectivas características, es bueno establecer de forma general las partes de las cuales están compuestos dichos equipos. Lo anterior se puede hacer ya que existen ciertos componentes que son comunes en todos los dispositivos finales que soportan el protocolo.

2.1. COMPONENTES DE LOS EQUIPOS DE ILUMINACIÓN.

Todos los equipos de iluminación se conforman de algunas partes que son

básicas y comunes en la construcción de los mismos. A pesar de las diferencias que puedan existir entre los dispositivos de distintas clases y fabricantes, todos ellos cuentan con las partes que se describen a continuación. Algunas de ellas han ido evolucionando conforme la tecnología avanza; los cambios más notables se observan en los materiales con los cuales se fabrican.

2.1.1. Carcasa. Está hecha de metal o plástico y tiene la función de proteger y contener el equipo permitiendo que la luz se enfoque en una sola dirección y no se disperse en múltiples direcciones. De este modo se mantiene la potencia de la luz enfocada al lugar que se desea o requiere iluminar. La carcasa cubre todo el dispositivo de iluminación excepto por la apertura de la lente. Actualmente el material más utilizado para la construcción de las carcasas o cubiertas es el metal moldeado, aunque también en algunas empresas o compañías dedicadas a la construcción de luces se utiliza plástico. Se prefiere el metal moldeado ya que proporciona un material flexible, económico y fácil de utilizar en la industria.

2.1.2. Reflector. Es una superficie que se encuentra ubicada al interior del dispositivo de iluminación y permite ajustar tanto la dirección de la luz emitida como la forma o calidad de la misma. Gracias al reflector, el equipo de iluminación puede obtener una distribución de la luz de acuerdo a las necesidades requeridas por el montaje escénico que se desee implementar.

Dado que los principios de reflexión influyen en gran medida en la construcción de las luminarias, la función de los reflectores es de vital importancia para dichos equipos, especialmente debido a que por medio de apropiados y convenientes contornos de los reflectores que componen los dispositivos de iluminación, se logra una conducción adecuada y precisa de la luz acorde con las necesidades requeridas, además de contribuir con el rendimiento del equipo.

Existen varios tipos de reflectores que pueden ser utilizados en la construcción de luminarias, cada uno de ellos basado en alguno de los tipos de reflexión existentes. De acuerdo a lo anterior, es posible encontrar reflectores especulares, dispersos o difusos, cada uno de ellos utilizados para un fin particular.

2.1.2.1. Reflectores especulares. En este tipo de reflector el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia, por lo cual, se puede decir que se comportan como un espejo. Tienen un buen rendimiento de energía lo que permite alcanzar grandes niveles de iluminación con un consumo bajo de la misma. Se puede decir que la mayoría de equipos de iluminación que son eficientes a nivel de energía están hechos utilizando reflectores de este tipo. En general, los reflectores especulares se utilizan en la construcción de dispositivos de iluminación “cuando se requiere una forma precisa o casi precisa de distribución de la luz como ocurre en las luminarias para alumbrado por proyección, de haz centrado”³.

Los reflectores especulares pueden ser de distintos tipos, los cuales según las características y el tipo de lente utilizado generan la iluminación deseada de acuerdo a las necesidades del entorno. Los reflectores se clasifican en:

- Parabólico. En los receptores parabólicos una luz que se encuentra ubicada en el foco del mismo genera rayos de luz que se reflejan hacia el exterior con forma de haz paralelo. Este tipo de reflector es bastante utilizado debido a que brinda la posibilidad de dirigir la luz de forma más variada. Se emplea en gran medida en la iluminación por proyección al interior de establecimientos.

³ DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA, DISEÑO Y PROYECTOS [En Línea]. España, 2009. <Disponible en: <http://exp-grafica.uma.es/Profesores/www-jrad/document/luminotecnia/reflectores.pdf>>. [Consulta: 23 Mar. 2009]. p.3.

- Elíptico. En este tipo de receptores la utilización de una superficie elíptica tiene como efecto una concentración de los rayos de luz. Los receptores elípticos poseen como principio de funcionamiento que la luz sobre uno de los puntos focales es reflejada al segundo. “La aplicación más familiar de un receptor elíptico se da en el alumbrado arquitectónico, en forma de pequeños puntos circulares de iluminación dirigidos hacia abajo”⁴.
- Circular. En los reflectores circulares se utiliza una lámpara ubicada en el foco de la esfera lo que ocasiona que la luz se refleje precisamente hacia el punto focal o se dirija justamente donde sea necesario. “Se emplea con profusión en sistemas de proyección y luces puntuales de estudio, *spots* para aumentar la intensidad de la luz focalizada por el sistema de lentes”⁵.

2.1.2.2. Reflectores dispersores. La dispersión es un fenómeno que se puede presentar dentro de la reflexión en superficies. Entre más grande es la capacidad de dispersión que presente una superficie reflectante, menor es el reflejo de la parte de luz dirigida.

Al igual que los reflectores especulares, los dispersores también se construyen de diferentes formas, y del mismo modo que los primeros pueden ser circulares, elípticos o parabólicos, entre otros; e incluso se pueden presentar mezclas o combinaciones de éstos. Se puede decir que los reflectores dispersores son las fuentes de luz más apropiadas para edificios bajos cuyo diseño arquitectónico contemple una, dos o tres plantas.

⁴ Ibid., p.11.

⁵ Ibid., p.7.

2.1.2.3. Reflectores difusores. El principio de la reflexión difusa plantea que al incidir la luz sobre una superficie que presenta rugosidades, ésta se refleja en distintas direcciones debido a las alteraciones de la superficie. El patrón que sigue la radiación de la luz depende directamente de las características que presente el área reflectante.

Debido al comportamiento que supone la teoría de la reflexión difusa, los reflectores difusores no son adecuados si lo que se desea obtener es el control de los rayos emitidos por un dispositivo de iluminación tal que dichos rayos sean bien definidos o precisos. Sin embargo, son de gran utilidad en escenarios o montajes donde lo que se busca es obtener niveles de iluminación uniformes. Generalmente se emplean para la iluminación al interior de estructuras arquitectónicas.

2.1.3. Conjunto de lentes. Los sistemas de lentes de los cuales se componen los dispositivos de iluminación son utilizados en la mayoría de los casos para fijar el rayo de luz en una dirección específica. Se puede decir de forma coloquial que la lente es la abertura ubicada en la carcasa de la luminaria por donde el rayo de luz sale o se proyecta. En general, es posible afirmar que como tal la lente o conjunto de éstas se emplea para fuentes de luz puntuales, en donde existe una direccionalidad entre los rayos de luz emitidos y, por lo tanto, se consigue que la luz proveniente del equipo de iluminación sea dirigida e ilumine el montaje escénico con uniformidad.

El sistema óptico completo de un dispositivo de iluminación está compuesto por el conjunto formado por la lente, si se dispone de una de ellas, y el reflector. Incluso, en algunos casos ciertos equipos cuentan con otros elementos para conformar el sistema óptico, los cuales permiten modificar de determinada manera el haz de luz saliente.

2.1.4. Dispositivos de sujeción o agarre. Los dispositivos de sujeción son responsables de mantener en una posición fija y segura un equipo instalado en una estructura, bien sea arquitectónica fija o móvil como lo son las *truss*. Éste soporta generalmente ocho veces el peso de referencia con el fin de garantizar la integridad del dispositivo instalado. Dependiendo de la forma, fabricante y uso del equipo de iluminación, se selecciona el dispositivo de agarre, por ejemplo, las cabezas móviles generalmente usan dos ganchos que no permiten la rotación de la base para garantizar el movimiento de la cabeza como tal.

2.1.5. Accesorios. Muchos de los dispositivos de iluminación pueden ser usados en conjunto con otros elementos específicos, diseñados para modificar de cierta manera la salida del rayo de luz. La utilización de diferentes elementos como complemento de las luminarias se realiza con diversos fines, que van desde limitar el haz de luz hasta la obtención de distintas figuras para ambientar un montaje escénico en particular.

Existe una gran gama de accesorios en el campo de la iluminación para entretenimiento. Entre los más utilizados se encuentran los que se describen a continuación.

2.1.5.1. *Gobos*. Son discos metálicos o de vidrio de acuerdo a las necesidades del diseño, que se perforan para crear un patrón o una plantilla mediante un proceso mecánico-químico, y se sitúan entre la lámpara y el lente del dispositivo de iluminación con el fin de darle formas a la luz que es emitida. De este modo se generan figuras que son proyectadas, las cuales pueden ser de diferentes motivos según las formas de los *gobos* comerciales que se encuentran en el mercado o personalizadas de acuerdo a los requerimientos del cliente o usuario final.

La utilización de *gobos* ayuda a crear texturas, sensaciones y emociones que complementan o respaldan un montaje escénico, además, generan un fuerte

impacto visual dadas las variadas formas de las cuales se dispone al hablar de este tipo de accesorio.

2.1.5.2. Viseras (*Barn Doors*). Se utilizan para disminuir el efecto de deslumbramiento que pueden experimentar algunos dispositivos de iluminación y que conlleva a la presencia de rayos de luz en áreas donde no se desea dentro del montaje escénico que se esté llevando a cabo. Se trata de cuatro láminas flexibles en forma de aletas, generalmente de color negro, que se ubican en la parte frontal de la luminaria, dispuestas individualmente en cada uno de los lados de la misma.

2.2. EQUIPOS DE ILUMINACIÓN QUE OPERAN CON DMX

Existen diversos equipos que se controlan hoy en día utilizando el protocolo DMX512. Así mismo, son muchas las funciones de un dispositivo de iluminación que pueden ser manejadas o dirigidas con el uso del protocolo. Es posible controlar desde el desplazamiento horizontal (*Pan*) y el desplazamiento vertical (*Tilt*) del equipo de iluminación, hasta la posición del *gobo* y del reflector.

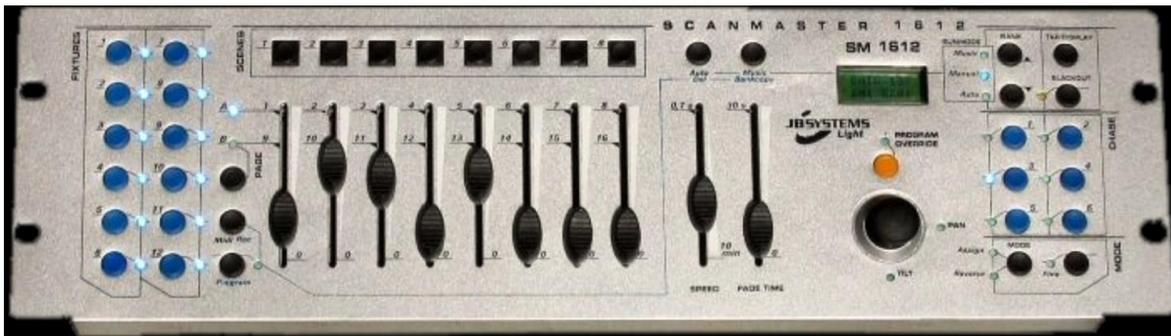
Los equipos que soportan el protocolo DMX, como se dijo al principio de este capítulo, van desde una simple consola hasta avanzados dispositivos controladores y luces robóticas inteligentes. A continuación se presenta una descripción de los dispositivos más representativos y de mayor utilización en la industria. Algunos de ellos son dispositivos de control, mientras que los otros son los equipos finales cuyos parámetros se desean controlar.

2.2.1. Consolas. Son dispositivos que cuentan con varios controles táctiles o *faders* mediante los cuales el usuario es capaz de manipular alguna función que controla cierto parámetro del dispositivo de iluminación. Las consolas toman esta información ingresada por la persona al mover la posición de los controles y la convierten en un formato digital de ocho (8) bits, el cual es procesado y transformado en información con la representación correcta para ser enviada como parte de una trama DMX que pueda ser interpretada correctamente por el receptor.

Las consolas DMX son equipos que han ido evolucionando con el paso de los años, de modo tal que han pasado de ser un dispositivo de control con algunas funciones básicas a convertirse en avanzados controladores que permiten incluso almacenar varias escenas y manejar muchos canales.

Dentro de la amplia gama de consolas de distintos fabricantes que se encuentran en el mercado, es posible conseguir una variedad de dispositivos gama baja como es el caso de una consola DMX de 192 canales fabricada por **JBSYSTEMS LIGHT** (Ver figura 9) que tiene bancos de escenas programables, controles deslizantes para manejar manualmente los canales y memoria de seguridad entre otras características, hasta complejos equipos gama alta como el controlador *Maxxyz Compact* (Ver figura 10) de la empresa **Martin Entertainment** que incluye otras características más avanzadas como son un *software* de programación y teclas digitales LCD (*Liquid Crystal Display*), interfaz gráfica personalizable, efectos especiales complejos, múltiples canales, salida para monitor externo VGA (*Video Graphics Array*) y hasta disco duro interno.

Figura 9. Consola DMX de 192 canales



Fuente: SONIDO E ILUMINACIÓN FIDELIT [En Línea]. España, 2009. <Disponible en: http://www.fidelitysound.net/web/components/com_virtuemart/shop_image/product/3b996f089722f9cd5e11926d37da3987.jpg>. [Consulta: 23 Jul. 2009].

Figura 10. Controlador *Maxxyz Compactk*

Fuente: MARTIN PROFESSIONAL. Maxxyz Compact [En Línea]. Estados Unidos, 2009. <Disponible en: <http://www.martin.com/product/images/Maxxyzcompact.jpg>>. [Consulta: 23 Jul. 2009].

2.2.2. *Dimmer*. Es un dispositivo que permite controlar la intensidad de la luz emitida por los quipos de iluminación utilizados para escenarios, siempre y cuando éstos últimos lo permitan. En la Figura 11 se observa un *dimmer* de 12 canales.

El mecanismo de control en forma general consiste en que el *dimmer* utiliza la información DMX recibida para controlar el ancho de un pulso, con el cual se varía el ángulo de conducción de un *triac* o un tiristor. De esta forma se efectúa el control de la corriente eléctrica que pasa a través del *dimmer* y con ello el voltaje o potencia suministrada a los dispositivos finales que se encuentren conectados al *dimmer*. Actualmente existen otros mecanismos como son el uso de PWM (*Pulse Width Modulation*) y la regulación por fase inversa que apuntan a convertirse en los sistemas de control del futuro, sin embargo, el uso de los *triac* y tiristores sigue siendo un método muy común para el proceso de control realizado por los *dimmers*. Además, se puede decir también que el empleo de este tipo de dispositivos supone una buena forma para adaptar la cantidad de luz necesaria según los requerimientos del ambiente o el entrono donde se esté trabajando, con un menor o bajo consumo.

Figura 11. *Dimmer*



Fuente: TEI ELECTRONICS INC [En Línea]. Estados Unidos, 2009
<Disponible en: <http://www.teilighting.com/images/controllers/dmxdim12.jpg>>. [Consulta: 23 Jul. 2009].

2.2.3. Lámparas PAR. Cuando se habla de dispositivos de iluminación PAR (Ver figura 12) se está haciendo referencia a lámparas hechas mediante un reflector aluminizado parabólico, de ahí el acrónimo en inglés (*Parabolic Aluminized Reflector*).

Este tipo de lámpara ofrece un buen control ya que permiten un buen manejo del haz de luz, obteniéndose desde un haz reducido o estrecho que se puede concentrar en un solo punto de acción, hasta un haz de luz amplio que abarque un área abierta. Además, son ideales para usarse en la iluminación en exteriores, ya que dada su construcción utilizando vidrio o cristal duro, son resistentes a las condiciones climáticas extremas o ambientes en donde las circunstancias sean un poco rústicas. Los ángulos de dispersión de la luz se consiguen en valores de 9°, 15° y 20°. Se debe tener en cuenta que para efectuar adecuadamente y en una mejor forma el control de haz luminoso se utiliza distintos tipos o esquemas de lámparas PAR.

Por otra parte, también son muy utilizadas para la iluminación en vitrinas, estudios de televisión, montajes escénicos para presentaciones de artistas en conciertos y en general en toda clase de iluminación arquitectónica. Se puede decir también que las PAR son incandescentes, por lo cual sólo transforman una pequeña porción de la corriente eléctrica que reciben en luz y el resto en calor.

Las lámparas PAR se consiguen en el mercado con un número asociado a las mismas, por ejemplo, se tienen luces PAR 64, PAR 38 y PAR 16 entre otras. Dicho número “indica el diámetro que tiene la lámpara en octavos de una pulgada”⁶.

⁶ WIKIPEDIA, THE FREE ENCYCLOPEDIA [En Línea]. Estados Unidos, 2009. <Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Stage_lighting_instrument#Types_of_instruments>. [Consulta: 30 Mar. 2009].

Además, se debe tener en cuenta que también existe un valor de potencia asociado al diámetro de la luminaria, por ejemplo, las PAR 38 y 16 manejan potencias de hasta 100W, mientras que las PAR 64 son capaces de manejar entre 500W y 1000W.

Figura 12. American DJ P-16



Fuente: PRO SOUND AND STAGE LIGHTING [En Línea].
Estados Unidos, 2004. <Disponible en: <http://www.pssl.com/images/ProdImage01/500/P-16B-SPECIAL.jpg>>.
[Consulta: 3 Jun. 2009].

2.2.4. Luces inteligentes. Este tipo de luces ha ido cobrando gran importancia en los últimos años. Hoy en día constituyen una de las tecnologías de mayor utilización a nivel mundial y se emplean en grandes espectáculos, desde conciertos de estrellas de rock hasta impresionantes montajes escénicos para la industria teatral.

La premisa bajo la cual trabaja la iluminación inteligente es la utilización de la información DMX para efectuar el control, no sólo de una función, sino de varias de éstas al mismo tiempo, como son, la forma del haz de luz, el color, y la textura, entre otras. Es decir, se emplean varios canales DMX simultáneamente y a través de cada uno de ellos se controla por separado una función específica del equipo de iluminación.

Esto implica que se necesita una dirección inicial para el primer canal y a partir de ella se tienen las direcciones seguidas de los demás canales, hasta el número total de canales que sea necesario. El número de canal utilizado para controlar una función específica depende del tipo de fabricante y del equipo. No se tiene una normativa que establezca que un canal en especial deba utilizarse para el control de una función determinada, por lo tanto, cada luminaria tiene su propio manual de usuario.

Dado que en las luces inteligentes se manipulan varias funciones que incluyen el movimiento de piezas como los *gobos*, se utilizan motores paso a paso a los cuales se les controla el ángulo del eje con la información transmitida en los canales DMX. De esta forma se pueden tener varios motores controlando el giro de un espejo, la rotación, el enfoque de la luz, el movimiento de pan y *tilt* en un mismo equipo de iluminación. Esta gran cantidad de accesorios de iluminación es lo que ha convertido a las luces inteligentes en las de mayor demanda en el mercado del entretenimiento debido a la cantidad de efectos modernos que permiten crear en los espectáculos actuales.

2.2.5. DMX en computadores. A pesar que esta sección del capítulo hace referencia a los dispositivos de iluminación que operan bajo el protocolo DMX512, es importante mencionar que dados los grandes avances de la tecnología y la gran ocupación y aceptación que tienen en el mercado los computadores de escritorio (*desktop*) y los computadores portátiles (*laptop*), es lógico suponer que deben existir herramientas que permitan la utilización de DMX en conjunto con estos equipos informáticos.

En la actualidad, muchas empresas han sacado al mercado *software* que permite manejar desde el computador equipos que operen bajo el protocolo DMX512 mediante el uso de interfaces USB-DMX. Dichos *software* permiten desde la

manipulación y el control de equipos de iluminación sencillos, hasta la creación de complejas escenas que pueden ser guardadas en el disco duro del computador.

Dentro de las empresas con interfaces para PC (*Personal Computer*) se encuentran algunas de gran renombre como **Martin Professional**, la cual, entre su gama de aplicaciones, presenta una que se ha convertido en la preferida por muchos usuarios a nivel mundial. El llamado *Martin Light-Jockey-USB* (Ver figura 13) constituye un potente sistema de control de iluminación que incluye no sólo una interfaz física o *hardware* que convierte datos de USB a DMX, sino que cuenta con un *software* muy completo y de fácil manejo que permite al usuario hacer uso de una gran cantidad de funciones y librerías que proporcionan control sobre múltiples equipos de varias marcas; incluso, tiene un simulador que brinda la posibilidad de representar de manera virtual ambientes y secuencias de luces de los mismos en 3D, al tiempo que es posible la reproducción de archivos de audio de varias extensiones incluida la MP3⁷.

Figura 13. Plataforma *Light-Jockey*



Fuente: MARITN PROFESSIONAL [En Línea]. Estados Unidos, 2009.
<Disponible en: <http://www.martin.com/product/images/lightjockey.jpg>>.
[Consulta: 23 Jul. 2009].

⁷ MARITN PROFESSIONAL. LightJockey 2™ [En Línea]. Estados Unidos, 2009. <Disponible en: <http://martin.com/product/product.asp?product=lightjockey>>. [Consulta: 3 Jun. 2009].

De igual modo, además de las soluciones que ofrece ***Martin Professional*** existe una gran cantidad de equipos en el mercado que brindan la posibilidad de controlar dispositivos de iluminación desde el computador personal haciendo uso de una interfaz USB-DMX incluida en un *hardware* que además adiciona un paquete de *software* para el control de la interfaz y que supone una suite completa para el manejo de las luminarias. Es decir, el *software* de control y la interfaz se entienden como un solo paquete.

Es importante mencionar que cuando se habla de interfaces para computadoras es necesario tener ciertas consideraciones de seguridad. Dado que en su mayoría los PC tiene como sistema operativo alguna versión de *Windows*, y que en ocasiones éstas pueden resultar inestables, es preferible utilizar un equipo dedicado que no se encuentre conectado a una red LAN y por tanto no sea susceptible a actualizaciones desde Internet que requieren recursos de la máquina. En general se recomienda hacer uso de un computador optimizado para el control de equipos de iluminación, con el *software* necesario sólo para este tipo de trabajo y que por tanto no tenga instalados otros programas que innecesariamente consuman recursos de la máquina.

2.2.6. *Ethernet* y el protocolo DMX512. *Ethernet* es el estándar de comunicaciones más utilizado en las implementaciones de redes de área local. Dada la aceptación masiva de este protocolo a nivel mundial, es lógico pensar que sus alcances incluyan el uso de esta tecnología para el control de equipos de iluminación.

La utilización de *Ethernet* para el envío de información DMX supone ventajas con respecto al uso normal del protocolo para la transmisión de los datos. En especial, en el caso de las luces inteligentes, las cuales a medida que pasa el tiempo y por las exigencias del mercado requieren cada vez más de varios universos DMX, es

decir demandan más de 512 canales para efectuar los procesos de control de las mismas. Esto último es fácil de manejar usando la tecnología *Ethernet*, ya que ésta permite el envío de datos de múltiples universos a través de los cables de par trenzado comúnmente utilizados en los montajes de las LAN. Además, es posible realizar implementaciones inalámbricas a través de Wi-Fi, así como también brindar a los equipos de iluminación, consolas controladoras y otros dispositivos la posibilidad de comunicarse utilizando las dos líneas de transmisión de una red *Ethernet*, algo que no se puede llevar a cabo con el simple uso del protocolo DMX512.

3. COMUNICACIÓN WI-FI

Las tecnologías de comunicación han ido evolucionando con el paso de los años conforme crecen las necesidades de la sociedad. Dentro de los estándares establecidos para las redes de datos se encuentran especificaciones para sistemas de comunicación cableados y también para los sistemas inalámbricos. Estos últimos han ido tomando gran importancia a partir de la década del 90, debido a que permiten el acceso a las tradicionales redes cableadas pero con las ventajas propias de las tecnologías inalámbricas como son la movilidad para los usuarios y la poca utilización de cableado.

Es importante dar a conocer los conceptos relacionados con tecnologías inalámbricas, así como el estándar específico que corresponde a Wi-Fi para poder entender los alcances de este tipo de tecnología y la importancia que está tomando en la transmisión de comunicaciones bajo el protocolo DMX.

3.1. REDES INALÁMBRICAS

Los medios inalámbricos permiten la propagación de señales utilizando portadoras de radiofrecuencia que se encargan de transportar la información. En las últimas décadas, los esfuerzos para el desarrollo de las formas de comunicaciones se han centrado en lograr avances en el campo de las redes inalámbricas, considerando que éstas representan un complemento de las actuales y muy difundidas redes cableadas, es decir, pueden ser vistas como una extensión que presenta grandes

ventajas de movilidad y acceso para el usuario final, sin pretender reemplazar a las tradicionales redes que utilizan como medio de transmisión un medio guiado.

Las redes inalámbricas de área local o WLAN (*Wireless Local Area Network*) constituyen redes que han ganado significativa aceptación entre el público y los fabricantes de dispositivos. Una WLAN, como su nombre lo indica, es una red que utiliza un medio de transmisión inalámbrico en donde los enlaces que interconectan los dispositivos se hacen a través de medios no guiados, los cuales transportan señales electromagnéticas mediante radiofrecuencia o microondas que permiten movilidad a los usuarios dentro de una limitación geográfica, de ahí el concepto de área local. Para la implementación de una LAN inalámbrica se requiere de un punto de acceso inalámbrico (AP) que se encargue de concentrar las señales y conectarse a la infraestructura cableada existente, y de un adaptador NIC inalámbrico para permitir la conectividad al medio por parte de los dispositivos dentro de la red. También se pueden implementar topologías de *ad-hoc* en donde no se requiere ninguna infraestructura de red, ya que los dispositivos terminales adaptados con tecnología inalámbrica se comunican directamente entre sí.

Las velocidades de transmisión de las redes inalámbricas son inferiores si se les compara con las alcanzadas por las redes de área local cableadas. Mientras que las WLAN tienen velocidades comprendidas aproximadamente entre 2Mbps y 54Mbps, las redes que utilizan medios de transmisión guiados e implementan tecnologías como *Ethernet* alcanzan velocidades de transmisión que van desde 10Mbps hasta 100Mbps, e incluso se habla en estos momentos de velocidades de 10Gbps. Sin embargo, las redes inalámbricas suponen una tecnología de gran utilidad, porque permiten llevar a cabo implementaciones en lugares en donde es imposible la instalación de cable o cualquier otro tipo de medio guiado.

3.2. WI-FI

Wi-Fi corresponde a una tecnología LAN inalámbrica, es decir, es un sistema de transmisión de datos que utiliza radiofrecuencia y permite conectar dispositivos entre sí sin necesidad de utilizar cables. También, Wi-Fi es una marca registrada de la *Wi-Fi Alliance* que es la organización que se encarga a nivel mundial de certificar equipos que operen bajo las normas establecidas por los estándares IEEE 802.11; los cuales han sido desarrollados por el IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) que es una organización internacional encargada de la creación de estándares para la industria de las tecnologías eléctricas y electrónicas. Se puede decir que Wi-Fi es una certificación que garantiza la interoperabilidad de los productos fabricados bajo su sello.

3.2.1. *Wi-Fi Alliance*. A finales de la década del 90, en el año 1999, algunas compañías e industrias líderes en el mercado mundial se unieron con el fin de crear una organización que velara por el establecimiento de un estándar para las tecnologías implementadas en las redes inalámbricas de área local. Se buscaba garantizar la interoperabilidad entre los productos de varios fabricantes para este tipo de tecnología. En un principio, esta asociación fue nombrada como WECA (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance*) hasta el año de 2003 cuando se consolidó como *Wi-Fi Alliance*. Desde su creación, ha contribuido a la certificación de múltiples productos con la ayuda de su programa *Wi-Fi Certified*, lo cual garantiza al usuario final y a las empresas productoras, que los equipos que ofrecen operan correctamente según las especificaciones del estándar IEEE802.11 y además, asegura la calidad e interoperabilidad de los mismos con los productos de otros fabricantes. *Wi-Fi Alliance* cuenta hoy en día con más de 300 miembros a nivel mundial en varios países que aún siguen trabajando en busca de mejorar las capacidades y los servicios de Wi-Fi ofrecidos a los

consumidores, y continúan con las pruebas y ensayos para la certificación de dispositivos.

3.2.2. Estándar IEEE 802.11. El estándar creado por el IEEE define las especificaciones para las dos capas inferiores del modelo de referencia OSI (la capa física y la capa de enlace de datos) que deben tenerse en cuenta al momento de realizar la implementación de redes inalámbricas de área local.

3.2.2.1. Capa Física. La capa física es la encargada en cualquier modelo de brindar los medios de transporte para los *bits* que componen la trama de datos. En esta capa se definen varios aspectos, entre ellos, la forma de modulación y señalización utilizada para la transmisión de los datos.

- Espectro ensanchado por saltos de frecuencia o FHSS (*Frequency Hopping Spread Sepectrum*). Esta técnica que opera en el rango de los 2.4GHz consiste en transmitir la señal de datos haciendo uso de una portadora de cierta frecuencia durante un intervalo de tiempo. Luego, se cambia el valor de la frecuencia de emisión y se continúa con la trasmisión de la información. De este modo se hacen saltos en frecuencia de forma aleatoria que constituyen un pseudo-patrón. Las secuencias se han diseñado para garantizar un mínimo de distancia en frecuencia entre saltos contiguos. Tanto el emisor como el receptor deben tener configurados el mismo código de saltos para poder garantizar la recepción de la señal de forma confiable. El número de canales permitidos es 79 en los Estados Unidos y Europa y 23 para Japón⁸.

⁸ DE MIGUEL PONCE, Enrique; MOLINA TORTOSA, Enrique y MOMPÓ MAICAS, Vicente. Redes inalámbricas : IEEE 802.11 [En Línea]. S.l., 2009. p. 13. <Disponible en: <http://www.nootes.org/document/oyGK4sL7z8udX>>. [Consulta: 15 May. 2009].

Éstos canales están separados por un espaciamiento de 1MHz a partir del primer canal. La tasa mínima de saltos es regulada por las autoridades correspondientes en cada país. Utiliza modulación GFSK (*Gaussian Frequency-Shift Keying*).

- Espectro ensanchado por secuencia directa o DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*). Esta técnica opera en el rango de frecuencias de 2.4GHz a 2.4835GHz en Estados Unidos, Europa y China⁹. En Japón, el rango utilizado es el de 2.471GHz a 2.497GHz según lo establecido por los organismos reguladores¹⁰. Consiste en el envío de una señal de datos combinada con un formato de bits redundante de gran tamaño para cada uno de los bits transmitidos, lo cual incrementa la resistencia de la señal a la interferencia. Es necesario que el receptor conozca el patrón de codificación utilizado por el emisor de modo que pueda ser capaz de decodificar la señal de manera correcta. Con la técnica DSSS es posible también la transmisión de la información utilizando varios canales simultáneamente, mientras se cumpla la condición de no solapamiento entre las frecuencias elegidas; la cual establece que debe existir una distancia entre las frecuencias centrales de cada canal de al menos 30MHz. Utiliza dos tipos de modulación, una por desplazamiento diferencial de fase binaria o DBPSK (*Differential Binary Phase Shift Keying*) y otra por desplazamiento en cuadratura diferencial de fase o DQPSK (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*).

⁹ Ibid., p.12.

¹⁰ OCAÑA MIGUEL, Manuel. Sistema de Localización Global Wi-Fi aplicado a la navegación de un obot semiautónomo [En Línea]. España, 2005. p. 67. <Disponible en: <http://www.depeca.uah.es/personal/mocana/Tesis/tesis.pdf>>. [Consulta: 25 May. 2009].

- Infrarrojos. Utiliza un rango cercano al de la luz visible con longitudes de onda comprendidas entre los 850nm y 950nm¹¹. El proceso de comunicación entre el receptor y el transmisor se efectúa sin la necesidad de una línea directa de visión entre ellos, con un alcance cercano a los 10 metros e incluso el doble dependiendo de la precisión del dispositivo receptor. Dado que la radiación infrarroja del espectro electromagnético no atraviesa paredes y es susceptible a la atenuación cuando traspasa espacios cerrados por medio de ventanas, o se puede ver afectada por la presencia de cuerpos opacos, es preferible mantener una red inalámbrica implementada mediante infrarrojos contenida en un mismo espacio físico o entorno localizado como un salón. Esta tecnología utiliza modulación por posición de pulsos 16-PPM y 4-PPM, las cuales brindan velocidades de transmisión de 1Mbps y 2 Mbps respectivamente¹².

3.2.2.2. Capa de Control de Acceso al Medio. Esta capa es la encargada de proporcionar un modo para el intercambio de los datos a través de los medios locales.

El método fundamental mediante el cual se realiza el acceso al medio y se lleva a cabo el intercambio de información en las redes inalámbricas de área local es el conocido como CSMA/CA (Acceso múltiple por Detección de Portadora con Prevención de Colisiones).

¹¹ LÓPEZ ORTIZ, Francisco. El estándar IEEE 802.11 Wireless LAN [En Línea]. España, 2007. p. 10. <Disponible en: <http://greco.dit.upm.es/~david/TAR/trabajos2002/08-802.11-Francisco-Lopez-Ortiz-res.pdf>>. [Consulta: 26 May. 2009].

¹² DE MIGUEL PONCE, Enrique; MOLINA TORTOSA, Enrique y MOMPÓ MAICAS, Vicente. Redes inalámbricas : IEEE 802.11 [En Línea]. S.l., 2009. p. 15. <Disponible en: <http://www.nootes.org/document/oyGK4sL7z8udX>>. [Consulta: 26 May. 2009].

En este método, para que una estación pueda transmitir, primero debe escuchar el medio para determinar si otra estación está transmitiendo. Si encuentra que el medio no está ocupado, entonces la estación puede llevar a cabo la transmisión. Se debe tener en cuenta que existe un tiempo mínimo de duración entre secuencias de *frames* continuos. La estación que desea transmitir debe asegurarse que el medio ha estado inactivo durante la duración requerida antes de realizar el intento. Si al comprobar el estado del medio se encuentra que éste está ocupado, se espera a que el emisor termine la transmisión actual antes de realizar cualquier otra acción. Después de finalizado el tiempo de espera, es decir, después que se completó una transmisión exitosa, la terminal debe elegir un retardo en lo que se conoce como algoritmo de postergación o intervalo de *backoff* que genera una espera adicional aleatoria. Con esto se busca evitar las colisiones, sobre todo cuando existen varios terminales esperando para poder transmitir. Una transmisión se considera exitosa si se recibe una confirmación ACK (*Acknowledgement*) por parte del equipo receptor.

El método CSMA/CA presenta ciertos problemas como el caso del nodo escondido* y nodo expuesto**, que han sido tratados en revisiones del estándar IEEE 802.11 generando mecanismos de intercambio de mensajes que se agregan al funcionamiento normal de este método de acceso, como una forma para evitar los problemas anteriormente mencionados.

* Un problema de nodo escondido es una situación que se presenta cuando una terminal desea transmitir y piensa que el canal está libre o desocupado, pero en realidad está siendo utilizado por otro nodo al cual no alcanza a escuchar, es decir, la terminal no logra detectar la transmisión en curso.

** Un nodo expuesto es una situación en la que una terminal desea transmitir y piensa que el canal está siendo ocupado, pero en realidad se encuentra libre ya que el nodo al cual está escuchando no interfiere en el proceso de transmisión de los datos al punto de acceso seleccionado.

Actualmente, cuando una estación desea transmitir, debe enviar primero una solicitud al punto de acceso, un RTS (*Request to Send*) que contiene la longitud del mensaje que se desea enviar. Seguidamente, el punto de acceso difunde a los demás nodos un retardo conocido como NAV (*Network Allocation Vector*) que se calcula teniendo en cuenta la longitud del mensaje especificada en el RTS y que le indica a los nodos que no pueden transmitir durante ese tiempo más un tiempo extra establecido por el algoritmo de postergación, es decir, el tiempo que determina el intervalo de *backoff*. Si no se presenta ningún inconveniente, el punto de acceso le envía a la terminal solicitante un mensaje CTS (*Clear to Send*) que lo faculta a enviar la trama de datos. Si esta autorización no se recibe se asume que hubo una colisión y se repite el proceso.

3.2.3. Estándares específicos IEEE 802.11x. Existen varias revisiones del estándar original sacado por el IEEE para las redes inalámbricas.

3.2.3.1. IEEE 802.11a. Funciona en la banda de frecuencias de 5GHz con una velocidad máxima teórica de 54Mbps. Utiliza una modulación conocida como OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales) que emplea un conjunto de varias portadoras. Este hecho, sumado a la frecuencia en la cual opera hace que sea incompatible con el estándar 802.11b, sin embargo en la actualidad existen algunos dispositivos capaces de soportar ambos protocolos. Esta versión tiene como ventaja la poca interferencia precisamente debido a que la banda de frecuencias que utiliza no se encuentra congestionada como es el caso de la de 2.4GHz, pero como inconveniente tiene un consumo de potencia más alto y un menor alcance por el uso de una frecuencia mayor¹³.

¹³ X-NET : DISTRIBUIDOR OFICIAL DE CISCO Y LINKSYS EN ESPAÑA. Estándares inalámbricos : Pasado, presente y futuro de las redes wireless [En Línea]. España, 2009. p. 3. <Disponible en: <http://www.x-net.es/tecnologia/wireless.pdf>>. [Consulta: 1 Jun. 2009].

3.2.3.2. IEEE 802.11b. Opera en la banda de frecuencias de 2.4GHz a 2.497GHz con velocidades que pueden teóricamente alcanzar máximo los 11Mbps. Emplea una técnica de codificación avanzada para el incremento de las velocidades conocida como CCK (*Complementary Code Keying*), la cual es compatible con la modulación DSSS utilizada en las especificaciones del estándar IEEE 802.11, pero no con las técnicas implementadas por FHSS o infrarrojos. Por otra parte, dado que es posible encontrar entornos en donde los niveles de ruido para la señal sean considerables, y también las distancias, la versión 802.11b tiene una característica particular llamada DRS (Tasa de Cambio Dinámico) que permite realizar un ajuste automático de las velocidades con el fin de compensar los problemas que se puedan presentar en la recepción de los bits de datos. En cuanto a las distancias permitidas al implementar este protocolo, se han establecido algunos valores tanto en espacios abiertos como cerrados, pero la verdad es que estas medidas dependen del entorno y los obstáculos que se presenten en el mismo¹⁴.

3.2.3.3. IEEE 802.11g. Opera en la banda de frecuencia de 2.4GHz a 2.4835GHz permitiendo una velocidad máxima teórica de 54Mbps. Esta versión es compatible con la 802.11b ya que operan en las mismas frecuencias, pero tiene velocidades superiores. Emplea OFDM al igual que el estándar 802.11a, sin embargo, dada la necesidad de compatibilidad con su antecesor, el IEEE 802.11b, implementa además CCK y opcionalmente PBCC (Codificación Convolucional Binaria de Paquetes)¹⁵.

¹⁴ Ibid., p.2.

¹⁵ Ibid., p.3.

En la Tabla 2 se presenta un resumen de las principales características de los diferentes estándares.

Tabla 2. Comparación entre los diferentes estándares de capa PHY y MAC IEEE 802.11x

Versión	802.11a	802.11b	802.11g
Banda de Operación	5GHz	2.4GHz	2.4GHz
Velocidad Teórica Máxima	54Mbps	11Mbps	54Mbps
Velocidad Práctica Máxima	27Mbps	4Mbps – 5Mbps	25Mbps
Técnica de Modulación	OFDM	DSSS/CCK	OFDM/CCK

4. DISEÑO DEL PROTOTIPO

El desarrollo de un prototipo de interfaz inalámbrica para DMX requiere de varios pasos importantes que se deben seguir. Al igual que en el caso de cualquier diseño, se debe partir de un estudio detallado de los alcances que se quieren lograr y de los fundamentos teóricos que supone la utilización de ciertas tecnologías incluidas en el manejo del dispositivo final.

El trabajo que se realiza para llegar a la obtención final del prototipo se puede dividir en varios ítems. Cada uno de ellos presume de un tiempo necesario para su realización y de una metodología específica para llevarlo a cabo. Si se tienen en cuenta los objetivos definidos para este proyecto, así como los alcances del mismo, es claro que el primer paso a seguir es de carácter instructivo y requiere el estudio del protocolo que se desea manipular con el dispositivo a desarrollar.

4.1. DESARROLLO DEL PROTOTIPO PARA INTERFAZ INALÁMBRICA

4.1.1. Fase de estudio preliminar. En esta fase se lleva a cabo el proceso de estudio del protocolo DMX. Dado que el objetivo general del proyecto es la consecución de un prototipo capaz de operar con dispositivos controladores y receptores que soportan el estándar DMX512, es necesario tener un conocimiento de la forma de operación de dicho protocolo. La fase de estudio preliminar abarca las primeras semanas del tiempo total establecido para la realización del proyecto. Durante éstas, se dedica la mayor parte del tiempo a estudiar de manera minuciosa las especificaciones técnicas, físicas y eléctricas que establece el estándar, para poder diseñar e implementar los circuitos necesarios para capturar

y manipular la información DMX originada en un dispositivo de prueba llamado *Dr. DMX tester*, que opera de forma similar a una consola pero con funciones menos complejas y limitadas a la visualización de un solo canal a la vez.

Así mismo, en esta primera etapa se hace mucho énfasis en el estudio detallado de la trama de datos del protocolo DMX512. Es importante tener un conocimiento claro de la forma de operación del estándar, ya que a partir de ello es posible determinar el modo como debe funcionar la lógica de programación utilizada para el algoritmo de recepción y transmisión del protocolo. Se puede decir que el estudio de la trama de datos DMX representa una de las partes más importantes de la fase de investigación preliminar, ya que como se explicó anteriormente, constituye la base para el desarrollo del algoritmo de recepción, que a su vez es el primer paso que se debe dar si se quiere empezar a manipular la trama o información suministrada por el equipo elegido para la realización de las pruebas preliminares.

Una vez se tiene la información teórica analizada, se procede a corroborar en el laboratorio empleando dos métodos diferentes. Primero, se intenta verificar la trama en el programa de emulación de terminal *Hyperterminal* de *Windows XP*, el cual ofrece una captura de datos de manera serial a una velocidad adecuada de comunicación; sin embargo, dada la alta tasa de transferencia del protocolo DMX, así como la gran cantidad de ceros (0) emitidos por el *Dr. DMX tester* resulta infructuoso intentar observar una secuencia lógica.

En el segundo método se hace uso del osciloscopio digital, siendo aún difícil la visualización de la trama dado su tamaño y alta velocidad. No obstante, luego de varios intentos, se observa la información de un canal específico logrando corroborar lo estudiado previamente.

Por último, pero no menos importante, se tiene el estudio del módulo EUSART (*Enhanced Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) del **PIC18F4420**. Se debe aclarar que éste no es el microcontrolador con el cual se implementará finalmente el prototipo, pero es el utilizado para las pruebas iniciales debido a que se consigue fácilmente en el mercado y que la operación del módulo anteriormente mencionado es igual a la del PIC elegido para el montaje final, el **PIC18F97J60** que contiene embebido un módulo *Ethernet*.

En esta fase también se realiza el estudio de los registros de memoria necesarios para el correcto funcionamiento de la EUSART de acuerdo a las condiciones especificadas por el estándar DMX512, como son la recepción y transmisión asíncrona a una velocidad de 250Kbps. Se identifican no sólo los registros que se deben manipular, sino también, la configuración necesaria para asignar a cada uno de ellos de acuerdo a las exigencias del protocolo.

4.1.2. Fase de diseño del algoritmo de recepción y transmisión. Una vez que se tiene el conocimiento sobre la trama de datos del protocolo DMX512 y la forma como este funciona, y además, se conocen los registros necesarios en el PIC18F4420 para poder realizar el proceso de recepción y transmisión de la trama de datos, se procede a realizar el montaje de los circuitos necesarios y a desarrollar el algoritmo requerido para procesar y manipular la información recibida. Se elige implementar el código del algoritmo en lenguaje de programación PICC empleando para ello el compilador CCS PCWH versión 4.023 debido a los conocimientos adquiridos en este *software* con anterioridad. En estas primeras pruebas se implementa un programa que permite recibir la trama de datos, observar el canal seleccionado y la información asociada al mismo en un LCD.

La recepción y análisis de la trama DMX se hace dentro de la interrupción de **dato recibido** en el módulo EUSART en vez de incluir una función en el ciclo principal de trabajo, de esta forma se garantiza la recepción continua de datos sin perder información. Para implementar la transmisión, se invoca una función durante la rutina principal, la cual, envía de forma ordenada los datos al *buffer* de transmisión.

4.1.2.1. Equipo de prueba DMX. Para llevar a cabo la implementación de un algoritmo de recepción, se requiere contar en primera instancia con un dispositivo capaz de generar datos en formato DMX. Dr. DMX *tester* (Ver figura 14) es el equipo elegido para la realización de las pruebas de recepción. Se trata de un dispositivo de fácil manejo y muy práctico que permite transmitir uno (1) de 512 canales, y mediante un *fader* controlar el valor del dato desde 0 hasta 255 y visualizarlo en una pantalla LCD. El equipo se alimenta mediante baterías o a través de un adaptador de voltaje. Además, cuenta con conexión XLR para el control DMX.

Figura 14. Dr. DMX *tester*



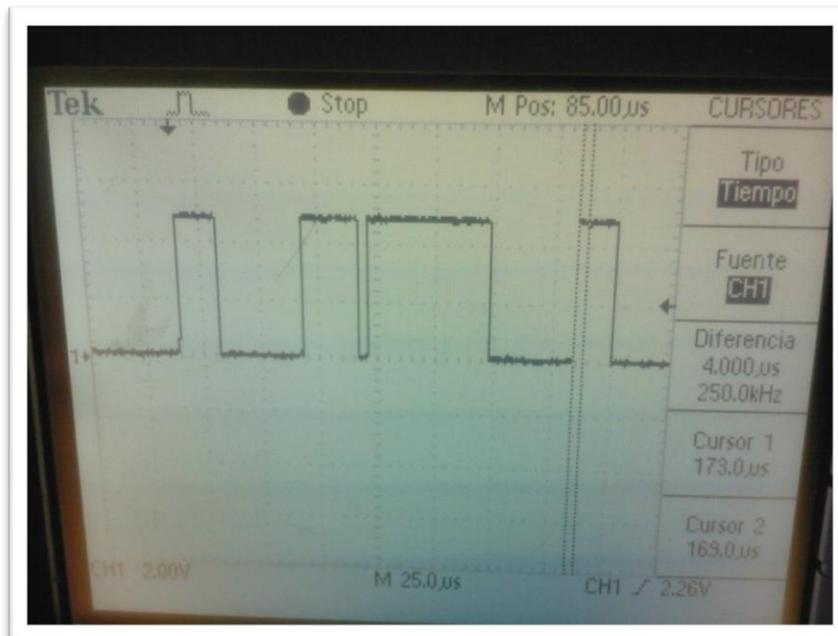
Utilizando el conector XLR del Dr. DMX *tester* se realiza la conexión a la tarjeta que se emplea para verificar la rutina de captura de datos del microcontrolador

PIC18F4420, que es el dispositivo que cuenta con el algoritmo para manipular los datos suministrados por el equipo de prueba.

Se debe tener en cuenta que debido a que el protocolo DMX512 está basado en el estándar RS-485, el circuito de recepción, así como el de transmisión*, se implementan utilizando un circuito integrado MAX485**.

Las señales que se obtienen a partir del Dr. DMX *tester* son de la forma mostrada en la Figura 15, éstas se logran en el laboratorio como se observa en la Figura 16.

Figura 15. Trama de datos a partir del Dr. DMX *tester*



* El diagrama esquemático que muestra las conexiones implementadas para los circuitos de recepción y transmisión de la trama DMX512 se presenta en las imágenes correspondientes al diseño de la PCB.

** El circuito integrado MAX485 es un *transceiver* para comunicaciones RS-485, el cual incluye en una misma pastilla terminales para la recepción y la transmisión de los datos.

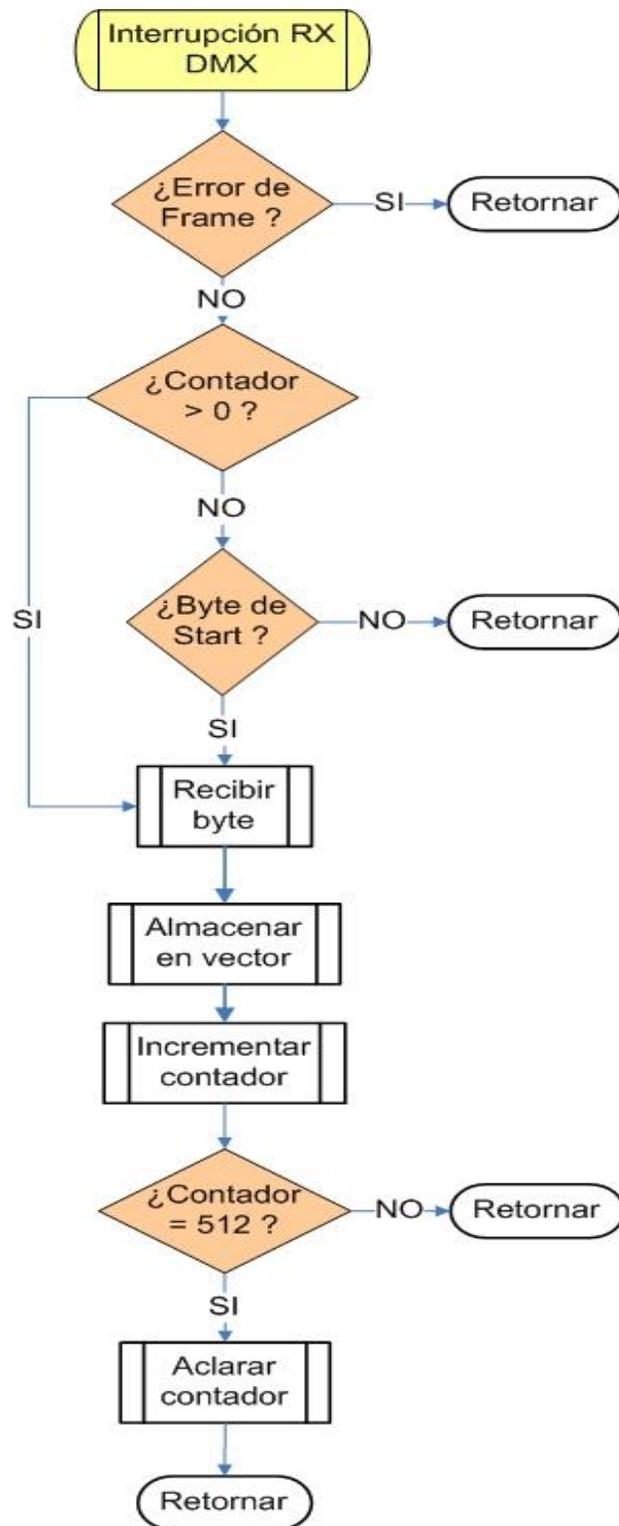
Figura 16. Conexiones para la recepción DMX



4.1.2.2. Algoritmo de recepción DMX. La recepción de datos DMX supone un conocimiento de los posibles estados que puede tener la trama de datos del protocolo (*break*, *start*, canal). Para desarrollar un algoritmo que sea capaz de procesar los datos recibidos bajo el formato del estándar, y además manipularlos, se debe crear una máquina de estados que contemple todas las etapas que atraviesa la trama, y de acuerdo a ellas ejecute una acción.

En la memoria RAM (*Random Access Memory*) del microcontrolador se almacena una variable que controla el estado de la recepción incrementando su valor cada vez que ésta avanza; también se almacena en un vector de 512 posiciones la información de cada canal, reiniciando la máquina de estados cuando el contador de canales llega a 512. El algoritmo implementado sigue una secuencia como la descrita en el diagrama de flujo de la Figura 17:

Figura 17. Diagrama de flujo del programa de recepción



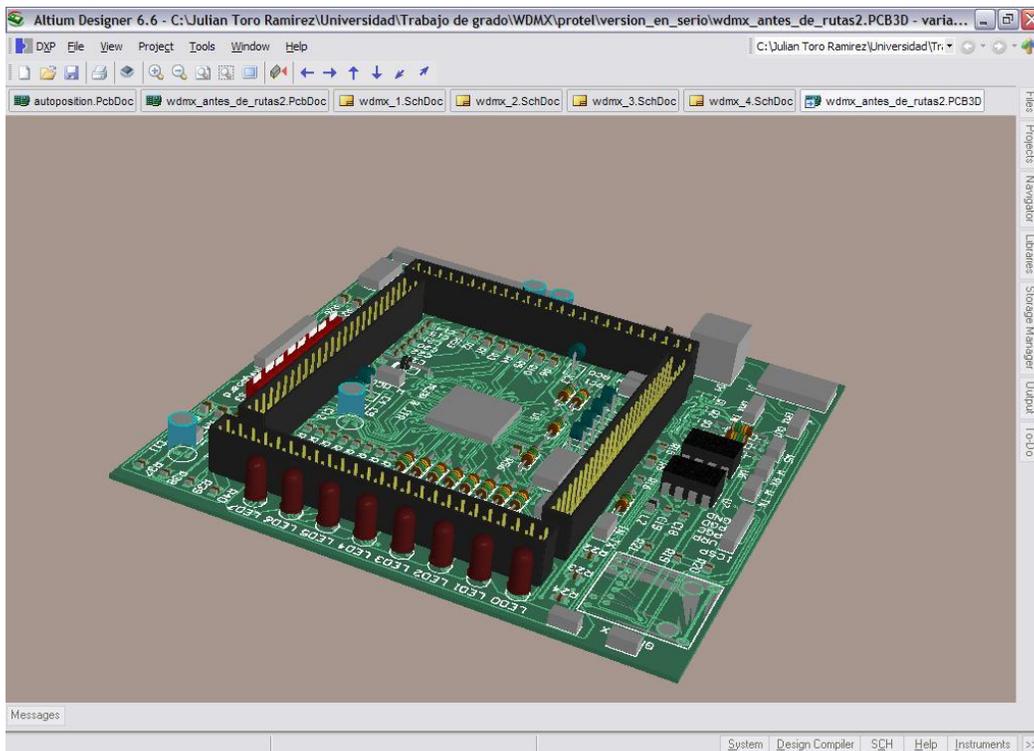
4.1.2.3. Algoritmo de transmisión DMX. El proceso de transmisión de la información en formato DMX512 a un dispositivo final es menos complejo que la recepción descrita en el ítem anterior ya que al momento de transmitir simplemente se envían los datos en el orden correcto al *buffer* de salida, sin analizarlos. Para desarrollar el algoritmo es necesario estudiar el funcionamiento del módulo de transmisión del PIC18F97J60. Finalmente se implementa una lógica de programación que sigue una secuencia como la descrita en el diagrama de flujo de la Figura 18.

Figura 18. Diagrama de flujo del programa de transmisión



4.1.3. Fase de diseño de la PCB. Para llevar a cabo la implementación de los circuitos de recepción y transmisión, así como también los del envío de la información mediante *Ethernet*, se debe realizar el diseño de la tarjeta con las conexiones necesarias para el funcionamiento adecuado de todos los componentes electrónicos que se conectarán al microcontrolador elegido para el desarrollo final del proyecto (**PIC18F97J60**). Dado que el PIC seleccionado para trabajar es de montaje superficial y que se utilizan algunos dispositivos como el conector *magjack* que requieren de un cuidado especial, se decide diseñar un circuito impreso o PCB (*Printed Circuit Board*) que se ajuste a todas las necesidades del prototipo de interfaz inalámbrica para dispositivos DMX que se desea implementar. La tarjeta se diseña utilizando el programa *Altium Designer 6*, el cual es un *software* especializado para el diseño de circuitos impresos y diagramas esquemáticos. El entorno de trabajo de dicho programa se muestra en la Figura 19.

Figura 19. Entorno de programación *Altium Designer 6*



El diseño final de la PCB incluye, entre otros, los circuitos para la fuente de alimentación, la recepción y transmisión de la trama de DMX, así como los componentes necesarios para el envío de datos utilizando tecnología *Ethernet*. Esto último se logra gracias a la utilización del conector *magjack* y a la implementación de conexiones especiales con componentes electrónicos dispuestos en formas específicas que se encuentran descritas en la hoja de datos del PIC18F97J60 y que hacen referencia al uso del módulo *Ethernet* contenido en este microcontrolador. Es importante resaltar que se incluyen dentro del diseño del circuito impreso unos terminales especiales utilizados para acoplar la tarjeta con un programador USB que sirve de interfaz para poder grabar el algoritmo creado en el compilador CCS PCWH en la memoria del PIC.

Algunos de los circuitos más importantes para el desarrollo de las funciones que cumple el prototipo se presentan en las Figuras 20, 21 y 22.

Figura 20. Circuito de recepción de DMX

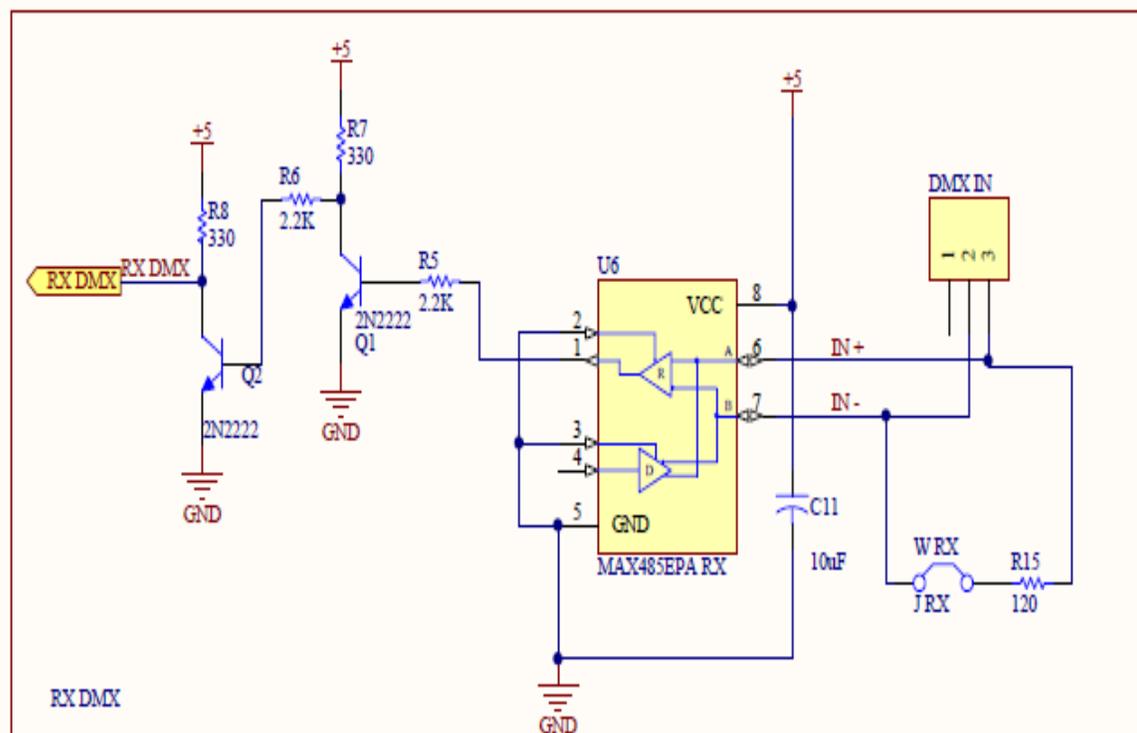
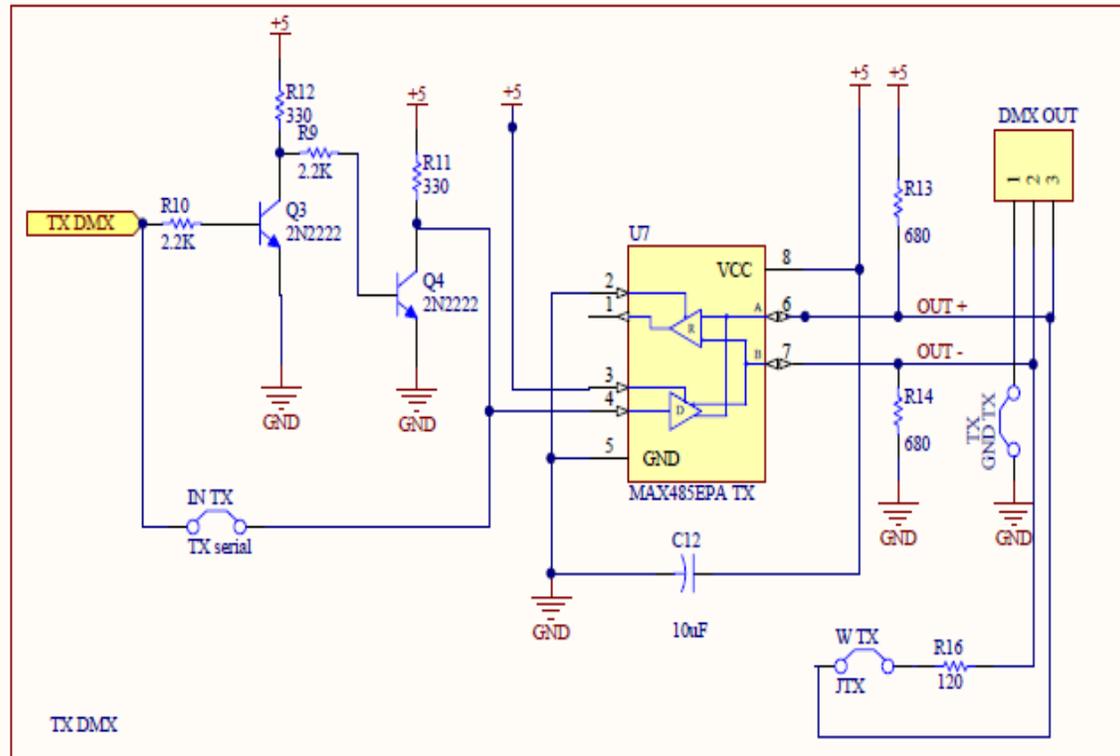
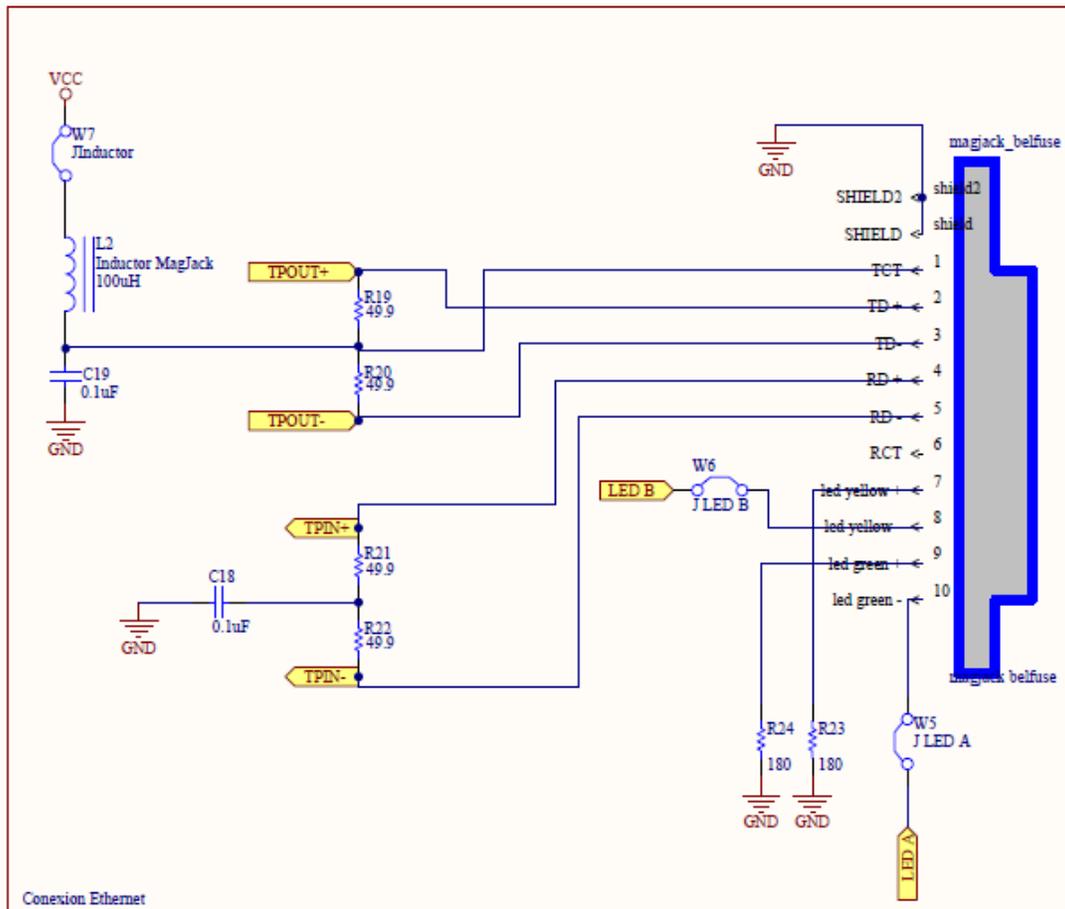


Figura 21. Circuito de transmisión de DMX



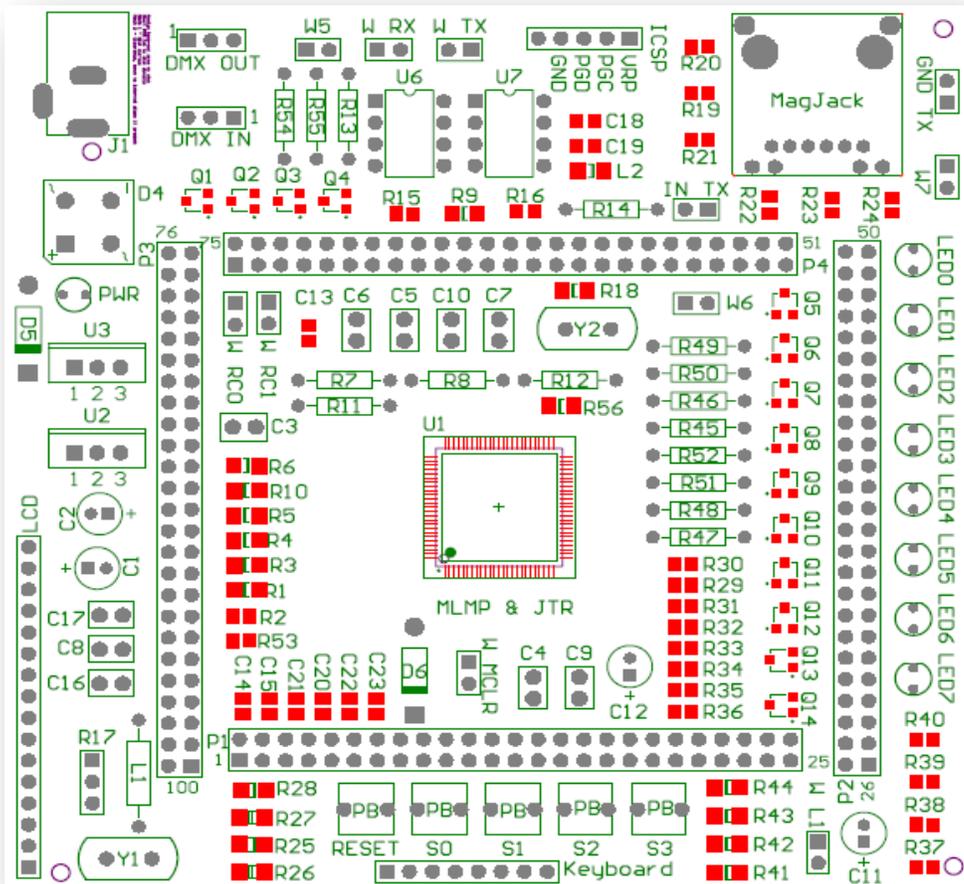
Dado que el proyecto consta de dos módulos independientes, emisor y receptor, se utiliza un circuito de comunicación RS-485 específico para cada caso. Sin embargo, por costos de producción, se diseña una única tarjeta donde se incluyen los circuitos de transmisión y recepción del protocolo DMX512, pero al momento de ensamblar cada módulo del prototipo (receptor/transmisor) sólo se conectan en la PCB los componentes electrónicos necesarios para el uso de uno solo de los circuitos según sea el caso, es decir, cada módulo tiene acoplado sólo el montaje del circuito que requiere para realizar su función específica, bien sea la de transmitir los datos a una luminaria o recibirlos de un controlador DMX. En resumen, la tarjeta utilizada para el receptor y el transmisor es en esencia la misma, pero cada una emplea un circuito específico para la función que ejecuta.

Figura 22. Conexiones para la implementación del módulo *Ethernet*

Como se mencionó anteriormente, las conexiones necesarias para la utilización del módulo *Ethernet* contenido en el PIC18F97J60 se extraen del *hardware* propuesto en la hoja de datos del mismo.

Por último, en la Figura 23 se presenta una imagen completa de la PCB con la distribución final de todos los componentes.

Figura 23. Diseño final de la PCB



Teniendo en cuenta las características del microcontrolador y las dificultades para acceder a pines específicos tanto como para modificar una PCB ya ensamblada, se implementan varios circuitos de propósito general, entre ellos un puerto para teclado matricial 4x4, 8 *leds* de control, 4 pulsadores, puertos de entrada y salida, puerto de programación para PIC18F97J60 sin necesidad de desmontarlo, arreglos de transistores para controlar la corriente del microcontrolador y *jumpers* que activan o desactivan funciones.

4.1.4. Fase de acoplamiento de los algoritmos desarrollados al PIC18F97J60. Una vez que se tiene el diseño de la PCB y se realiza el montaje de los

componentes electrónicos sobre la misma, es posible empezar a trabajar con el PIC elegido para el diseño final del prototipo. Dado que inicialmente se ha llevado a cabo el desarrollo de los algoritmos de recepción y transmisión para ser implementados en el PIC18F4420, es necesario adaptarlos, de modo que sean compatibles con el PIC18F97J60 que es el microcontrolador que contiene el módulo *Ethernet* embebido.

El proceso de adaptación de los algoritmos desde el PIC18F4420 al PIC18F97J60 se realiza de manera fácil y sencilla, ya que como se mencionó en la fase de estudio preliminar, ambos PIC cuentan con un módulo EUSART que funciona con los mismos registros de configuración, y además, éstos se encuentran ubicados en las mismas posiciones de memoria dentro de los microcontroladores. Por lo tanto, el proceso consiste en ajustar los algoritmos a las características de configuración básicas que requiere el PIC18F97J60. Por su parte, la lógica de programación es la misma descrita en los diagramas de flujo de las Figuras 17 y 18.

4.1.5. Fase de implementación de *Ethernet*. Para llevar a cabo la transmisión de datos a través del estándar *Ethernet* se requiere comprender en primera instancia el funcionamiento del módulo interno que contiene el microcontrolador seleccionado.

4.1.5.1. Estudio del módulo *Ethernet*. Para realizar el desarrollo de un prototipo que sea compatible con el estándar *Ethernet* es necesario conocer la forma como está compuesto el módulo contenido en el PIC18F97J60 y entender el funcionamiento del mismo a fin de tener una idea más precisa de la herramienta con la cual se cuenta. Se debe recordar que se elige este microcontrolador como dispositivo de trabajo debido a que dentro de sus características de

funcionamiento cuenta con un controlador *Ethernet* embebido, lo cual representa una ventaja y facilita el alcance de los objetivos propuestos en este proyecto.

El módulo Ethernet se compone de cinco grandes bloques funcionales:

- El módulo transceptor PHY (*Physical Layer Protocol*) que codifica y decodifica la información analógica que está presente en la interfaz de par trenzado y la envía y recibe a través de la red.
- El módulo MAC (*Media Access Control*) que implementa IEEE 802.3 obedece la lógica MAC y proporciona la administración de la Interfaz Independiente del Medio (MIIM) para controlar la PHY.
- Un búfer independiente de 8-KByte de RAM para almacenar paquetes que han sido recibidos y paquetes que serán transmitidos.
- Un árbitro para controlar el acceso al búfer de la RAM cuando las solicitudes son hechas desde el núcleo del microcontrolador, DMA (Acceso Directo a Memoria) y transmitir y recibir bloques.
- El registro de interfaz que funciona como un intérprete de comandos y el estado interno de las señales entre el módulo y los SFR (Registros de Funciones Especiales) del microcontrolador¹⁶.

¹⁶ MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC18F97J60 Family Data Sheet : 64/80/100-Pin High-Performance, 1-Mbit Flash Microcontrollers with Ethernet [en Línea]. Estados Unidos, 2008. p. 209. <Disponible en: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39762d.pdf>>. [Consulta: 16 Jul. 2009].

4.1.5.2. Selección de un protocolo de transporte. Los datos que se desean enviar utilizando un medio de transmisión inalámbrico requieren de un protocolo que permita hacer la transición entre la trama de datos DMX y el tipo de lenguaje utilizado para las comunicaciones inalámbricas, es decir, se hace necesaria la presencia de un protocolo de transporte que se encargue de llevar los datos a través de la red.

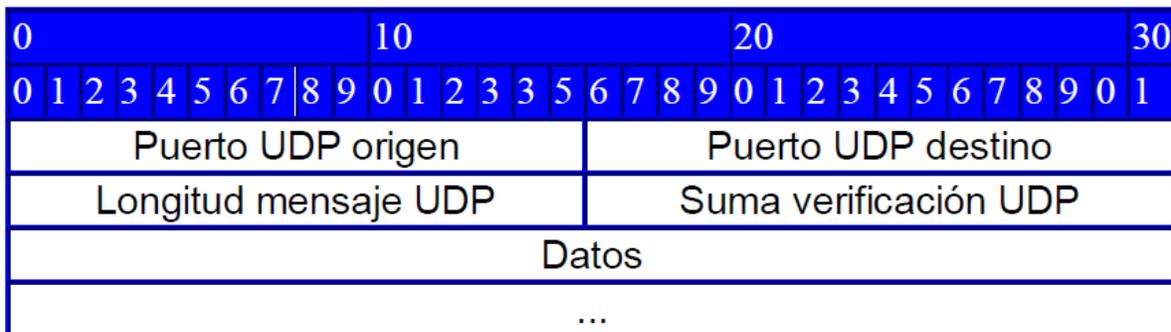
Dentro del *stack* de protocolos TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) se encuentran dos protocolos ampliamente reconocidos de nivel de transporte que se utilizan para la transmisión de la información en las redes de datos: TCP y UDP (*User Datagram Protocol*). La diferencia entre ambos radica en la forma como realizan la transmisión o entrega de los datos. TCP está orientado a la conexión, por lo tanto, requiere el establecimiento de una sesión antes de garantizar el envío de datos de manera organizada. Esto implica gastar más tiempo enviado un mensaje más largo.

Para efectos de este proyecto se elige trabajar con UDP, ya que éste ofrece un transporte de datos rápido y compacto ideal para transmisiones en tiempo real en donde la rapidez con que se envía la información no justifica retransmisiones de la misma. Es importante tener en cuenta que a pesar que UDP es un protocolo no orientado a la conexión y de mejor esfuerzo, es decir, que no realiza verificación de los datos transmitidos ni tampoco garantiza su entrega, no quiere decir que el protocolo no sea confiable para la operación del prototipo de interfaz inalámbrica que se desea implementar. Además, dada la necesidad que tienen los módulos de implementar conjuntamente otros protocolos como DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) que están optimizados para trabajar con UDP, este último resulta ser el protocolo ideal para llevar a cabo las funciones de la capa de transporte.

UDP es un protocolo cuya característica principal es la no orientación a la conexión, es decir, el no establecimiento previo de una sesión de conexión entre los dispositivos de origen y destino antes de la transmisión de los datos. Además, posee un formato o encabezado muy sencillo porque no proporciona detección de errores. Esto último implica que existe la posibilidad de que los mensajes lleguen al destino dañados, en desorden o incluso se pierdan en el camino.

El formato del mensaje UDP consta de los campos observados en la Figura 24.

Figura 24. Formato del mensaje UDP



Fuente: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. Protocolo UDP [en Línea]. Argentina, 2004. p. 1. <Disponible en:<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/sistemas/ingsanchez/Redes/Archivos/ProtocoloUDP.pdf>>. [Consulta: 21 Jul. 2009].

- Puerto UDP origen: identifica el puerto de la aplicación en el dispositivo donde se originó la transmisión del datagrama. Tiene una longitud de 16 *bits* y es opcional.
- Puerto UDP destino: este campo representa la dirección de la aplicación en el dispositivo de destino, al cual se envía la trama o segmento UDP. Su longitud es de 16 *bits*.
- Longitud mensaje UDP: indica el tamaño total del mensaje UDP incluido el encabezado. Tiene una longitud mínima de 8 *bytes*.

- Suma verificación UDP: es una suma de comprobación que se ejecuta con la finalidad de garantizar la integridad del mensaje o segmento UDP.
- Datos: es la carga útil del segmento UDP, es decir, contiene la información que se está enviando al dispositivo de destino.

4.1.5.3. Desarrollo de un algoritmo de comunicación. La implementación de un algoritmo para la transmisión y la recepción de datos se hace teniendo en cuenta el *Stack* TCP/IP que se encuentra disponible en la página del fabricante del microcontrolador elegido (PIC18F97J60). Se debe tener presente que dada la necesidad de la creación de dos módulos con funciones específicas para la recepción/transmisión de DMX y la respectiva transmisión/recepción de UDP se desarrollan dos programas de manera análoga que llevan a cabo las funciones anteriormente mencionadas. El uso de estos algoritmos permite la comunicación de los módulos de transmisión/recepción con el *router* y el *access point* respectivamente para lograr así un sistema inalámbrico.

Finalmente, es necesario ensamblar en un mismo programa los desarrollos hechos para la recepción DMX y la posterior transmisión de los datos en formato UDP (módulo transmisor UDP), así como la recepción de información proveniente del encabezado UDP y su posterior transmisión en formato DMX a los dispositivos finales (módulo receptor UDP). De manera general los algoritmos utilizados para implementar los módulos funcionan de la forma como se describe en los diagramas de flujo que se presentan en las Figuras 25, 26, 27 y 28.

➤ Módulo transmisor UDP:

Figura 25. Módulo transmisor UDP

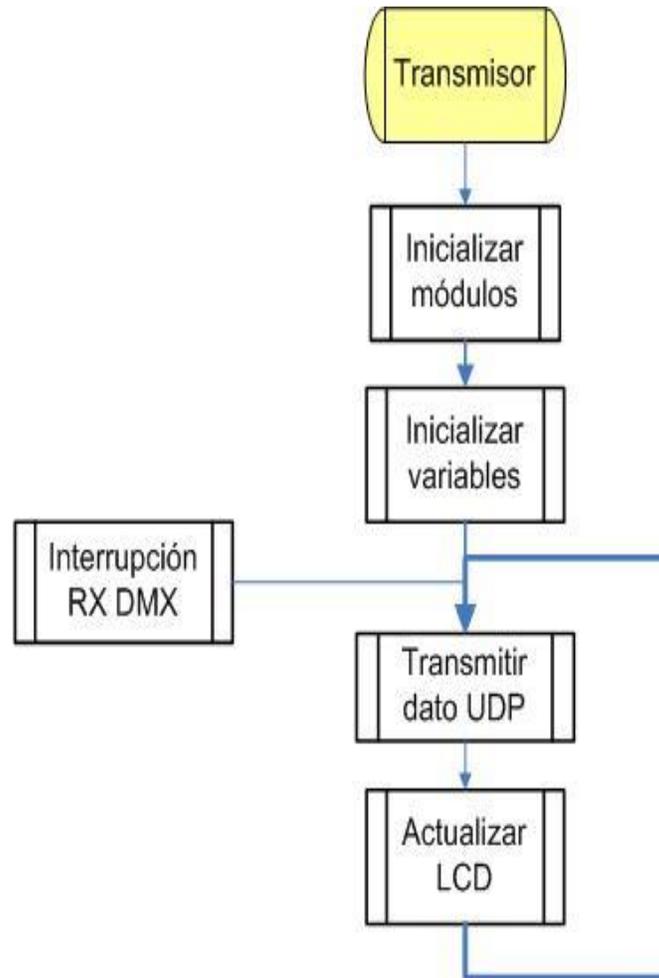
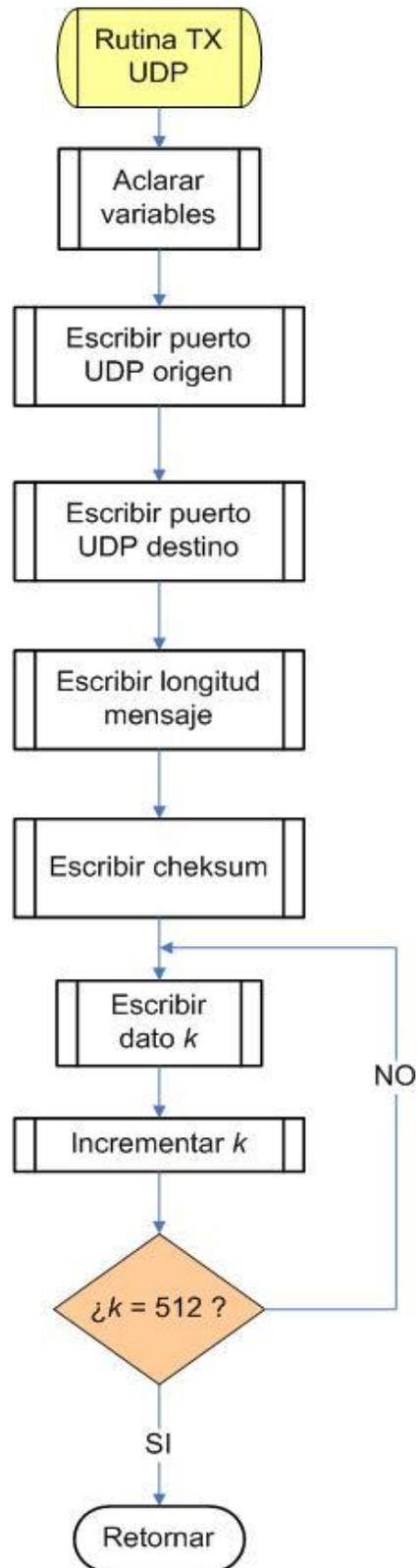


Figura 26. Rutina de transmisión UDP



➤ Módulo Receptor UDP:

Figura 27. Módulo receptor UDP

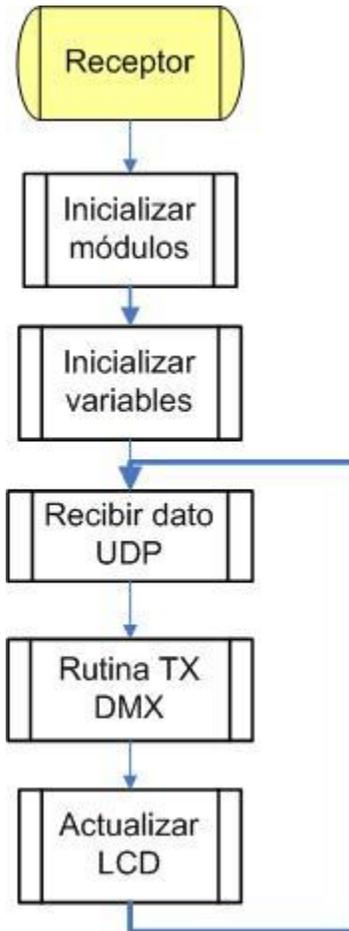
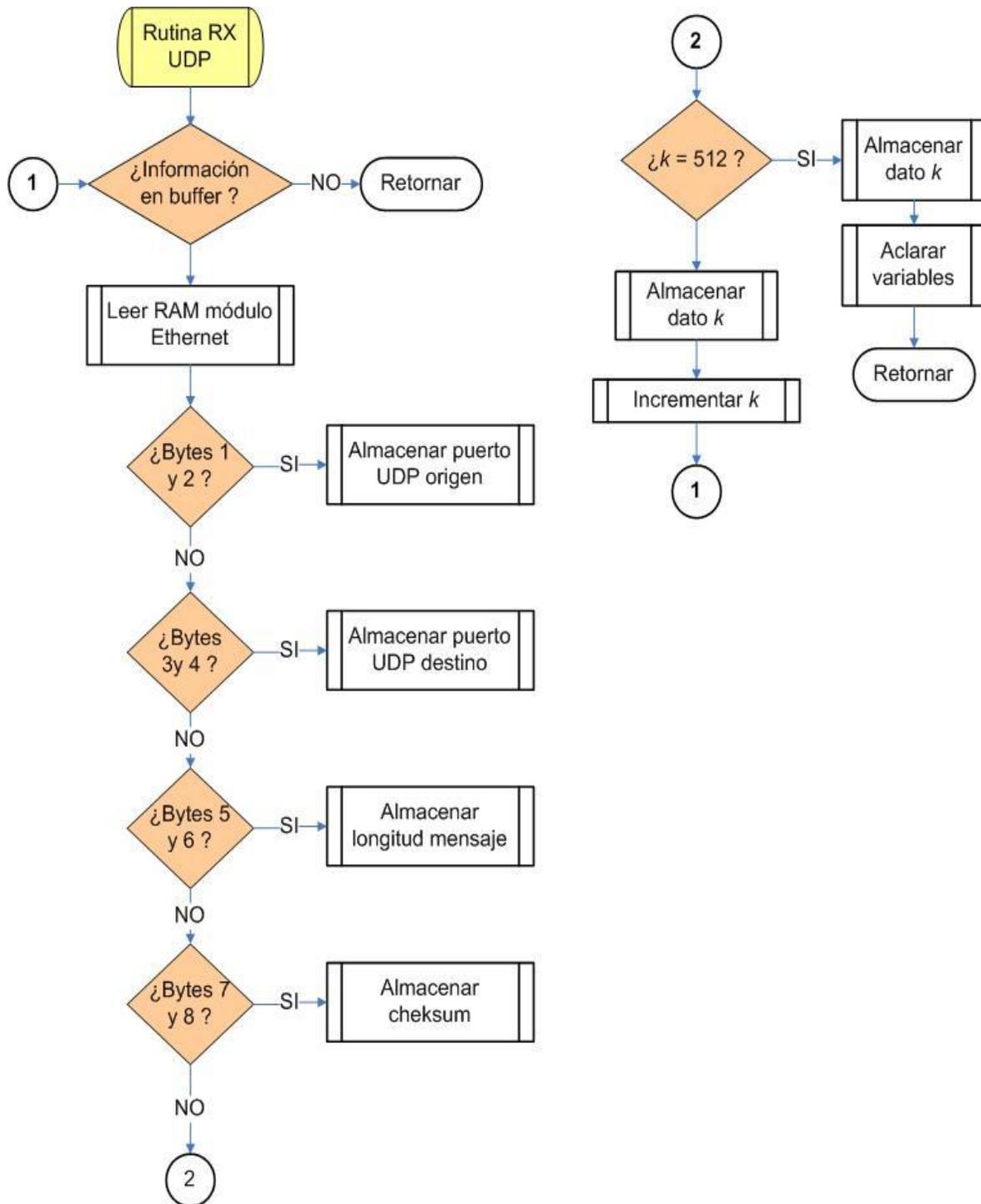
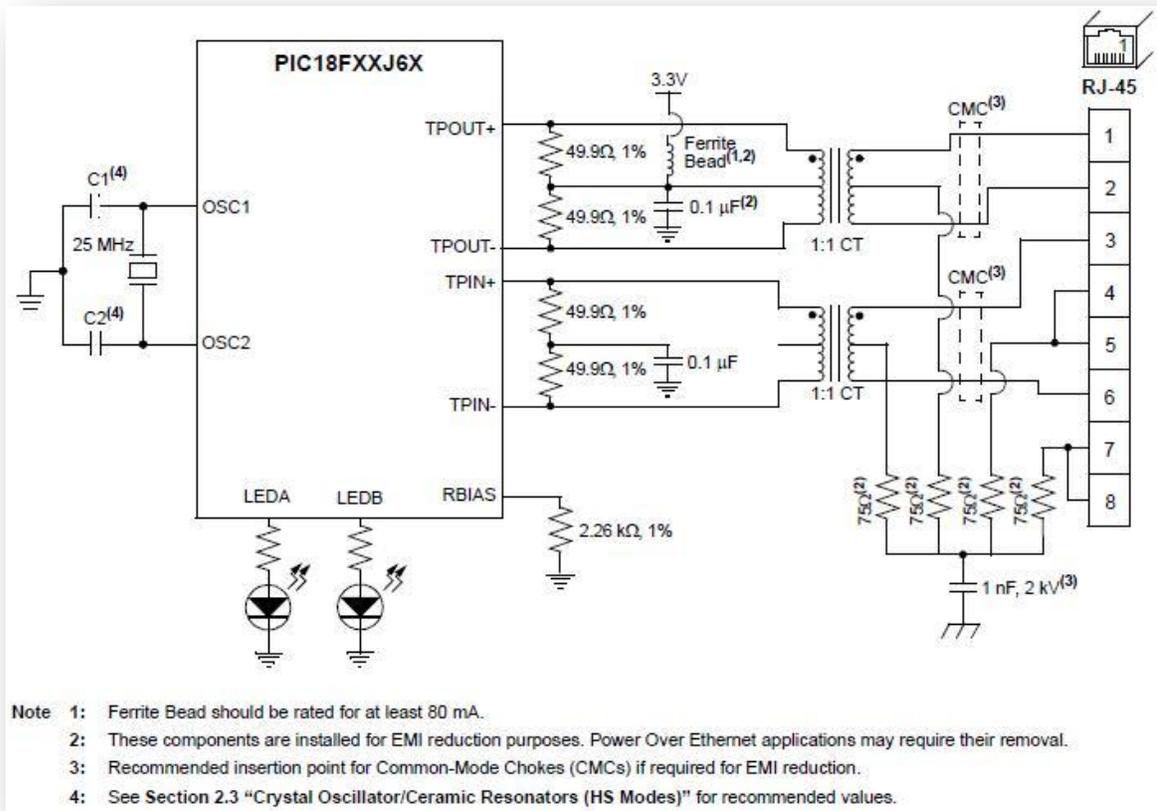


Figura 28. Rutina de recepción UDP



4.1.5.4. Implementación física módulo *Ethernet*. Para cumplir con las especificaciones físicas del módulo *Ethernet* según la hoja de datos del fabricante (Ver figura 29), se adquiere el *magjack* 080B-1X1T-36F (Ver anexo D) ya que incluye los componentes principales que son necesarios para el correcto funcionamiento del módulo.

Figura 29. Componentes externos requeridos para la operación del módulo *Ethernet*.



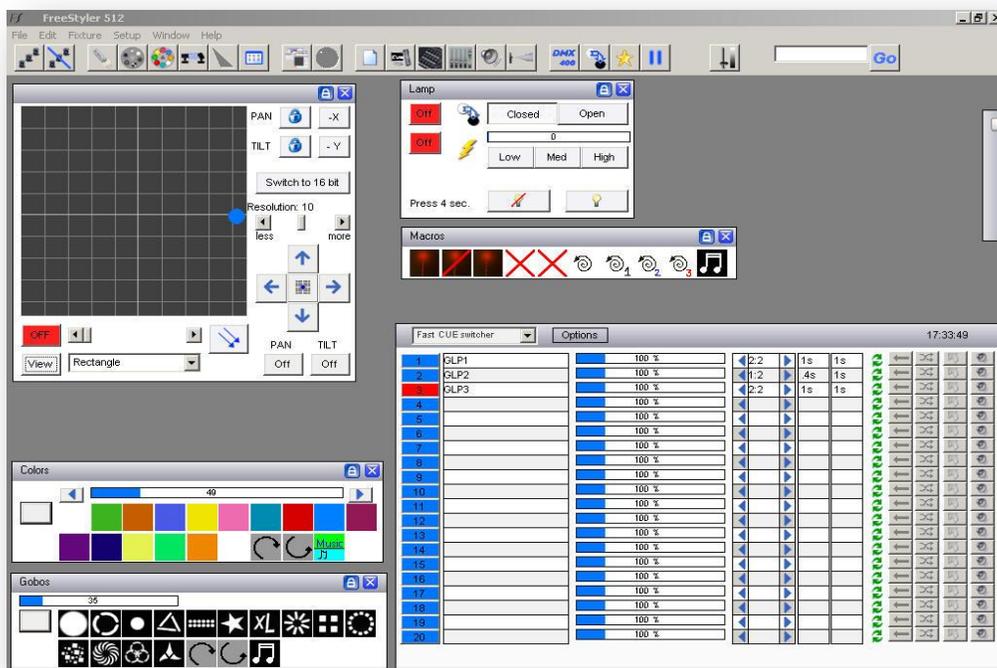
Fuente: MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC18F97J60 Family Data Sheet : 64/80/100-Pin High-Performance, 1-Mbit Flash Microcontrollers with Ethernet [en Línea]. Estados Unidos, 2008. p. 211. <Disponible en: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39762d.pdf>>. [Consulta: 16 Jul. 2009].

4.1.6. Fase de pruebas y montajes finales. Después de desarrollar e implementar los algoritmos de programación en las tarjetas diseñadas, es decir, realizar el

montaje de los módulos de recepción y transmisión es necesario llevar a cabo una serie de pruebas finales que permitan determinar el correcto funcionamiento del dispositivo y garanticen su integridad.

4.1.6.1. Prueba protocolo DMX. En primera instancia es necesario probar la funcionalidad de los programas de recepción y transmisión de DMX para lo cual se utiliza nuevamente el equipo de prueba Dr. DMX *tester* para la recepción y, además, se utiliza como luminaria la Vue II para la parte correspondiente a la transmisión de la trama DMX al dispositivo final. Con el fin de comprobar la comunicación DMX con varios canales llevando información simultáneamente, se utiliza el *software FreeStyler 3.0* (Ver figura 30) y se varía el canal DMX inicial de la luminaria con el fin de analizar el comportamiento del algoritmo logrando resultados satisfactorios.

Figura 30. Ambiente de trabajo *FreeStyler 3.0*



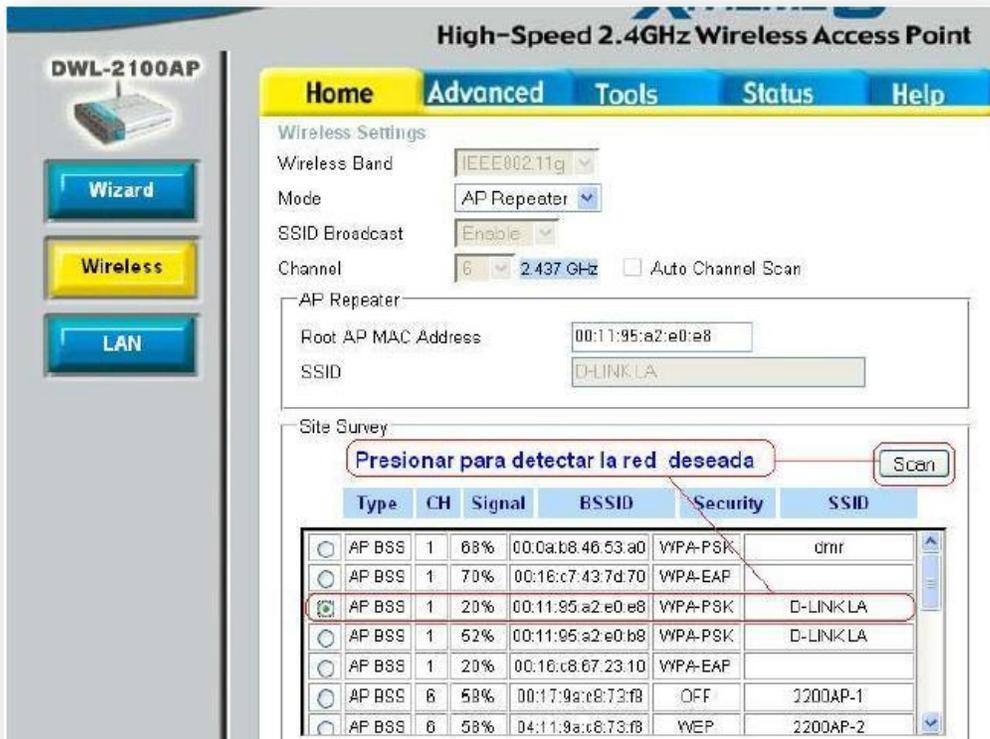
Fuente: GÖHRINGEFFECTS LICHT- UND LASERTECHNIK. DMX-Controlling-software [en Línea]. Alemania, 2009. <Disponible en: <http://www.goehring-laser.de/images/Freestyler.jpg>>. [Consulta: 23 Jul. 2009].

4.1.6.2. Prueba módulo *Ethernet*. Se debe tener en cuenta que el primer paso en el camino hacia una transmisión satisfactoria de los datos es verificar la conectividad de capa 3, es decir, a nivel de red entre los módulos. Para esto se puede utilizar la herramienta de resolución de fallas conocida como **ping**, que no es más que un mensaje de eco y respuesta que permite corroborar que el enlace lógico o la conexión entre dos dispositivos están funcionando adecuadamente.

Para realizar un *ping* basta con conocer la dirección IP de destino del dispositivo que se desea alcanzar. Luego, mediante una interfaz de línea de comandos, por ejemplo la ventana CMD (*Command Prompt*) del sistema operativo *Windows XP* se utiliza el comando **ping ip-address** y de este modo, de acuerdo al resultado, se verifica el estado de la conexión.

El funcionamiento del módulo *Ethernet* se prueba utilizando un dispositivo de red tal como un *router wireless* que permite la conexión de las tarjetas a una red LAN y además brinda soporte como servidor DHCP de modo que puede realizar el proceso de asignación de una dirección IP a cada uno de los módulos. En esta fase la comunicación es aún cableada, ya que receptor y transmisor se encuentran conectados al mismo router.

4.1.6.3. Prueba red inalámbrica. Una vez se tiene la comunicación UDP funcionando, se procede a configurar la red inalámbrica entre el *router* y el *access point*, esto se hace desde un computador conectado a la red, el cual accede a la página de *setup* de los equipos de red, logrando así que el *access point* quede trabajando en modo repetidor (Ver figura 31).

Figura 31. Configuración *Access Point*

Fuente: D-LINK LATIN AMERICA. Guía de configuración Access Point DWL-2100AP [en Línea]. Chile, 2008. p. 8. <Disponible en: <ftp://www.dlinkla.com/pub./soporte/guias/DWL-2100%20ver%201.3.pdf>>. [Consulta: 25 Jul. 2009].

4.1.6.4. Integración rutinas. Una vez que se tiene la plena certeza de que la recepción y posterior transmisión de la información DMX está funcionando correctamente, es necesario garantizar la integridad de los programas completos, es decir, realizar pruebas con aquellos que implementan conjuntamente el proceso correspondiente a la parte de recepción/transmisión de la trama de datos DMX, y también la transmisión/recepción del protocolo de transporte UDP para permitir la implementación de la tecnología *Ethernet*.

Utilizando en conjunto el *software FreeStyler 3.0*, un *router* inalámbrico, un *access point* y una luz Vue II se realizan las pruebas pertinentes en diferentes ambientes

entre los cuales se tienen, el laboratorio de circuitos eléctricos de la Universidad Pontificia Bolivariana, un recinto con varios muros de concreto y un espacio abierto sin obstáculos. Finalmente se obtiene con éxito la recepción y el posterior envío de una trama de datos DMX a un dispositivo final, utilizándose el espectro de radiofrecuencias como medio para el envío de la información y el estándar UDP como protocolo de transporte.

Después de verificar el funcionamiento de los módulos se procede a acoplarlos dentro de una carcasa en material acrílico con el fin de proteger la PCB y salvaguardar la integridad de sus componentes electrónicos. Por último, se tiene un equipo dispuesto como se observa en la Figura 32.

Figura 32. Módulo receptor/transmisor con carcasa



5. CONCLUSIONES

El desarrollo del protocolo DMX512 como una solución para la estandarización de la transmisión de la información a luminarias, y la interoperabilidad entre los fabricantes de equipos de iluminación, representó en la industria del espectáculo y el entretenimiento el primer paso hacia la unificación de las formas de comunicación para la iluminación arquitectónica y la creación de escenas. Es importante tener en cuenta que las especificaciones iniciales del protocolo se han quedado cortas frente al vertiginoso avance de la tecnología. Por lo tanto, una evolución hacia el uso de soluciones que involucren *Ethernet* y la estandarización de las mismas a nivel mundial se hace inminente para poder estar a la vanguardia con los equipos de última generación que ya han duplicado e incluso cuadruplicado el número de canales soportados por el protocolo DMX512.

La implementación de redes inalámbricas como una extensión de las redes de área local existentes ha significado una solución para muchos de los problemas de acceso al medio que experimentaban los usuarios finales en los últimos años. Se puede decir que las redes de datos actuales evolucionaron para poder brindarles soporte a los usuarios que requieren movilidad y conectividad en cualquier área o lugar sin estar limitados a las redes cableadas o a una estación de trabajo o infraestructura fija. La utilización de la tecnología Ethernet como una alternativa para la transmisión de datos con formato DMX512 supone una nueva forma de brindar cobertura y flexibilidad, en especial para aquellos lugares en donde las circunstancias y necesidades demandadas por los montajes escénicos así lo exijan. Por otra parte, las redes de área local y en especial las tecnologías inalámbricas (WLAN) se han convertido en el tipo de red de transmisión de datos preferido a nivel mundial, por lo cual, la migración de las formas comunes de

transmisión de DMX hacia esta tecnología sitúa al protocolo dentro de las tendencias del mercado y los desarrollos de la industria. Además, brinda la posibilidad de retroalimentación entre los dispositivos controladores y los equipos finales de iluminación mediante las dos líneas de la comunicación *Ethernet* y permite el envío de un mayor número de canales.

El desarrollo de un prototipo que permite la recepción o captura de una trama de datos DMX512 para luego ser encapsulada dentro de una trama *Ethernet*, de modo que pueda ser enviada a través de un medio de transmisión no guiado como es el caso del espectro de radiofrecuencias utilizando equipos de uso casero como un router inalámbrico, representa una oportunidad para mejorar los alcances que inicialmente se pensaron cuando se desarrolló el estándar en el año 1986. Además, el fácil manejo de los equipos de recepción y transmisión desarrollados, los cuales tienen un funcionamiento que se podría catalogar como *plug-and-play* permite que la interacción con el usuario sea posible de una forma sencilla debido precisamente a la fácil operación del prototipo elaborado.

El vertiginoso avance de la tecnología exige a las empresas la creación de dispositivos que se adapten con facilidad a las nuevas tecnologías del mercado, manteniendo la compatibilidad retrospectiva y también la interoperabilidad con otros productos presentes en la industria. Se puede decir que el prototipo de interfaz inalámbrica desarrollado es compatible con una gran variedad de dispositivos que generan tramas de datos en formato DMX512, ya que no sólo permite conectarse a un equipo con salida DMX por medio de un conector XLR como una consola, sino que también se adapta a la recepción de señales provenientes de un computador e incluso de una interfaz USB a DMX. Lo anterior

lo convierte en una poderosa herramienta de trabajo, ideal para ser utilizada en cualquier entorno.

Las pruebas finales realizadas en diversos ambientes de trabajo, utilizando varios dispositivos de control como *Dr. DMX tester*, *software FreeStyler* y consolas para luces DMX, así como varios dispositivos receptores configurados en diferentes canales de la trama arrojan resultados satisfactorios, ya que no existe un retardo perceptible o pérdida de información. No obstante, se debe tener en cuenta que la calidad del enlace inalámbrico depende tanto del *router* como del *access point*.

Si bien el prototipo es compacto y totalmente funcional, hay periféricos que no son necesarios para la aplicación actual. Un futuro diseño puede prescindir de algunos elementos de propósito general como pulsadores, *leds*, puerto de teclado y acceso a puertos libres con el fin de lograr un desarrollo de menores dimensiones, lo que disminuye notablemente los costos de fabricación.

Este prototipo fue diseñado para un enlace entre un solo emisor y un solo receptor, sin embargo, con nuevo capital de trabajo, se pueden desarrollar más tarjetas receptoras que permitan distribuir cada vez más los equipos de iluminación en grandes escenarios; casos en los que de manera cableada tradicional se incumpliría la norma de la comunicación RS-485 en cuanto a distancia. Ya que las tarjetas son totalmente compatibles con las redes de datos, empleando protocolo UDP, es posible utilizar el cableado estructurado en edificaciones para control de luces de manera dimerizada, logrando así un ahorro de energía y centralización en el dominio de la iluminación del lugar.

BIBLIOGRAFÍA

BEL FUSE INC. 1X1 Magjack FOR 10/100 [En Línea]. S.I., 2005. <Disponible en: <http://www.belfuse.com/ProdPage-MagJack.asp?pPart=08B0-1X1T-36-F>>.

[Consulta: 3 Sep. 2008]. 1 p.

DE MIGUEL PONCE, Enrique; MOLINA TORTOSA, Enrique y MOMPÓ MAICAS, Vicente. Redes inalámbricas : IEEE 802.11 [En Línea]. S.I., 2009 <Disponible en: <http://www.nootes.org/document/oyGK4sL7z8udX>>. [Consulta: 15 May. 2009]. 33 p.

DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA, DISEÑO Y PROYECTOS [En Línea]. España, 2009. <Disponible en: <http://exp-grafica.uma.es/Profesores/www-irad/document/luminotecnia/reflectores.pdf>>. [Consulta: 23 Mar. 2009]. 17 p.

GARCÍA, Caco y GARCÍA, Diego. DMX : Luminotécnico Colegio S.I. de Loyola [En Línea]. S.p.i. <Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/7858778/05-Apuntes-Illuminacion-ANEXO-DMX>>. [Consulta: 8 Mar. 2009]. 11 p.

INTERFACES W&T. Sistemas de bus RS485 [En Línea]. Wuppertal, 2009. <Disponible en: <http://www.wut.de/e-6www-11-apes-000.php>>. [Consulta: 23 Abr. 2009].

KAR, Ujjal. What is DMX512 [En Línea]. Calcutta, 2009. <Disponible en: <http://www.dmx512-online.com/whats.html>>. [Consulta: 5 Mar. 2009].

LASZLO, Carlos. Las Luminarias [En Línea]. Argentina, 2009. <Disponible en: <http://www.laszlo.com.ar/manual/Pag45.pdf>>. [Consulta: 10 May. 2009]. 1 p.

LIGHTOLIER. Guía de iluminación profesional 2008 [En Línea]. S.I, 2008. <Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/12861879/Guia-Basica-Illuminacion>>. [Consulta: 30 Mar. 2009]. 105 p.

LÓPEZ ORTIZ, Francisco. El estándar IEEE 802.11 Wireless LAN [En Línea]. S.p.i. <Disponible en: <http://greco.dit.upm.es/~david/TAR/trabajos2002/08-802.11-Francisco-Lopez-Ortiz-res.pdf>>. [Consulta: 13 May. 2009]. 23 p.

LUNA, Oscar y TORRES, Daniel. DMX512 Protocol Implementation Using MC9S08GT60 8-Bit MCU [En Línea]. S.I, 2006. <Disponible en: http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/app_note/AN3315.pdf>. [Consulta: 18 Abr. 2009]. 12 p.

MARITN PROFESSIONAL. LightJockey 2™ [En Línea]. Estados Unidos, 2009. <Disponible en: <http://martin.com/product/product.asp?product=lightjockey>>. [Consulta: 3 Jun. 2009].

NEIL, Reid y RON, Seide. 802.11 (Wi-Fi) : manual de redes inalámbricas. México : MCGRAW-HILL, 2004. 384 p.

PANGOLIN LASER SYSTEMS. About DMX512 [En Línea]. Orlando, 2008. <Disponible en: <http://www.pangolin.com/LD2000/dmx-about.htm>>. [Consulta: 15 Abr. 2009].

SAYER, Rob. On stage lighting [En Línea]. Inglaterra, 2009. <Disponible en: <http://www.onstagelighting.co.uk/lighting-equipment/stage-lighting-control/dmx-over-ethernet-dmx-converter/>>. [Consulta: 23 May. 2009].

STALLINGS, William. Comunicaciones y redes de computadores. 7.ed. Madrid : Pearson, 2004. 896 p.

WI-FI ALLIANCE [En Línea]. Estados Unidos, 2009. <Disponible en: <http://www.wi-fi.org/>>. [Consulta: 23 May. 2009].

WIKIPEDIA, THE FREE ENCYCLOPEDIA. Stage lighting instrument [En Línea]. Estados Unidos, 2009. <Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Stage_lighting_instrument>. [Consulta: 28 Mar. 2009].

WIKIPEDIA, THE FREE ENCYCLOPEDIA. XLR connector [En Línea]. Estados Unidos, 2009. <Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/XLR_connector>. [Consulta: 15 Mar. 2009].

X-NET : DISTRIBUIDOR OFICIAL DE CISCO Y LINKSYS EN ESPAÑA.
Estándares inalámbricos : pasado, presente y futuro de las redes *wireless* [En Línea].España, 2009. <Disponible en: <http://www.x-net.es/tecnologia/wireless.pdf>>.
[Consulta: 10 May. 2009]. 12 p.

ANEXO A. Hoja de Datos del dispositivo Dr. DMX Tester

Dr. DMX

- Plastic case
- Transmits up to 512 channels
- Infrared remote control or XLR connection for DMX control
- Laser pointer included
- 12 channel memory
- Auto scan function
- Powered by battery operation or adapter (batteries included)
- Easy to use ergonomic keypad
- Custom-made LCD display
- Fader control and flash key
- Padded carry bag included
- Auto power off¹⁷



¹⁷ N.C.W. ENTERPRISE CO LTD. [En Línea]. Hong Kong, 2000. <Disponible en: http://www.botex.com/4/dr_dmx.html>. [Consulta: 16 Jul. 2009].

ANEXO B. Manual de Usuario de los Módulos

1. CONTENIDO DE PAQUETE

Para el correcto funcionamiento se debe contar con lo siguiente:

- 1.1. Módulo de recepción de señales DMX.
- 1.2. Módulo de transmisión de señales DMX.
- 1.3. Dos adaptadores de corriente, 9VDC – 1200mA.
- 1.4. Dos adaptadores de corriente, 7.5V – 1500mA. CC
- 1.5. Dos cables *Ethernet* (CAT5 UTP/directo).
- 1.6. Un router inalámbrico DI-524 802.11g/2.4GHZ (o su equivalente).
- 1.7. Un DWL-2100AP *HIGH SPEED 2.4GHZ (802.11G) WIRELESS 108MBPS ACCESS POINT* (o su equivalente).
- 1.8. Dos cables XLR.

2. CONEXIÓN ELÉCTRICA

2.1. Conexión router y *access point*. Conecte los adaptadores de **7.5VDC** en el extremo correspondiente a un toma de 110-125VAC y en el otro extremo al router / *access point*.

2.2. Conexión módulos. Conecte los adaptadores de **9VDC** en el extremo correspondiente a un toma de 110-125VAC y en el otro extremo al módulo.

3. CARACTERÍSTICAS

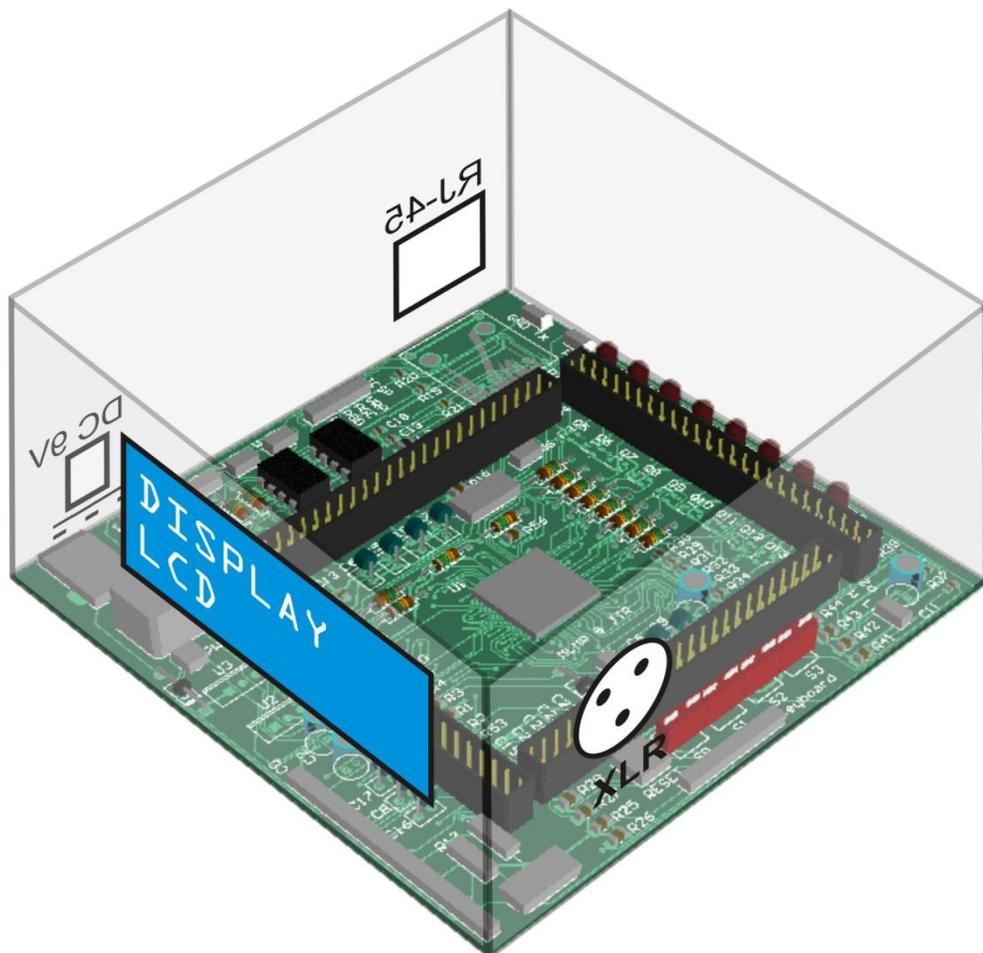
Usando correctamente los módulos se tiene conexión inalámbrica entre cualquier generador de señales DMX y dispositivos DMX.

4. MÓDULOS

Cada módulo contiene (Ver figura 33):

- 4.1. Pantalla de visualización de datos de cristal líquido (LCD).
- 4.2. Conector para adaptador de corriente.
- 4.3. Conector RJ-45 para la red.
- 4.4. Conector para chasis XLR hembra/macho para receptor/transmisor.

Figura 33. Módulo receptor/transmisor

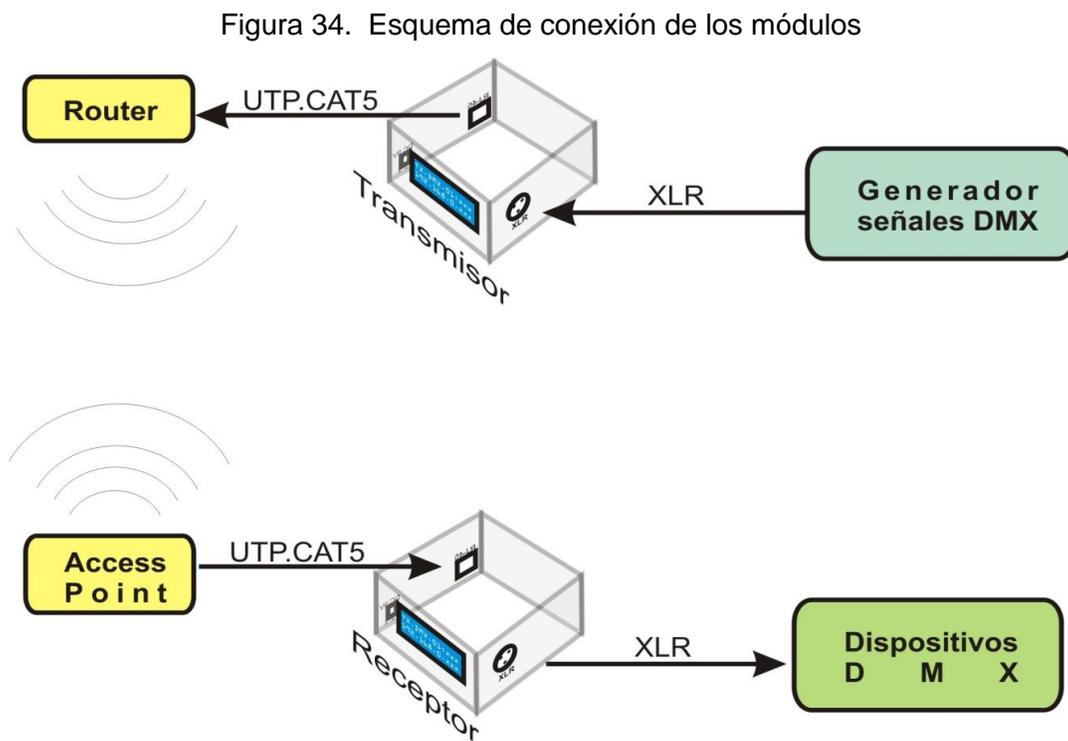


5. CONFIGURACIÓN

Para usar correctamente los módulos en enlaces inalámbricos debe seguir los siguientes pasos:

- 5.1. Crear una red Wi-Fi en el router, con nombre y contraseña (según modelo seleccionado).
- 5.2. Configurar el access point en modo WDS (según modelo seleccionado).
- 5.3. Conectar el generador de señales DMX al módulo transmisor.
- 5.4. Conectar el módulo transmisor al router.
- 5.5. Conectar el módulo receptor al Access Point
- 5.6. Conectar los dispositivos DMX al módulo receptor.

6. ESQUEMA DE CONEXIÓN (Ver figura 34)



7. MENSAJES EN PANTALLA

7.1. Mensaje inicial. Si permanece quiere decir que aún no hay conexión de red (Ver figura 35).

Figura 35. Mensaje inicial



```
NO ETHERNET
```

7.2. Mensaje receptor. Indica el dato recibido en el canal 1 para verificar estado, en la segunda línea muestra la dirección IP del dispositivo (Ver figura 36).

Figura 36. Mensaje receptor



```
RX.DMX.01:xxx  
192.168.0.xxx
```

7.3. Mensaje transmisor. Indica el dato enviado en el canal 1 para verificar estado, en la segunda línea muestra la dirección IP del dispositivo (Ver figura 37).

Figura 37. Mensaje transmisor



```
TX.DMX.01:xxx  
192.168.0.xxx
```

7.4. Error DMX. Indica que aunque hay conexión con la red, no se están recibiendo datos DMX en el dispositivo receptor (Ver figura 38).

Figura 38. Mensaje error DMX



```
ERROR DMX  
192.168.0.xxx
```

ANEXO C. Hoja de Datos Vue II

1. Features

- 6-channel DMX-512 LED moon flower
- Blackout/static/dimmer/strobe
- Individual control of red, green and blue LEDs
- Built-in automated programs via master/slave or DMX
- Built-in sound activated programs via master/slave or DMX

2. Additional Features

- Creates firework-like projections
- Additional power output for daisy chaining units together
- Linkable with Vue™ I
- Low-power consumption

3. DMX Channel Summary

Tabla 3. Channel Summary Vue II

CHANNEL	FUNCTION
1	Mode
2	Red
3	Green
4	Blue
5	Mode 1-9 Speed, Strobe Speed
6	Dimmer

ANEXO D. Hoja de Datos Magjack 080B-1X1T-36F

THE INFORMATION CONTAINED HEREIN IS CONSIDERED PROPRIETARY TO BEL FUSE INC. AND SHALL NOT BE COPIED, REPRODUCED OR DISCLOSED WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL OF BEL FUSE INC.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">LED1 POLARITY</th> <th colspan="3">LED2 POLARITY</th> </tr> <tr> <th>PIN 7</th> <th>PIN 8</th> <th>COLOR</th> <th>PIN 9</th> <th>PIN 10</th> <th>COLOR</th> </tr> <tr> <td>-</td> <td>+</td> <td>YELLOW</td> <td>+</td> <td>-</td> <td>ORANGE</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td>+</td> <td>GREEN</td> </tr> </table>			LED1 POLARITY			LED2 POLARITY			PIN 7	PIN 8	COLOR	PIN 9	PIN 10	COLOR	-	+	YELLOW	+	-	ORANGE				-	+	GREEN	RoHS 2002/95/EC
LED1 POLARITY			LED2 POLARITY																										
PIN 7	PIN 8	COLOR	PIN 9	PIN 10	COLOR																								
-	+	YELLOW	+	-	ORANGE																								
			-	+	GREEN																								
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">PRELIMINARY</div>																											
<p>ELECTRICAL CHARACTERISTICS @ 25°C</p> <p> TURNS RATIO TX 1CT : 1 RX 1CT : 1 </p> <p> DCL @ 100kHz/100mVRMS 8mA DC BIAS (0°C - 70°C) 350µH MIN. </p> <p> INS. LOSS 1MHz TO 100MHz -1.0 dB MAX </p> <p> RET. LOSS (MIN) @ 100DHMS ±15% 1MHz-30MHz -18 dB 30MHz-60MHz -18+20LOG(F/30MHz) dB 60MHz-80MHz -12 dB </p> <p> CROSS TALK (TX - RX) 500kHz-100MHz -35 dB MIN </p> <p> CM TO CM REJ 100kHz-100MHz -30 dB MIN </p> <p> CM TO DM REJ 100kHz-100MHz -40 dB MIN </p> <p> OPERATING TEMPERATURE: -40 TO +85°C </p> <p> HIPOT (Isolation Voltage): 1500 Vrms or 2250 VDC 100% OF PRODUCT TESTED IN PRODUCTION TO COMPLY WITH IEEE 802.3 REQUIREMENTS </p>		<p>SCHEMATIC</p> <p style="text-align: right;">RJ45</p>																											
		<p> LED 1 VF (FORWARD VOLTAGE) IF=20mA YELLOW 2.1V TYP. λD (DOMINANT WAVELENGTH) IF=20mA YELLOW 590nm TYP. </p> <p> LED 2 VF (FORWARD VOLTAGE) IF=20mA ORANGE 2.0V TYP. λD (DOMINANT WAVELENGTH) IF=20mA GREEN 2.2V TYP. ORANGE 610nm TYP. GREEN 565nm TYP. </p>																											
DAWN DB CHKD SC	DATE 11-10-05 DATE 11-10-05	TITLE 1X1 MagJack® FOR 10/100 (EXT. TEMP. RANGE)	PART NO. / DRAWING NO. 08B0-1X1T-36-F FILE NAME 08B0-1X1T-36-F-X1.DWG	STANDARD DIM. VOL IN INCH .X .XX .XXX	[] METRIC DIM. AS REFERENCE UNIT : INCH [mm] SCALE : N/A 	REV. : X1 SIZE : A4 PAGE : 2																							

ANEXO E. Artículo Publicable

PROTOTIPO DE INTERFAZ INALÁMBRICA PARA PROTOCOLO DMX

Mónica Liliana Mercado Páez

Julián Toro Ramírez

Juan Diego Correa Blair

Facultad de ingeniería eléctrica y electrónica

Universidad Pontificia Bolivariana

Abstract

A prototype of wireless interface for DMX protocol is a device consisting of a receiver module and a transmitter module which receives information in DMX format and then transmits it to a lighting devices to be controlled respectively. The communication between modules is done wirelessly using transport protocol like UDP.

Resumen

Un prototipo de interfaz inalámbrica para protocolo DMX es un dispositivo que consta de un módulo receptor y un módulo transmisor que permiten respectivamente recibir información en formato DMX y luego transmitirla a un dispositivo final (luminaria) que se desea controlar. La comunicación entre ambos módulos se realiza de forma inalámbrica utilizando como protocolo de transporte UDP. La necesidad de este equipo surge de las exigencias que el mundo del espectáculo y el entretenimiento tienen a la hora de realizar montajes escénicos que

incluyen el control de dispositivos en entornos o espacios cada vez más grandes, Para realizar el diseño del prototipo y su posterior implementación fue necesario el estudio previo del protocolo DMX512, el estándar Ethernet, así como el formato del protocolo de transporte UDP y el lenguaje de programación PICC.

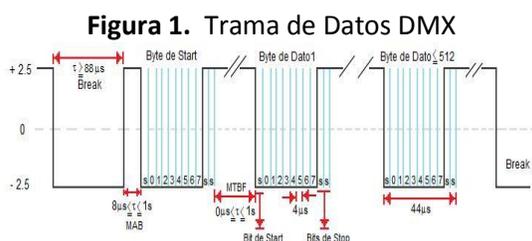
1. Introducción

Actualmente existen equipos que dan solución a la necesidad de cubrir con luces y efectos especiales eventos cada vez más grandes en espacios geográficos con dimensiones o tamaños considerables utilizando tecnologías de control inalámbricas. Sin embargo, sus costos son elevados y en ocasiones no llenan las expectativas de las empresas consumidoras, las cuales requieren una solución confiable y económica. Por tal motivo, surge la idea de adaptar una señal DMX a un equipo capaz de emitir y recibir información inalámbrica de manera óptima y eficiente.

2. Protocolo DMX

DMX512 es un protocolo que está basado en el estándar internacional EIA RS-485, por lo tanto, la transmisión se realiza sobre una línea diferencial balanceada de forma serial asíncrono a una velocidad de 250 kbps. Permite el manejo de hasta 512 canales, cada uno de los cuales contiene un dato de 8 bits que posee un valor entre 0 y 255 y utiliza un conector XLR de 5 pines.

2.1 Trama DMX. El estándar DMX512 tiene una trama de datos con un formato como el que se presenta en la Figura 1.



De la trama de datos se distinguen las siguientes partes:

- ✓ Señal de *Break Time*. Indica el inicio de la trama DMX. Es un nivel bajo de voltaje con una duración de aproximadamente $88\mu\text{s}$ como mínimo.
- ✓ Marca Después de *Break* (MAB). Es un nivel alto de voltaje con una duración mínima de $8\mu\text{s}$ equivalentes a 2 pulsos y una duración máxima de 1s.
- ✓ Byte de Start. Es el *byte* de datos del canal 0, su valor es siempre un nivel bajo de voltaje equivalente a un cero (0) lógico que le indica al equipo receptor que el siguiente *byte* de datos contiene la información que se desea transmitir. Todos los *bytes* de datos tienen una estructura igual a la del *byte* de start compuesta de 11 *bits* o pulsos.

- ✓ Tiempo de Marca entre Bytes (MTBF). Es un nivel alto de voltaje con una duración de hasta de 1s. Esta marca se encuentra antes del bit de start de cada uno de los bytes transmitidos. Se prefiere que su duración sea la menor posible.

3. Comunicación wi-Fi

Cuando se habla de Wi-Fi en muchas ocasiones se piensa inmediatamente en una forma de comunicación inalámbrica, sin embargo, se debe tener presente que Wi-Fi más que un estándar representa una certificación que garantiza la interoperabilidad de los dispositivos de distintos fabricantes.

Los medios inalámbricos transportan señales a través de frecuencias de microondas y radiofrecuencias que se encargan de representar la información codificada en dígitos binarios de las transmisiones de datos. Las redes inalámbricas de área local o WLAN (*Wireless Local Area Network*) constituyen las redes que han ganado mayor aceptación entre el público y los fabricantes de dispositivos. Como su nombre lo indica, se trata de una red que utiliza un medio de transmisión inalámbrico en donde los enlaces que interconectan los dispositivos se hacen a través de medios no guiados, por medio de los cuales se transportan señales electromagnéticas mediante radiofrecuencia o microonda que permiten movilidad a los usuarios dentro de una limitación geográfica, de ahí el concepto de área local.

Además de requerir un medio de transmisión no guiado, los datos necesitan de un protocolo de nivel de transporte que se encargue de codificar la información en el medio. El protocolo preferido para transmisiones en tiempo real como el caso de prototipo, en donde la velocidad de

propagación de los datos es tal que no se admiten las retransmisiones de los mismos es UDP.

El protocolo de datagrama de usuario (UDP) hace parte del stack de protocolos TCP/IP. Es un protocolo cuya característica principal es la no orientación a la conexión, es decir, el no establecimiento previo de una sesión de conexión entre los dispositivos de origen y destino antes de la transmisión de los datos. Además, posee un formato o encabezado muy sencillo porque no proporciona detección de errores. Esto último implica que existe la posibilidad que los mensajes lleguen al destino dañados, en desorden o incluso se pierdan en el camino.

El formato del encabezado UDP se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Formato del mensaje UDP

0		10		20		30															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
Puerto UDP origen										Puerto UDP destino											
Longitud mensaje UDP										Suma verificación UDP											
Datos																					
...																					

En donde:

- ✓ Puerto UDP Origen: identifica el puerto de la aplicación en el dispositivo donde se originó la transmisión del datagrama. Tiene una longitud de 16 bits y es opcional.
- ✓ Puerto UDP destino: este campo representa la dirección de la aplicación en el dispositivo de destino al cual se envía la trama o segmento UDP. Su longitud es de 16 bits.
- ✓ Longitud mensaje UDP: indica el tamaño total del mensaje UDP incluido el encabezado. Tiene una longitud mínima de 8 bytes.

✓ Suma verificación UDP: es una suma de comprobación que se ejecuta con la finalidad de garantizar la integridad del mensaje o segmento UDP.

✓ Datos: es la carga útil del segmento UDP, es decir, contiene la información que se está enviando al dispositivo de destino.

Es importante tener en cuenta que a pesar que UDP es un protocolo no orientado a la conexión y de mejor esfuerzo, lo cual implica que no realiza verificación de los datos transmitidos ni tampoco garantiza su entrega, no quiere decir que el protocolo no sea confiable para la realización del prototipo de interfaz inalámbrica implementado.

4. Prototipo para protocolo DMX

La implementación del prototipo de interfaz inalámbrica para protocolo DMX requiere de la elaboración de dos módulos con funciones específicas. El primero recibe información en formato UDP y transmite DMX a un dispositivo final. El segundo lleva a cabo el proceso inverso, es decir, envía información en formato UDP y recibe una trama de datos DMX proveniente de un dispositivo controlador. Los algoritmos implementados en lenguaje de programación de microcontroladores PICC que realizan las funciones descritas anteriormente siguen una lógica de programación como la que se presenta a continuación:

- ✓ Recepción/transmisión trama DMX:

Las Figuras 3 y 4 muestran la lógica que sigue la máquina de estados necesaria para poder llevar a cabo la recepción de una trama de datos DMX en forma correcta. Luego, se presenta el proceso que realiza en forma análoga la función de transmisión de los datos hasta un dispositivo final que se desea controlar.

Figura 3. Programa de recepción DMX

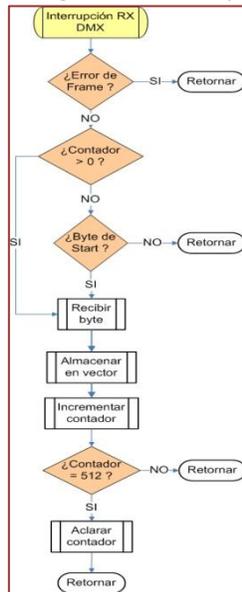


Figura 5. Programa de recepción UDP

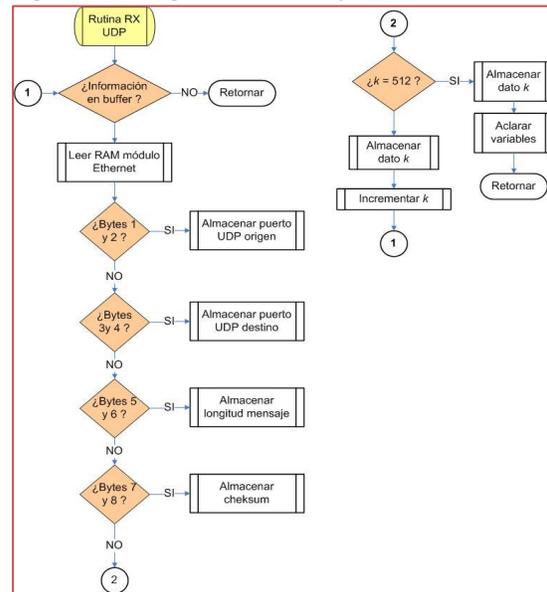


Figura 4. Programa de transmisión DMX

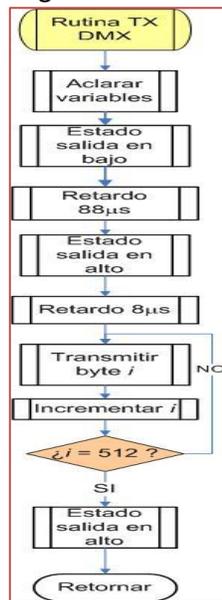
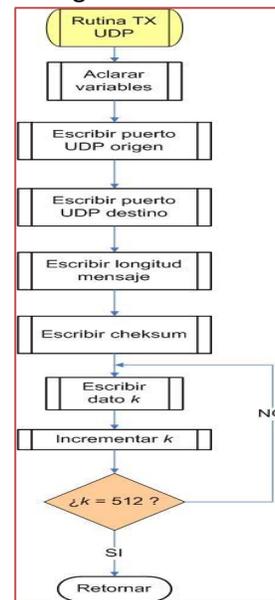


Figura 6. Programa de transmisión UDP



✓ Recepción/transmisión trama UDP:

✓ Módulos receptor/transmisor UDP :

A continuación se presentan en las Figuras 5 y 6 los diagramas de flujo que simbolizan la forma como se lleva a cabo el proceso de recepción y transmisión de los segmentos UDP dentro del programa principal.

Los diagramas de flujo que se observan en las Figuras 7 y 8 muestran la forma como funcionan los módulos al integrar los procesos de transmisión/recepción de las tramas DMX y los segmentos UDP.

Figura 7. Módulo receptor UDP

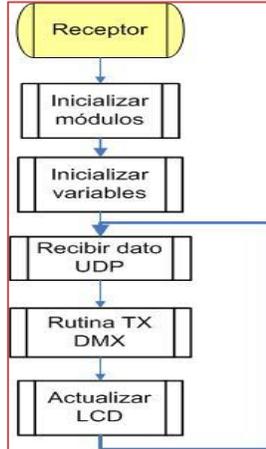
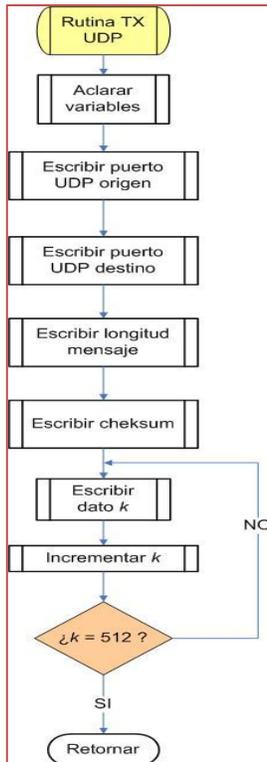


Figura 8. Módulo transmisor UDP



Una vez que se verifica el funcionamiento de los módulos se procede a acoplarlos dentro de una carcasa en material acrílico con el fin de proteger los circuitos impresos y salvaguardar la integridad de sus

componentes electrónicos. Finalmente, se tiene un equipo dispuesto como se observa en la Figura 9.

Figura 9. Módulo receptor/transmisor real



5. Conclusiones

✓ El prototipo de interfaz inalámbrica desarrollado es compatible con una gran variedad de dispositivos que generan tramas de datos en formato DMX512. Lo anterior lo convierte en una poderosa herramienta de trabajo, ideal para ser utilizada en cualquier entorno y capaz de estar a la vanguardia con las tecnologías presentes en el mercado.

✓ La utilización de la tecnología Ethernet como una alternativa para la transmisión de datos con formato DMX512 supone una nueva forma de brindar cobertura y flexibilidad, en especial para aquellos lugares en donde las circunstancias y necesidades demandadas por los montajes escénicos así lo exijan.

✓ El desarrollo de un prototipo que permite la recepción o captura de una trama de datos DMX512 para luego ser encapsulada dentro de una trama *Ethernet*, de modo que puede ser enviada a través de un medio de transmisión no guiado como es el caso del espectro de radiofrecuencias utilizando equipos de uso casero como un router inalámbrico, representa una oportunidad de

mejorar los alcances que inicialmente se pensaron cuando se desarrolló el estándar.

✓ El prototipo implementado a pesar de ser diseñado para un enlace entre un solo emisor y un solo receptor, es escalable, es decir, es viable desarrollar más tarjetas receptoras que permitan distribuir cada vez más los equipos de iluminación en grandes escenarios en donde sea posible la utilización del cableado estructurado presente en las edificaciones para el control de luces de manera dimerizada. Esto último permite lograr un ahorro de energía y centralización en el dominio de la iluminación del lugar.

6. Bibliografía

KAR, Ujjal. What is DMX512 [En Línea]. Calcutta, 2009. <Disponible en: <http://www.dmx512-online.com/whats.html>>. [Consulta: 5 Mar. 2009].

PANGOLIN LASER SYSTEMS. About DMX512 [En Línea]. Orlando, 2008. <Disponible en: <http://www.pangolin.com/LD2000/dmx-about.htm>>. [Consulta: 15 Abr. 2009].

STALLINGS, William. Comunicaciones y redes de computadores. 7.ed. Madrid : Pearson, 2004. 896 p.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. Protocolo UDP [en Línea]. Argentina, 2004. p. 1.<Disponible en:http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/sistemas/ingsanchez/Redes/Archivos/Protocolo_UDP.pdf>. [Consulta: 21 Jul. 2009].

WI-FI ALLIANCE [En Línea]. Estados Unidos, 2009. <Disponible en: <http://www.wi-fi.org/>>. [Consulta: 23 May. 2009].



Mónica Mercado Páez

Nació el 4 de Noviembre de 1986 en Montería, Colombia. Ciudad en donde realizó sus estudios básicos y secundarios. Obtuvo el título de bachiller académico en el Colegio

de la Sagrada Familia en el año de 2002. Empezó sus estudios superiores en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería. A partir del año 2006 por medio de transferencia interna continuó el desarrollo de los mismos en la sede principal de dicha universidad en la ciudad de Medellín. Desde el año de 2008 es egresada no graduada de la facultad de Ingeniería Electrónica.



Julián Toro Ramírez

Nació el 25 de Abril en la ciudad de Medellín, Colombia en donde realizó sus estudios básicos y secundarios. Obtuvo el título de bachiller académico en el Colegio Corazonista en el

año de 2002. Desde el año de 2008 es egresado no graduado de la facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana de la ciudad de Medellín.