

# **PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA**

## **SERVICIOS BASADOS EN INFORMACION GEO- POSICIONADA MEDIANTE LA UTILIZACION DE TECNOLOGÍA LI-FI**

**Bueno, Leandro Raúl – LU1016857**

Ingeniería en Informática

Tutor:

**Bietti, Cecilia Ana, UADE**

Co-Tutor:

**Sicre, Enrique Eduardo, UADE**

**Junio 2, 2017**



# **UADE**

**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios y a mis padres, Leonor y Raúl, que a través de su apoyo incondicional me dieron fuerza y ánimos para culminar esta última parte del gran proyecto que significa transitar una carrera universitaria.

A mi tutora de tesis, Ingeniera Cecilia Ana Bietti, quien con su apoyo e instrucción fue fundamental para la realización del presente trabajo y estuvo siempre presente para guiarme con sus conocimientos.

A mi co-tutor de tesis, Ingeniero Enrique Eduardo Sicre, por evacuar mis dudas y fomentar mi creatividad.

A Sebastián Barceló y Consuelo Benítez de la empresa Énfasis NET y a Néstor Cortina, representante de la empresa América Li-Fi en Argentina, quienes aportaron tiempo y buena voluntad para evacuar mis dudas y que me permitieron plasmar, en base a sus experiencias, gran parte de la información que contiene el presente trabajo.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, titulado “servicios basados en información geo-posicionada mediante la utilización de tecnología Li-Fi”, trata sobre la implementación de servicios de información en formato digital cuyo acceso tiene la característica de estar delimitado a una zona geográfica; y es consumido por los usuarios utilizando una nueva tecnología de comunicación inalámbrica, llamada Li-Fi o “Light Fidelity”, que transmite información a través del espectro de luz visible.

En el cuerpo de este documento puede encontrarse tanto una labor de investigación sobre la tecnología Li-Fi que explica su funcionamiento, características, estado de desarrollo y ejemplos de implementaciones existentes; como una definición amplia y detallada del concepto de “información geo-posicionada” que describe la relación entre la relevancia y oportunidad de la información ligada a su ubicación tiempo-espacial.

Además, se encuentran las propuestas de cinco modelos de negocio con aplicación de esta tecnología. Cada una de las cuales cuenta con el análisis de factibilidad económico-financiero-técnico respecto de su implementación, que pertenecen a servicios que utilizan información geo-posicionada y se implementan utilizando tecnología Li-Fi.

En la parte final del trabajo pueden encontrarse las conclusiones; donde se relata el resultado del trabajo realizado, y se comenta cómo efectivamente pueden desarrollarse servicios que presenten las características propuestas (que utilicen información geo-posicionada y tecnología Li-Fi), cómo se pueden utilizar estos conceptos para mejorar o reemplazar servicios existentes, de qué manera aporta esta nueva tecnología al desarrollo del Internet de las cosas (IoT) y además una explicación que detalla en qué casos es conveniente utilizar la tecnología Li-Fi como parte de una implementación que involucre transmisión inalámbrica de información.

## **ABSTRACT**

The present research, titled "geo-positioned information based services through Li-Fi technology", talks about the implementation of information services in digital format whose access has the feature of being delimited to a geographical area; and it is consumed by users using a new wireless communication technology, called Li-Fi or "Light Fidelity", which transmits information through the visible light spectrum.

In the body of this paper you can find a research work on Li-Fi technology that explains its operation, features, development status and examples of existing implementations; in addition to a broad and detailed definition of "geo-positioned information" which describes the relationship between relevance and timeliness of information linked to its time-space location.

Furthermore, there are proposals for five business cases with application of this technology. Each of them has an economic-financial-technical feasibility analysis regarding its implementation, which belong to services that use geo-positioned information and are implemented using Li-Fi technology.

At the end of the paper the conclusions can be found; where the results of the work are reported, and there is an explanation of how services that present the proposed features (using geo-positioned information and Li-Fi technology) can be developed, how these concepts can be used to improve or replace existing services, the contribution of this new technology to the development of the Internet of Things (IoT) and an explanation that details in which cases it is convenient to use the Li-Fi technology as part of an implementation that involves wireless transmission of information.

## CONTENIDOS

INTRODUCCION.....	7
ESTADO DEL ARTE DE LA TECNOLOGIA LI-FI.....	9
Principio de funcionamiento de la transmisión de información a través de luz visible .....	9
La tecnología VLC: Precursora del Li-Fi.....	12
La tecnología Li-Fi.....	13
El estándar IEEE 802.15.7.....	14
La capa física .....	14
La capa de control de acceso al medio (MAC).....	15
Capas superiores .....	16
Arquitectura de implementación.....	17
Características de la tecnología Li-Fi.....	20
Ventajas.....	20
Desventajas .....	22
Actualidad de la tecnología Li-Fi.....	23
Pruebas realizadas en laboratorio.....	23
Desarrollos comerciales .....	25
SERVICIOS BASADOS EN INFORMACION GEO-POSICIONADA .....	27
¿Qué es o qué se conoce como información geo-posicionada?.....	27
Evaluación de la tecnología Li-Fi para la prestación de servicios basados en información geo-posicionada .....	31
Implementaciones de servicios existentes a la fecha .....	33

---

HIPOTESIS .....	36
METODOLOGIA.....	38
MODELOS DE NEGOCIO PROPUESTOS.....	40
Comentarios comunes a todas las implementaciones .....	40
Modelo de negocio N°1: Gestión de precios y datos de productos en supermercados.....	42
Modelo de negocio N°2: Servicio de asistencia a pasajeros de subterráneo.....	66
Modelo de negocio N°3: Servicio de información vial a través del alumbrado público .....	89
Modelo de negocio N°4: Mediateca desatendida .....	108
Modelo de negocio N°5: Servicio de consulta de historia clínica electrónica con seguridad inherente.....	132
CONCLUSIONES.....	151
GLOSARIO.....	156
SIMBOLOS Y PREFIJOS DE UNIDADES DE MEDIDA.....	169
BIBLIOGRAFIA .....	170
ANEXOS .....	182
Anexo A: Detalles del estándar IEEE 802.15.7.....	182
Detalles del funcionamiento de la capa física.....	182
Detalles del funcionamiento de la capa de control de acceso al medio (MAC) .....	190
Anexo B: Técnicas de codificación.....	193
Técnicas de codificación FEC (Forward Error Correcting).....	193
Técnicas de codificación RLL (Run Length Limited) .....	197



Anexo C: Técnicas de modulación.....202

    Técnica de modulación OOK (On/Off Keying)..... 202

    Técnica de modulación VPPM (Variable Pulse Position Modulation)..... 203

    Técnica de modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexation) ..... 204

    Técnica de modulación SLM (Spacial Light Modulation) ..... 205

Anexo D: Cálculo de luminarias por método de los lúmenes.....207

    Explicación del método de los lúmenes ..... 207

    Resultados del cálculo de luminarias para los modelos de negocio propuestos ..... 217

Anexo E: Detalle de costos e ingresos en los modelos de negocio presentados .....223

Anexo F: Características técnicas del equipamiento Li-Fi propuesto .....249

    Router LIFINET de OLEDComm ..... 249

    Router LIFINET INTRA de OLEDComm ..... 250

    Dongle Li-Fi trans-receptor de OLEDComm ..... 251

## INTRODUCCION

El presente documento trata sobre la implementación de servicios basados en información geo-posicionada mediante la utilización de tecnología Li-Fi (Light Fidelity) que permite la transferencia de datos a través del espectro de luz visible.

El principal objetivo de este PFI es determinar, mediante la realización de un trabajo de investigación y el posterior análisis de la información obtenida, la factibilidad de su utilización en la creación de servicios que se caracterizan por estar disponibles en locaciones espaciales específicas, con el agregado de que su implementación es realizada utilizando una nueva tecnología inalámbrica de comunicación llamada Li-Fi.

En esta época, caracterizada por la permanente búsqueda de servicios que atiendan a las necesidades de información de las personas e industrias, en todo momento y lugar, se pretende contribuir con un enfoque distinto, que asocia la necesidad directamente a los espacios geográficos donde puede darse su surgimiento y abre una brecha poco explotada para la prestación de nuevos servicios y para la mejora o complemento de servicios existentes.

Como objetivos secundarios de este trabajo, pueden enumerarse los siguientes ítems:

- Demostrar de manera práctica la utilidad y relevancia de los servicios basados en información geo-posicionada, mediante la presentación de cinco modelos de negocio.
- Determinar si la tecnología Li-Fi es el medio de difusión más apropiado para implementación de este tipo de servicios.
- Demostrar cómo la utilización de tecnologías emergentes, como es el caso de la tecnología Li-Fi, puede dar soporte al desarrollo de nuevos servicios o contribuir a la mejora de servicios existentes.
- Aportar evidencia objetiva sobre las ventajas de la utilización de la tecnología Li-Fi, lo cual se espera que sea tomado como punto de apoyo para futuras implementaciones en la vida real.



El documento se encuentra dividido en seis secciones, en la primera denominada “Estado del arte de la tecnología Li-Fi” se describe el principio de funcionamiento de la tecnología Li-Fi, sus orígenes, la norma que regula a esta tecnología, sus características, el estado de madurez en la actualidad y se realiza una breve mención de algunas compañías que actualmente desarrollan soluciones comerciales utilizando esta tecnología.

A continuación, en la segunda sección llamada “Servicios basados en información geo-posicionada”, se define el concepto de información geo-posicionada y se describe cómo es el marco en el cual este tipo de información puede utilizarse para la prestación de servicios. Además, se realiza un análisis de aptitud de la tecnología Li-Fi como herramienta a utilizar para la implementación de este tipo de servicios y se presentan algunos proyectos y desarrollos existentes de servicios que utilizan esta tecnología.

En la tercera sección llamada “hipótesis” se presentan las proposiciones a validar, las cuales se desprenden directamente de los objetivos del PFI.

La cuarta sección trata sobre la metodología a implementar para la comprobación de las hipótesis planteadas; aquí se describe la metodología a utilizar para el estudio de cinco modelos de negocio propuestos.

En la quinta sección se encuentra el desarrollo de los cinco modelos de negocio propuestos, que tratan sobre la implementación de servicios basados en información geo-posicionada utilizando tecnología Li-Fi como medio de acceso a los mismos; cada uno de ellos es analizado según está detallado en la metodología e incluye una conclusión que responde a las premisas realizadas en la presentación de cada modelo.

Finalmente se encuentra la sección de conclusiones, donde se discuten los resultados obtenidos por el fruto del desarrollo de los modelos de negocio, y que permiten dar respuesta a las proposiciones planteadas en la sección de “hipótesis”.

A continuación de las conclusiones de este PFI, se encuentra un glosario y una tabla de símbolos y prefijos de unidades de medida donde el lector podrá consultar cualquier duda en cuanto a las definiciones, términos y/o simbología utilizados en el presente documento.

## ESTADO DEL ARTE DE LA TECNOLOGIA LI-FI

### Principio de funcionamiento de la transmisión de información a través de luz visible

Cuando se hace circular corriente continua a través de un diodo LED (Fig. 1), un conjunto de fotones son emitidos desde el diodo hacia el ambiente en forma de luz visible. Si el valor de dicha corriente se varía lentamente, entonces la cantidad de fotones emitidos por el diodo (es decir su intensidad luminosa) también varía. A medida que disminuimos la corriente, vemos como la luz emitida por el LED se atenúa y si por el contrario aumentamos la corriente, la luz emitida se hace más brillante.

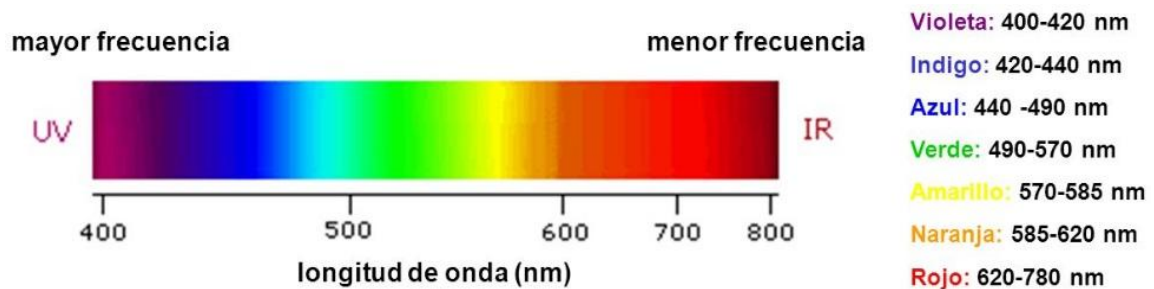


Figura 1: Diodo LED<sup>1</sup>

Estos diodos LED pueden emitir luz de diferentes colores, dependiendo de los materiales y la tecnología utilizados para su fabricación; los más comunes son aquellos que emiten luz roja, verde o azul, pero también los hay de luz blanca. El espectro de luz visible, es decir el percibido por el ojo humano, está comprendido en un rango de longitudes de onda de entre 380 nanómetros y 780 nanómetros. En la figura 2 puede apreciarse el mapeo entre los colores de la luz y sus correspondientes longitudes de onda.

---

<sup>1</sup> Fuente: <http://www.didacticaselectronicas.com/index.php/optoelectronica/diodos-led/led-rgb-5mm-detail>


 Figura 2: Espectro de luz visible<sup>2</sup>

Estos componentes electrónicos requieren una tensión de entre 1.5V y 2.2V y una corriente de entre 20 mA y 40 mA (llamada corriente de polarización) para la emisión de luz; dichos valores de tensión y corriente varían en el rango dado dependiendo de los materiales con los cuales está construido el diodo.

En la tabla I pueden apreciarse las características de distintos tipos de diodos LED en función de sus materiales de construcción:

Compuesto	Color	Long. de onda
Arseniuro de galio (GaAs)	infrarrojo	940 nm
Arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs)	rojo e infrarrojo	890 nm
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	rojo, anaranjado y amarillo	630 nm
Fosfuro de galio (GaP)	verde	555 nm
Nitruro de galio (GaN)	verde	525 nm
Nitruro de galio e indio (InGaN)	azul	450 nm
Carburo de silicio (SiC)	azul	480 nm
Nitruro de Galio (GaN)	ultravioleta	< 400nm
Granate-aluminio-itrio, dopado de cerio (Ce:YAG)	blanco	Espectro completo

 Tabla I: Características de los diodos LED, de acuerdo a sus materiales de construcción<sup>3</sup>

Debido a que los diodos LED están contruidos con materiales semiconductores (como galio o silicio por ejemplo) la intensidad de luz que emana de ellos puede ser modulada a

<sup>2</sup> Fuente: [http://images.slideplayer.es/14/4440478/slides/slide\\_5.jpg](http://images.slideplayer.es/14/4440478/slides/slide_5.jpg)

<sup>3</sup> Fuente: <http://www.asifunciona.com/tablas/leds/leds.htm>

velocidades extremadamente altas; llegando a tal punto que se tornan imperceptibles para el ojo humano. Como referencia de esta velocidad, el tiempo de encendido y apagado de éstos dispositivos es de menos de 1 milisegundo.

Si estas variaciones de intensidad luminosa son captadas por un dispositivo foto-receptor, se tiene la capacidad de convertir nuevamente los pulsos de luz percibidos en el flujo de corriente eléctrica atravesada por el diodo emisor originalmente. De esta manera, se logra reproducir un flujo de corriente eléctrica a cierta distancia utilizando como medio de transmisión los fotones emitidos por un diodo LED que se desplazan a través de un medio, que para este ejemplo es el aire, pero que también podría ser el vacío, el agua o cualquier ámbito en donde la luz pueda transmitirse sin excesiva atenuación.

Si ahora se aplica el mismo principio a una lámpara LED (Fig. 3), un dispositivo formado por un conjunto o grilla de algunas decenas de diodos LED, el campo lumínico se hace más amplio, permitiendo que la recepción de la luz pueda realizarse a una mayor distancia de la fuente que la produce; y si a su vez se piensa en la posibilidad de interconectar cualquier cantidad de lámparas LED, vemos como es posible generar un campo lumínico aún más amplio.

En resumen, mediante la utilización de un conjunto de diodos LED, es posible generar un campo lumínico de tamaño tan pequeño como un punto de luz o tan grande como varias hectáreas; ya que el cauce de la luz visible es fácilmente regulable.



Figura 3: Lámpara LED<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Fuente: [https://tecomundo.com.ar/content/images/thumbs/0004011\\_lampara-led-conector-edison-e27-30w-5u-multiled-e27-30w-5u-mul\\_550.jpg](https://tecomundo.com.ar/content/images/thumbs/0004011_lampara-led-conector-edison-e27-30w-5u-multiled-e27-30w-5u-mul_550.jpg)

## **La tecnología VLC: Precursora del Li-Fi**

En base a los fundamentos explicados arriba, es posible transmitir información a alta velocidad utilizando una lámpara o un conjunto de lámparas LED. Nótese que en esta última frase ya se habla de “transmitir información” y no simplemente de emitir un haz de luz visible para replicar de manera remota un flujo de corriente; ya que, como es sabido en el ámbito de la informática, un flujo de corriente puede utilizarse para representar un conjunto de datos que se interpretan utilizando un protocolo.

La tecnología VLC (Visible Light Communication, o del inglés “comunicación por luz visible”) hace uso del mecanismo explicado para la transferencia de información de manera remota, mediante la modulación de la intensidad de la luz visible a velocidades imperceptibles para el ojo humano. La idea principal detrás de esta tecnología es posibilitar la transmisión de información utilizando fuentes de luz cuyo principal propósito es la iluminación, pero que pueden ser adaptados para la transmisión de información.

El principal atractivo de esta tecnología, reside en su potencial aplicación como reemplazo o complemento de las técnicas actuales de comunicación por radiofrecuencia, como por ejemplo la tecnología Wi-Fi, ya que estas últimas trabajan por debajo de los 6 GHz de frecuencia, resultando tener un ancho de banda limitado para dar soporte a comunicaciones de alta velocidad. Actualmente, la norma 802.11n que aplica a las comunicaciones Wi-Fi define un ancho de banda previsto de 300GHz, mientras que con VLC puede alcanzarse un ancho de banda de 300THz (mil veces más) en distancias cortas, utilizando matrices LED con múltiples entradas y salidas (MIMO).

Además, la infraestructura de esta tecnología resulta muy simple, ya que sólo necesita luces LED y foto-receptores para su funcionamiento; mientras que la tecnología Wi-Fi se vale de equipos más complejos y costosos que requieren un alto consumo de energía para su funcionamiento.

Esta tecnología pertenece a un subconjunto de las tecnologías llamadas OWC (Optical Wireless Communications o “comunicaciones ópticas inalámbricas”), las cuales son reguladas por el estándar IEEE 802.15.7.

## **La tecnología Li-Fi**

Li-Fi es una tecnología de comunicación inalámbrica de alta velocidad, basada en la transmisión de información a través del espectro de luz visible. Su mentor fue el ingeniero Harald Haas, quien hizo referencia por primera vez a esta tecnología en la conferencia TED celebrada el 15 de septiembre de 2011 en la ciudad de Londres.

Esta tecnología pertenece también al subconjunto de las tecnologías OWC y surge como una evolución de la tecnología VLC, ya que logra mejorar notablemente sus características.

Como se vio anteriormente, VLC transmite información de manera inalámbrica modulando la intensidad de la luz visible. Esta tecnología es muy útil para comunicaciones punto a punto, como reemplazo de un cable físico. Li-Fi, a diferencia de VLC, describe un sistema completo de conectividad inalámbrico; ofrece conectividad bidireccional y multiusuario (como por ejemplo configuraciones de tipo punto a multipunto o multipunto a punto) y la posibilidad de tener múltiples puntos de acceso a la red, formando una red inalámbrica compuesta por pequeñas celdas ópticas que brindan la posibilidad de hacer handover (conectividad sin cortes entre celdas) lo que habilita la posibilidad de tener conectividad móvil.

## **El estándar IEEE 802.15.7**

La tecnología Li-Fi, al igual que VLC, funciona bajo el estándar IEEE 802.15.7 para tecnologías OWC. Esta norma define 2 capas fundamentales: La capa física (PHY) y la capa de control de acceso al medio (MAC). Veamos brevemente sus características.

### **La capa física**

La capa física es la encargada de interactuar entre los dispositivos transductores (diodos LED y foto-receptores) y la capa de acceso al medio (MAC).

A grandes rasgos, las funciones de esta capa son las siguientes:

- Proveer servicios a la capa superior
- Activar y desactivar los dispositivos transductores
- Proporcionar indicadores de calidad inalámbrica (WQI) para todas las tramas recibidas
- Ayudar en la sincronización de la transmisión en el receptor, utilizando el preámbulo incorporado en la estructura de la trama
- Insertar los encabezados de la capa PHY (PHR) en las tramas durante la transmisión y desacoplarlos e interpretarlos en el receptor
- Puede emplearse para la selección de canales a utilizar durante la comunicación
- Puede utilizarse para corrección de errores, en el dispositivo receptor, utilizando técnicas FEC (Forward Error Correcting).

Para la implementación de la capa PHY, la norma define 3 modelos distintos; cada uno con sus características particulares:

- **El modelo PHY I:** Es utilizado para transmisiones de una única entrada y salida (SISO) soportando una única fuente de luz mediante la utilización de modulación OOK (On/Off Keying) o VPPM (Variable Pulse Position Modulation). Está previsto para ser utilizado en ambientes exteriores con una velocidad que se encuentra entre 11,67 kb/s y 266,6 kb/s.

- **El modelo PHY II:** Al igual que en PHY I, se utiliza para transmisiones de una única entrada y salida (SISO) soportando una única fuente de luz mediante la utilización de modulación OOK o VPPM. Está previsto para ser utilizado en ambientes interiores con una velocidad que se encuentra entre 1,25 Mb/s y 96 Mb/s.
- **El modelo PHY III:** Es utilizado para transmisiones de múltiple entrada y múltiple salida (MIMO), soportando múltiples fuentes de luz mediante la utilización de la técnica de modulación CSK (Color Shift Keying). Ofrece una velocidad que se encuentra entre 12 Mb/s y 96 Mb/s.

En el [anexo A “Detalles del estándar IEEE 802.15.7”](#) puede encontrarse una explicación más exhaustiva del funcionamiento de los modelos PHY I, PHY II y PHY III; así como una descripción de los PDU utilizados en estos modelos.

**Otras técnicas de modulación aplicables:** Pese a que el estándar no las mencione, hay una variedad de técnicas de modulación que pueden implementarse en los modelos PHY a fin de posibilitar la comunicación entre emisor y receptor. Algunas de ellas son adaptaciones de las técnicas que se utilizan para las comunicaciones de radiofrecuencia, como puede ser la Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM); y otras son aplicables directamente (de manera nativa) al entorno Li-Fi, como la Modulación Espacial de Luz (SLM).

En el [anexo C “Técnicas de modulación”](#) puede encontrarse la explicación de las técnicas de modulación mencionadas (OOK, VPPM, OFDM y SLM).

### **La capa de control de acceso al medio (MAC)**

Según se describe en el estándar, la capa MAC es compatible con tres topologías de acceso: punto a punto, configuración “en estrella” y en modo de difusión (Fig. 4). Esta capa es la encargada de resolver los problemas de gestión de la capa física (PHY), como pueden ser: el direccionamiento físico, la prevención de colisiones, la asignación de canales y los protocolos de acuse de recibo de datos.



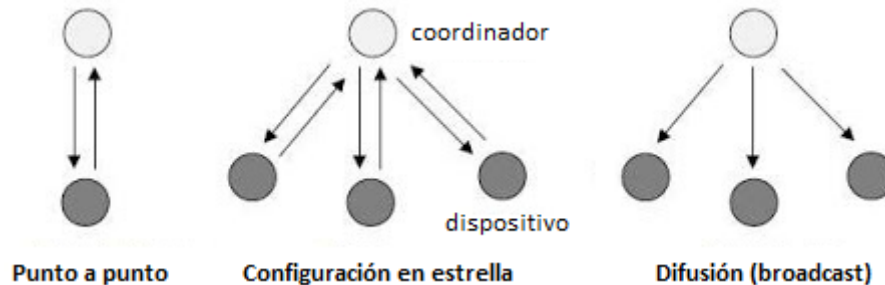


Figura 4: Topologías de acceso de la capa MAC para Li-Fi

Para lograr todos estos objetivos, el estándar define cuatro modos de trabajo para la transmisión de datos y el manejo de tramas: El modo sencillo o individual, el modo empaquetado, el modo “ráfaga” y el modo OOK regulado.

En el [anexo A “Detalles del estándar IEEE 802.15.7”](#) puede encontrarse una explicación más exhaustiva del funcionamiento de los cuatro modos propuestos por el estándar para la capa MAC; así como la descripción de los PDU utilizados en dicha capa.

### **Capas superiores**

Por encima de la capa de acceso al medio, se encuentran la capa de red y la capa de aplicación (Fig. 5). El estándar IEEE 802.15.7 no detalla exhaustivamente la implementación de estas capas, como sí lo hace con la capa PHY y la MAC, debido a que puede realizarse una implementación estándar de las mismas.

La capa de red es la encargada del enrutamiento de los paquetes, del direccionamiento lógico y de la segmentación (análogo a lo que serían las capas de red y de transporte en el modelo TCP/IP); mientras que la capa de aplicación proporciona la funcionalidad estándar requerida por las aplicaciones que se conectan a la red (totalmente análogo a la capa de aplicación del modelo TCP/IP).

Los protocolos que se utilizan en estas capas, son los mismos que se utilizan en cualquier modelo de red; podría encontrarse, por ejemplo, una implementación del protocolo IP junto con TCP en la capa de red y utilizar HTTP en la capa de aplicación.

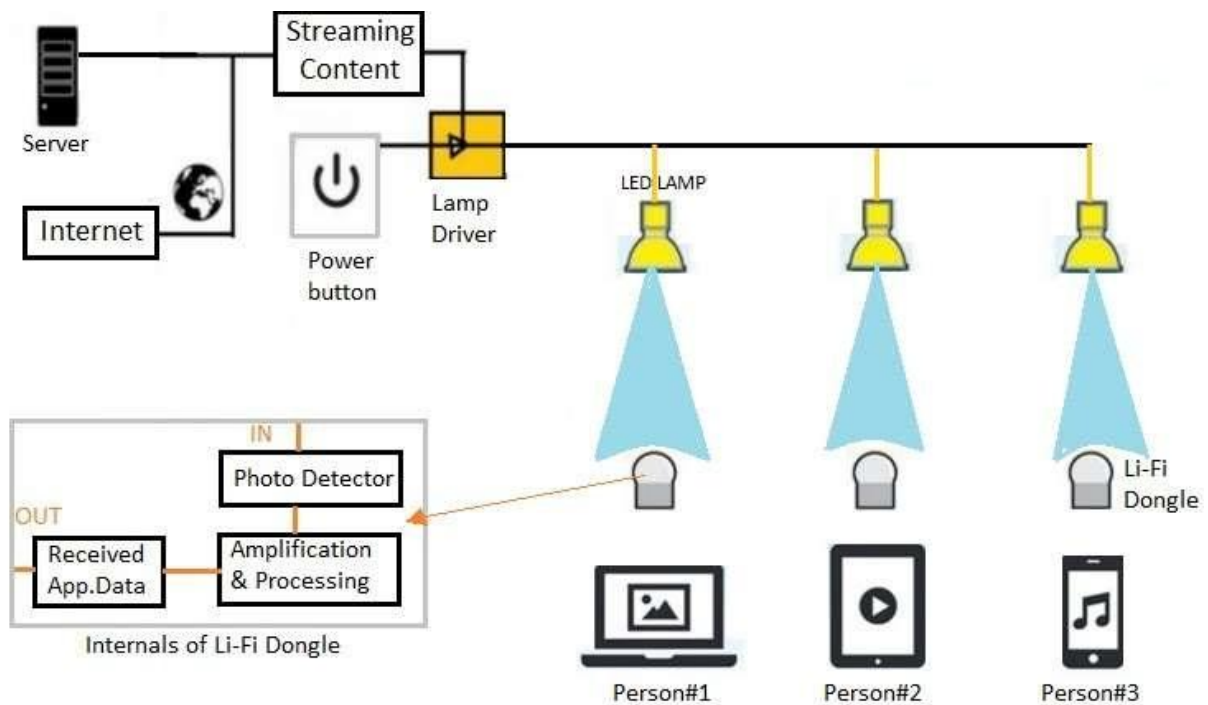


Figura 5: Capas de un modelo de red Li-Fi

## Arquitectura de implementación

Como se ha visto al repasar la información descrita en la norma IEEE 802.15.7, la tecnología Li-Fi puede ser implementada tanto en ambientes interiores como exteriores; y el área de cobertura está sujeta al despliegue de los dispositivos transductores y, por supuesto, al requerimiento al que obedece cada implementación en particular.

A modo de ejemplo, en la figura 6 puede verse un esquema básico de implementación de la tecnología donde aparecen todos los dispositivos involucrados.


 Figura 6: Arquitectura de una red Li-Fi<sup>5</sup>

La arquitectura de la figura representa una implementación donde la información proviene de Internet o de una aplicación corriendo en un servidor local y es transmitida en formato streaming hacia los clientes; correspondería a una arquitectura de tipo “broadcast” de punto a multipunto donde de un único punto de acceso se transmite información a varios clientes. Esta información podría tratarse, por ejemplo, de archivos multimedia como lo son un archivo de video, de música o una fotografía. En este ejemplo, cada cliente está recibiendo un archivo multimedia distinto al mismo tiempo.

El contenido transmitido desde una fuente de datos ingresa al driver de las lámparas, el cual es el encargado de codificar la información recibida y re-transmitirla en un formato modulado de corriente. Al llegar a la lámpara y transformarse en fotones, la información es captada por el foto-receptor incorporado en el dongle Li-Fi, el cual amplifica la señal lumínica recibida y la transforma nuevamente en un flujo de corriente. Posteriormente, se demodula la

<sup>5</sup> Fuente: <http://www.rfwireless-world.com/images/Li-Fi-internet.jpg>

señal de corriente y se la decodifica para transformarla en el flujo de datos original, presente momentos antes a la entrada del driver de las lámparas.

Para lograr que la transmisión de un único origen envíe información a distintos destinos, pueden implementarse varias técnicas que dependerán de la implementación y de la tecnología a utilizar; a modo de ejemplo, se presentan dos alternativas:

- Por un lado, podría añadirse en los headers de las tramas de la capa PHY información del canal a utilizar por cada receptor, con lo cual, todos los receptores recibirían toda la información y, en el momento de la decodificación, se descartarían todos los paquetes del canal que no correspondan al canal configurado en el dongle correspondiente.
- Por otro lado, podría utilizarse modulación CSK, donde la información perteneciente a cada destino se modula y transmite en una longitud de onda distinta; con lo cual, cada receptor tomará la información recibida dentro de una banda de longitudes de onda pre-configurada. Esta última opción es más eficiente ya que cada receptor procesa sólo la información que está destinada a él, pero requiere que se utilicen lámparas LED de luz blanca con diodos tricolor para poder variar en tiempo real las longitudes de onda de la luz irradiada.

Como comentario final respecto de este ejemplo, en la entrada al driver de las lámparas podría utilizarse el protocolo Ethernet, permitiendo que el driver se comporte como un host más dentro de una LAN. De esta manera, se logra el acoplamiento entre una red Ethernet existente y nuestra implementación de tecnología Li-Fi.

## Características de la tecnología Li-Fi

A continuación, se enumeran las ventajas y desventajas respecto de la utilización de esta tecnología; y para los casos relevantes, se realiza una breve comparación con otros tipos de tecnología inalámbrica.

### Ventajas

- **Provee conectividad libre y gratuita.**

El espectro de luz visible no está regulado (no se requiere una licencia para su utilización) y es de uso gratuito.

- **Su flexibilidad y performance permite la implementación de nuevas tecnologías.**

Esta tecnología provee la conectividad y flexibilidad necesarias para implementar el “Internet de las Cosas” (IoT).

Además, tiene capacidad suficiente como para satisfacer la creciente demanda de ancho de banda en las comunicaciones inalámbricas; ya que su ancho de banda es 1.000 veces más grande que el utilizado por la tecnología Wi-Fi, y por ende, permite alcanzar velocidades de transferencia de datos mucho más altas o brindar conectividad a mayor cantidad de usuarios.

Por último, esta tecnología cumple con los parámetros de performance requeridos para implementar la tecnología 5G.

- **Es una tecnología de bajo costo.**

Debido a la simplicidad de su funcionamiento, los dispositivos requeridos para su implementación tienen bajo costo de fabricación y son muy eficientes en cuanto a consumo de energía. No requiere circuitos, antenas ni receptores complejos.

Además, debido a su doble propósito de iluminación y comunicación, la transmisión de la señal utilizando la luz no tiene un costo adicional; a diferencia de las comunicaciones por radiofrecuencia, en donde la mayor cantidad de energía es consumida con el propósito de propagar las ondas electromagnéticas.

- **Es fácilmente escalable.**

Puede aprovecharse el tendido de luminarias existente en una locación para realizar su despliegue; esto la convierte en una tecnología cuya área de cobertura es de fácil expansión y delimitación.

- **Amplía el área de cobertura de las redes inalámbricas.**

Provee una alternativa para brindar servicios de conexión de datos inalámbrica en lugares donde no está permitido el uso de comunicaciones que utilicen ondas electromagnéticas, como en un avión, en un hospital (más precisamente cerca de equipos de resonancia magnética y quirófanos), plantas petroquímicas o dentro de un banco; ya que no produce interferencias con circuitos electrónicos.

Además, es posible utilizarla como complemento de la tecnología Wi-Fi sin realizar grandes modificaciones de infraestructura, y no interfiere con las frecuencias de trabajo de las comunicaciones radioeléctricas ni consume su ancho de banda.

- **Es adaptable a distintos escenarios.**

En implementaciones donde no se requiere iluminación artificial permanente, la luz puede ser atenuada a tal punto que se torna imperceptible para el ojo humano, pero la conexión sigue activa y en funcionamiento.

Además, es posible utilizar esta tecnología debajo del agua, lo que abre un abanico de posibilidades para su implementación en aplicaciones militares o de navegación.

- **Provee seguridad inherente.**

Cómo la luz no puede atravesar estructuras opacas, la utilización de esta tecnología dentro de un recinto asegura la confidencialidad de los datos que se manejen dentro del mismo. Esta información no puede ser accedida por usuarios no autorizados ubicados en otras locaciones.

- **Es altamente eficiente para brindar servicios basados en geo-localización.**

En la actualidad, los servicios basados en geo-localización se basan en la utilización de internet móvil y servicios de GPS; el rango de error de estos servicios es

típicamente de entre 5 y 10 metros. Debido a la concepción de la tecnología Li-Fi, en donde cada lámpara es un punto de acceso a la red y se conoce de antemano su ubicación exacta, y sumando al hecho de que el espectro lumínico es fácilmente regulable, es posible crear servicios de geo-localización mucho más precisos que los existentes en la actualidad.

- **Permite desarrollar servicios basados en información geo-posicionada.**

Las características de la tecnología Li-Fi, vistas en el punto anterior, habilitan la posibilidad de desarrollar servicios en donde lo que se requiere es que el acceso a la información este situado en una ubicación específica.

- **Su utilización es totalmente inocua para la salud de las personas.**

A diferencia de las ondas de radio de alta frecuencia, la luz no puede atravesar el cuerpo humano; por lo tanto, no es posible que se produzcan problemas de salud relacionados con la mutación de células debido al uso de esta tecnología.

### Desventajas

- **No es posible implementarla en cualquier ámbito.**

Esta tecnología no funciona bajo la luz del sol, ya que la señal emitida no puede ser captada por los receptores. La luz solar directa actúa como una gran fuente de interferencia para la comunicación.

Además, hay ciertas limitaciones respecto del ángulo de visión entre emisor y receptor para que la comunicación se realice de manera correcta.

- **Aunque es una tecnología de bajo costo de operación, el consumo de energía es constante.**

Las luminarias LED requieren un bajo consumo de energía para su funcionamiento, pero es imprescindible que siempre estén encendidas (aunque su luz sea imperceptible) para que la comunicación se lleve a cabo.

- **Puede requerir mayor despliegue que otras tecnologías inalámbricas.**

A pesar de la simplicidad de su despliegue, el mismo debe ser cuidadosamente planificado; ya que si un objeto se interpone entre emisor y receptor bloqueando por completo el flujo luminoso, la comunicación se interrumpe.

Además, al no atravesar obstáculos (como paredes) es necesario ampliar el área de cobertura mediante el agregado de luminarias adicionales, en los casos en los que se requiere un área de cobertura comprendida por varios recintos.

- **No es un estándar de la industria para las comunicaciones inalámbricas.**

Como esta tecnología nació en el año 2011, se encuentra en etapa de investigación y lento desarrollo. Si bien ya se encuentran soluciones comerciales de varios fabricantes, no se tiene un catálogo de soluciones tan variado como si lo hay de otras tecnologías de comunicación inalámbrica, ni existen implementaciones a gran escala de esta tecnología. Tampoco esta tecnología se encuentra implementada en dispositivos de electrónica de consumo, como smartphones o laptops, aunque se espera que dentro de un mediano plazo esta posibilidad se concrete.

## **Actualidad de la tecnología Li-Fi**

### **Pruebas realizadas en laboratorio**

Hasta la fecha, el mayor ancho de banda alcanzado mediante la utilización de esta tecnología tuvo lugar en la universidad de Oxford, en febrero de 2015, donde un equipo de investigación logró transmitir información con una velocidad de 224 Gb/s con un ángulo de visión de 60° entre emisor y receptor, mediante la utilización de 6 canales. En la misma experiencia, también se logró realizar una transmisión a 112 Gb/s con un ángulo de visión de 36°, pero utilizando sólo 3 canales.

En estas pruebas, la distancia entre emisor y receptor fue de 3 metros y la técnica de modulación utilizada fue SLM (modulación espacial de la luz) y en cada canal se implementó



la configuración 16-QAM. Para las pruebas, se utilizó un espaciado inter-canal de 10.1 GHz y la velocidad alcanzada por canal fue de 37.38 Gb/s.

Por otra parte, en una charla TED celebrada en septiembre de 2015 en la ciudad de Londres, el profesor Harald Haas realizó una demostración de un prototipo desarrollado por su equipo de investigación perteneciente a la universidad de Edimburgo. El prototipo es un panel solar capaz de funcionar como receptor Li-Fi.

En la demostración, se ve como una lámpara LED con tecnología Li-Fi irradia luz sobre un panel solar, ubicado a cierta distancia, el cual a su vez se encuentra conectado a una laptop. La información lumínica recibida es decodificada por el panel y los datos (correspondientes a un video en alta definición realizado para la demostración) son enviados hacia el ordenador, quien lo reproduce. Además, el panel solar no deja de lado su función primaria, la cual es el almacenamiento de energía eléctrica proveniente de la luz.

La idea del profesor Haas es utilizar este tipo de tecnología para brindar servicio de Internet en horarios nocturnos, cuando el panel deja de recolectar energía, en lugares donde el despliegue de infraestructura es muy dificultoso (como por ejemplo un asentamiento rural en medio de una cadena montañosa, donde tampoco llega el tendido eléctrico). Gracias al prototipo implementado, es posible convertir un conjunto de paneles solares, que almacenan energía eléctrica durante el día, en un gran receptor de datos provenientes de señales lumínicas durante la noche y de esta manera habilitar la conectividad en lugares inhóspitos con un costo muy bajo.

Otro hecho destacado es que la empresa Disney, a través de su división de investigación y desarrollo “Disney Research”, se encuentra en el desarrollo de un prototipo de lámparas LED inteligentes, llamadas “Linux Light Bulbs”, de las cuales se espera que sean capaces de comunicarse entre sí y puedan transmitir información a juguetes (devenidos en “Smart Toys”) utilizando el Protocolo IP. La investigación está centrada en la creación un dispositivo controlador embebido en el cuerpo de la lámpara LED que corra bajo un sistema operativo Linux y permita lograr la comunicación con otros dispositivos que utilicen tecnología VLC.

La idea de Disney, más allá de tomar ventaja en la industria del entretenimiento mediante la utilización de tecnología VLC, es empezar a marcar el camino hacia el desarrollo del Internet de las cosas (IoT).

### **Desarrollos comerciales**

Según lo relevado, a la fecha existen una variedad de compañías alrededor del mundo avocadas a la investigación de la tecnología Li-Fi y al desarrollo de soluciones que actualmente se encuentran en el mercado para su comercialización; sólo por nombrar algunas, se listan las siguientes:

- La empresa Pure Li-Fi, cuyo fundador es el ya mencionado profesor de la Universidad de Edimburgo Harald Haas, es una de las pioneras en la fabricación de soluciones comerciales que utilizan tecnología Li-Fi. Tiene sede en la ciudad de Edimburgo, Escocia.

Entre los productos que desarrolla, se destacan los siguientes:

- **Li-1st:** Es una solución compuesta por un driver Li-Fi que tiene una entrada Ethernet para la recepción de los datos a transmitir y una salida para conectar una lámpara LED. Este driver también cuenta con un sensor infrarrojo para la recepción de información de respuesta por parte de la otra pieza del conjunto, la cual es un dispositivo foto-receptor con interface USB que permite conectarlo a cualquier dispositivo que utilice esta interface (una laptop o un Smart TV por ejemplo) y tiene la habilidad de transmitir información vía luz infrarroja para comunicarse con el driver.

Esta solución brinda un enlace de 5 Mb/s simétrico a una distancia de hasta 3 metros. El producto es considerado por la empresa como lo necesario para dar los primeros pasos en la implementación de proyectos que incluyan tecnología Li-Fi.

- **Li-Flame:** Esta solución se compone por un Access Point (AP) Li-Fi con interface Ethernet y un foto-receptor llamado “Desktop Unit” (DU) con interface USB.

El AP tiene la característica de soportar una matriz de luces LED, puede manejar múltiples conexiones de varias DUs de manera simultánea y soporta “handover”, es decir, permite que una DU pase de conectarse de un AP a otro sin pérdida de la conexión. Además, como en el caso anterior, cuenta con un sensor infrarrojo para la recepción de información de los equipos “clientes”.

Por otro lado, Las DU poseen un foto-receptor para recibir la información lumínica y cuentan con un emisor infrarrojo para comunicarse con los distintos APs dentro de un recinto. Además, incluyen su propia batería recargable para poder funcionar sin consumir la energía del dispositivo al cual se encuentran conectadas.

Esta solución permite la implementación de una red “atto-celular” (el término proviene de la idea de que cada AP es una célula de pequeño tamaño dentro de una red mayor, conformada por toda la constelación de APs del recinto) con una velocidad de 10 Mb/s simétrico, a una distancia de hasta 3 metros entre AP y DU.

- La empresa OLEDComm, con base en París, Francia. Esta empresa viene trabajando con tecnología VLC desde el año 2005.

Entre los productos que desarrolla, se destaca su línea de routers Li-Fi con tecnología GEOLIFI que permiten utilizar las luminarias conectadas al router como un sistema de geo-posicionamiento para interiores. Dicho en otras palabras, el router tiene la habilidad de detectar con amplia exactitud la posición geográfica de los dispositivos clientes conectados a la red y enviar información “especializada” basada en la ubicación de esos clientes.

- La empresa SiSoft, ubicada en México D. F, la cual ofrece servicios de instalación de redes LAN (networking) utilizando tecnología Li-Fi de fabricación propia, con una velocidad de 30 Mb/s.
- La empresa india Velmenni, con base en Nueva Delhi, quien ha desarrollado una tecnología llamada “Jugnu” capaz de transmitir datos a una velocidad de 1 Gb/s utilizando Li-Fi, a una distancia de 20 metros entre emisor y receptor.

## SERVICIOS BASADOS EN INFORMACION GEO-POSICIONADA

### ¿Qué es o qué se conoce como información geo-posicionada?

La información es un conjunto de datos procesados que son relevantes para quien los recibe, es un conocimiento explícito que es resultado de la interacción de una persona con el entorno o percepciones sensibles de la persona respecto del entorno mismo.

Asimismo, la información debe cumplir con una serie de características que la definen. A saber:

- Debe ser **oportuna**, es decir, debe poder obtenerse en el momento y lugar en el que se la necesita.
- Debe ser **relevante**. La persona que la recibe debe poder utilizar esa información para algo, como tomar una decisión; o podría servirle justamente para lo contrario, para no hacer algo. Lo importante es que la información sea útil para quien la reciba.
- Debe también ser **confiable**, es decir, proveniente de una fuente fidedigna.
- Por último, la información debe ser **precisa**. Un conjunto de datos escasos o sobredimensionados que no permiten extraer la carga útil de contenido no pueden considerarse información, dejan de ser relevantes para quien los recibe.

Dejando en claro lo anterior, centrémonos en el primer atributo visto, el de la oportunidad de la información.

Según lo mencionado, el concepto de “oportunidad de la información” está asociado al hecho de que el receptor de la información se encuentre con la misma, en el momento y lugar en que la necesita. Ahora bien, dependiendo de las circunstancias, podría ser importante para el receptor contar con la información en cualquier momento y lugar, en cualquier momento en un determinado lugar, en un momento en particular pero en cualquier lugar o en un momento y lugar específicos.

Para aclarar un poco lo mencionado, veamos dos ejemplos:

- Supongamos que una persona se encuentra en el microcentro porteño, más específicamente en el Obelisco; y necesita llegar al Puente de la Mujer, en el barrio de Puerto Madero. La información que sería de mucha ayuda en ese momento, es la que responde a la pregunta “¿qué medio de transporte puede llevarme a mí destino?”, pero esa información sólo es oportuna si está disponible en ese momento y lugar.

Ahora, supongamos que al día siguiente hay otra persona ubicada en el Cid Campeador, en el barrio de Villa Crespo; la cual necesita llegar al mismo destino que la primera persona. Una vez más, la información relevante será la que responda la pregunta “¿qué medio de transporte puede llevarme a mi destino?”; y al igual que en el caso anterior, la información debe estar disponible en ese momento y lugar para ser oportuna.

Entonces, la conclusión que uno puede sacar, es que la información sobre medios de transporte (desde el punto de vista de la prestación de un servicio) es oportuna cuando está disponible en cualquier momento y puede ser accedida desde cualquier lugar.

- Supongamos ahora que una persona se encuentra en el museo de Louvre, en París. Está parada frente a una obra de arte, un cuadro, en la que una mujer parecería estar sonriendo y con las manos entrelazadas. A esta persona le interesa saber cómo se llama la obra, quién es su autor y en qué año fue pintada. Pues bien, lo que es seguro, es que es necesario que esa información esté ubicada en ese lugar; ya que si se encuentra ubicada a las espaldas de la persona o en el cuadro de al lado, probablemente no la vea o no se imagine que ahí es donde tiene que buscarla. Por lo cual, en primer lugar, la oportunidad de la información (para este caso particular) se da si la información está ubicada “en algún lugar cerca del cuadro”, ya sea unos centímetros debajo o en un pedestal en frente, pero no mucho más alejada.

Siguiendo con el ejemplo, es muy probable que a otra persona que venga de visita al museo al día siguiente, le interese esta misma información; los datos del cuadro descritos en el párrafo anterior. Por consiguiente, y nuevamente enfocado desde el

punto de vista de la prestación de un servicio, esta información será oportuna si además de estar ubicada en un lugar específico, está disponible en cualquier momento.

En conclusión, la información de “quién pintó La Gioconda y en qué año, mientras me encuentro de visita en el museo del Louvre” es oportuna en cualquier momento, pero en un lugar específico.

Como se puede deducir de los ejemplos vistos, la característica de “oportunidad” de la información está íntimamente ligada a aspectos tiempo-espaciales, como lo son “momento” y “lugar”.

Analizando las conclusiones, vemos que la información requerida en cada caso es necesaria en cualquier momento; pero para el primer caso, sólo es oportuna si puedo acceder a ella desde cualquier lugar, y en contraposición, en el segundo caso la oportunidad depende de que el acceso a la información esté disponible en una locación geográfica específica.

Vemos también que la oportunidad de la información, basada en el lugar físico de su acceso, está muy supeditada a las circunstancias; ya que quizás, si yo estoy en el Louvre, me interese la información de qué medio de transporte utilizar para llegar a la torre Eiffel; pero si estoy en el Obelisco, difícilmente me sea útil el dato de quién o en qué año se pintó La Gioconda.

Entonces, según lo explicado, vamos a decir que el segundo ejemplo es un caso en donde se requiere información geo-posicionada. Por lo tanto, si tuviésemos dar una definición de este tipo de información, diríamos lo siguiente:

“La información geo-posicionada es aquella información que es oportuna (y por inferencia relevante) cuando se encuentra ubicada, o puede accederse a ella, en el lugar geográfico en el cual la necesitamos y en el momento en el cual la necesitamos”.

Si analizamos ahora lo que implicaría la implementación de algún servicio que utilice este tipo de información, veremos que no sólo se trata de “abrir la canilla de la información en las coordenadas correctas y en el momento indicado”, sino que también hay otra característica

que se debe tener en cuenta: el área de cobertura. ¿Cuánto más grande sea el área de cobertura es mejor? ¿Cuánto más acotada es mejor? La realidad es que dependerá de las circunstancias.

Veamos un análisis más detallado del ejemplo del cuadro en el museo visto anteriormente:

- Como vimos, la persona se encuentra frente al cuadro y tiene ciertos requerimientos de información sobre el mismo. De existir algún servicio cuyo propósito sea brindar la información requerida (no importa de qué manera, podría ser mediante un altoparlante o a través de la interacción con una pantalla) debería de poder ser accedido desde algún lugar cerca del cuadro; pero lo importante es el significado del término “cerca” para este caso en concreto. Diremos entonces que lo ideal sería que el servicio pudiera ser accedido “desde toda zona próxima al cuadro, pero a una distancia no tan alejada como para que exista la posibilidad de que la información se confunda con la de alguna otra obra de arte que se encuentre próxima, ni tampoco a una distancia desde la cual se pierda de vista el cuadro”.

Como se observa, es necesario que la información esté estratégicamente posicionada, pero a la vez, se busca que pueda ser accedida desde la mayor área de cobertura posible. De nada sirve que la información sólo pueda ser accedida dentro de un área de cobertura de 1 centímetro cuadrado de frente al cuadro; ya que, a pesar de estar óptimamente posicionada, su acceso sería muy problemático (por lo menos para este caso en particular).

## **Evaluación de la tecnología Li-Fi para la prestación de servicios basados en información geo-posicionada**

Según lo visto, los servicios que trabajen con información geo-posicionada deberán cumplir con un conjunto de requerimientos prioritarios, a saber:

- I. Deberán proveer el acceso a la información en un área geográfica determinada
- II. Deberán estar disponibles siempre que se los requiera
- III. Su área de cobertura deberá ser apropiada, de acuerdo a las circunstancias

Entonces, de cara a la implementación de este tipo de servicios, se pretende evaluar la aptitud de la tecnología Li-Fi para cumplir con los requerimientos descritos.

### I. Posicionamiento de la información

La tecnología Li-Fi permite la transmisión de información a través del espectro de luz visible. Su despliegue a través de luminarias facilita la ubicación del punto de acceso al servicio, ya que sólo basta con ubicar un foco en el lugar requerido para poder acceder al servicio. Además, dependiendo de las circunstancias, pueden aprovecharse las luminarias existentes en una locación para realizar la implementación, sin necesidad de realizar un despliegue adicional.

Como punto débil, se destaca la imposibilidad de utilizar esta tecnología sobre zonas que requieran prestar el servicio a cielo abierto, al menos en horarios diurnos, ya que la luz del sol actúa como interferencia en la transmisión de los datos; pero por otro lado, esta tecnología puede proveer un punto de acceso al servicio en lugares donde no es posible utilizar otras tecnologías de conectividad inalámbrica, como por ejemplo la tecnología Wi-Fi, debido a la interferencia que generan las ondas electromagnéticas sobre dispositivos electrónicos.



## II. Disponibilidad

La tecnología Li-Fi provee conectividad permanente mientras que las luminarias se encuentren encendidas; e incluso, en los casos donde no se necesita iluminación artificial, las luces pueden ser atenuadas a tal punto que dejen de cumplir su función primaria de iluminación pero sigan proveyendo acceso al servicio.

Otro punto fuerte de esta tecnología respecto de otras, en lo que respecta a disponibilidad, es que la redundancia se da de manera natural: si una luminaria se daña, la que está al lado puede seguir proveyendo acceso al servicio. Además, si no se quiere perder área de cobertura ante el fallo de una lámpara, es muy económico reforzar la redundancia agregando lámparas adicionales y regulando la intensidad de las luces para no sufrir un efecto de “encandilamiento” en lo que respecta a la iluminación dentro de un recinto.

Analizando la disponibilidad del servicio en función de la demanda, la tecnología Li-Fi provee un ancho de banda muy superior a otras variantes de tecnologías de comunicación inalámbrica (por ejemplo, respecto de la tecnología Wi-Fi, el ancho de banda provisto es mil veces mayor), por lo cual, la capacidad para brindar servicio se multiplica: la probabilidad de saturación del ancho de banda debido a la cantidad de usuarios conectados se vuelve muy remota y, a igual cantidad de usuarios, se puede lograr una transferencia de datos a mayor velocidad.

## III. Regulación del área de cobertura

En este aspecto es donde más destaca la utilización de esta tecnología. El cauce de la luz visible es fácilmente maleable, por lo cual, basta con regular el mismo con algún plafón u objeto que rodee la fuente de luz para ajustar el área de cobertura, o agregar luminarias adicionales para extenderla.

El mayor inconveniente al utilizar otras variantes de tecnologías inalámbricas para este tipo de servicios es que, si tomamos por ejemplo las tecnologías Wi-Fi y Bluetooth, no existe la posibilidad de regular de manera precisa el área de cobertura, ya que las

ondas electromagnéticas no pueden contenerse (atravesan objetos opacos, como paredes o techos). Particularmente en el caso del Bluetooth, se suma el inconveniente de tener un área de cobertura limitado a no más de 10 metros, su extensión requiere de dispositivos y configuraciones adicionales y es necesario un emparejamiento previo (sincronización) de forma manual entre emisor y receptor.

### **Implementaciones de servicios existentes a la fecha**

A continuación, se describen brevemente algunas implementaciones de servicios realizados con tecnología Li-Fi.

- **Servicios basados en ubicación - Implementación realizada en un supermercado de la empresa Carrefour en la ciudad de Lille, Francia, en mayo del año 2015.**

La empresa Philips implementó por primera vez en el mundo un sistema de geoposicionamiento indoor que utiliza tecnología VLC en un supermercado Carrefour con el objetivo de ofrecer a los clientes distintos servicios basados en ubicación. Por ejemplo, hay un servicio que ofrece promociones de determinados productos al acercarse a la góndola donde los mismos se encuentran; otro servicio habilita a que el cliente haga una “lista de compras virtual” y al ingresar al local, la aplicación lo va guiando en el recorrido para hacerse con todos los productos realizando un trayecto óptimo y sin perder tiempo.

La información del servicio es recibida por cualquier dispositivo “Smart” que posea el cliente, a través de la cámara de dicho dispositivo. El único requisito es que el cliente previamente descargue e instale en el dispositivo una aplicación, llamada “Promo C’ou”, para que el sistema funcione. La principal característica para la implementación del servicio es que cada luminaria del supermercado transmite información lumínica con un código distinto, dependiendo de su ubicación, que la aplicación del cliente sabe cómo interpretar.

Como comentario adicional, la instalación de las luminarias LED realizada en el supermercado para reemplazar la iluminación anterior, la cual utilizaba tubos

fluorescentes, redujo un 50% el consumo de energía eléctrica del establecimiento en lo que respecta a iluminación.

▪ **Servicio de guía virtual - Implementación realizada en el museo arqueológico Curtius en la ciudad de Lieja, Bélgica, en febrero del año 2016.**

La empresa OLEDComm implementó un servicio de “guía virtual” en el museo de la ciudad de Lieja en donde a los visitantes se le entrega una tablet de 7” fabricada por la empresa OLEDComm que viene provista con un foto-receptor o, si el visitante lo prefiere, se le entrega un dongle que se conecta a cualquier smartphone o tablet mediante una ficha Jack (es la que traen los audífonos convencionales). Al acercar el dispositivo hacia la luz cercana a cualquier elemento arqueológico en exposición, se muestra una imagen del objeto en la pantalla del dispositivo, la cual puede ser rotada en 360°. Además, aparecen distintos datos sobre la pieza y, si el visitante lo prefiere, la información puede reproducirse en formato de audio en el dispositivo.

Otra implementación similar fue realizada por la empresa OLEDComm en el museo de arte Français de la Carte á Jouer en la localidad de Issy-les-Moulineaux, Francia.

▪ **Servicio de conexión a Internet de alta velocidad – Implementación realizada en las oficinas de casa central de la empresa Sogeprom en la ciudad de París, Francia, en junio del año 2016.**

La empresa Pure Li-Fi, quien aporta los equipos para la conectividad Li-Fi, junto con la empresa francesa Lucibel, quien aporta la estructura de luminarias, implementaron la primera oficina con acceso a Internet de alta velocidad en el mundo que utiliza exclusivamente tecnología Li-Fi. El emprendimiento se realizó sobre la casa central de la empresa inmobiliaria Sogeprom (filial del grupo Societe Generale) en donde se dotaron de conectividad Li-Fi a 3500 m<sup>2</sup> de superficie.

El servicio consta de conectividad a Internet full duplex de alta velocidad. A cada empleado se le proveyó un dongle Li-Fi USB para que lo utilice en cualquier dispositivo



con esa interface (laptop, smartphone, etc.) y obtenga conectividad a la red de manera instantánea, utilizando cualquier lugar del edificio como punto de acceso a la red.

Para realizar el despliegue de las luminarias con tecnología Li-Fi se aprovechó el proyecto de remodelación edilicia del edificio, cuyo diseño original data del año 1980.

Como dato adicional, el CEO adjunto de la compañía Sogeprom, Pierre Sorel, expresó su deseo de replicar este mismo esquema de conectividad en todas las filiales que la compañía posee en la región.

## **HIPOTESIS**

Con la realización del presente trabajo se busca validar un conjunto de proposiciones que se desprenden de los objetivos del PFI. A continuación se detallan las mismas:

- Debido a que se plantea el concepto de “información geo-posicionada”, se busca validar que es posible crear servicios útiles y novedosos que utilicen este tipo de información. Más allá de su viabilidad económica, se quiere demostrar que este tipo de servicios podrían llegar a implementarse y que, a la fecha presente, se cuenta con la tecnología necesaria para su realización.
- Por otro lado, es de interés para este trabajo demostrar que la tecnología Li-Fi es la mejor opción para la implementación de determinados servicios, respecto de otras tecnologías de comunicación inalámbrica; no sólo por sus atributos técnicos sino también por su bajo costo. En otras palabras, se busca demostrar que esta tecnología es más económica (tanto en su implementación inicial, como en su mantenimiento) y técnicamente más adecuada (por su simplicidad, velocidad, seguridad, etc.) para la implementación de servicios, cuando las características de éstos favorecen su utilización.
- También es de interés validar que la tecnología Li-Fi puede ser utilizada para reemplazar o complementar servicios existentes que actualmente utilizan otras tecnologías de comunicación inalámbrica; ya sea por sus apartados económico y técnico mencionados arriba, o porque su naturaleza de funcionamiento habilita su utilización exclusiva en ciertos ámbitos. No dejando de lado la característica de esta tecnología de “ser inocua” para la salud de las personas.
- Además, se busca demostrar que la tecnología Li-Fi es una herramienta válida para implementar servicios relacionados con el Internet de las Cosas (IoT), concepto que se encuentra en auge en la actualidad y sobre el cual la comunidad tecnológica demuestra un especial interés por su temprano desarrollo.



- Finalmente se pretende evaluar, a nivel macro, la aptitud de la tecnología Li-Fi como tecnología de transmisión de datos inalámbrica, de cara a su transformación en estándar de la industria, y como reemplazo de la tecnología Wi-Fi; la cual ocupa actualmente el primer lugar en utilización para implementaciones relacionadas con transmisión de datos, a corta y media distancia.

## METODOLOGIA

Para la demostración de las hipótesis planteadas en la sección anterior, se pretende desarrollar cinco modelos de negocio correspondientes a servicios basados en información geo-posicionada que utilicen tecnología Li-Fi como medio de difusión; realizando un análisis de factibilidad de cada uno de ellos.

De cada modelo de negocio se analizarán cuatro aristas: factibilidad económica, técnica, funcional y legal; y se realizará una conclusión a nivel macro respecto de la plausibilidad de la implementación de ese modelo particular, contemplando todos los aspectos analizados.

Además, se resaltarán las cuestiones más importantes que surjan del análisis de cada modelo de negocio (recomendaciones, problemas irresueltos, posibilidades de replicación de la solución en otros ámbitos, claves para la mejora de la solución a futuro, etc).

Finalmente, luego del análisis de todos los modelos de negocio, se procederá a validar las hipótesis propuestas indicando en qué grado es posible el cumplimiento de las mismas y dando las justificaciones pertinentes, basadas en los resultados de los análisis realizados.

A continuación, se detallan algunas preguntas que servirán como guía para el desarrollo del análisis de factibilidad de cada dimensión, para cada modelo de negocio:

- Factibilidad Técnica:
  - La implementación ¿es realizable con la tecnología propuesta?
  - ¿Puede ser realizada utilizando otras tecnologías?
  - De ser así ¿Cuál es más adecuada? ¿Por qué?
  
- Factibilidad Funcional:
  - La implementación ¿representa un servicio útil para los usuarios? ¿Por qué?
  - ¿A qué tipos de usuarios está orientada?
  - ¿Funciona de manera tal que los usuarios podrán operarla sin realizar un gran esfuerzo?

- De operar con datos sensibles de los usuarios, los mismos ¿están resguardados?
- ¿Cuál es la disponibilidad del servicio prestado? ¿Existen riesgos de que el usuario no pueda acceder al servicio?
- Los elementos tecnológicos utilizados en la implementación ¿Cumplen con las normas de calidad de la industria, en lo que respecta a su fabricación?
- Las tecnologías utilizadas ¿son peligrosas, en alguna forma, para la salud de las personas?
- Factibilidad económica:
  - ¿Cuál es el costo de realizar la implementación?
  - ¿Cuál es el período de repago? El mismo ¿es aceptable?
  - De ser posible, ¿es más económico realizar la implementación utilizando una tecnología alternativa?
  - El beneficio (ya sea económico o social) ¿es aceptable?
  - ¿Cuáles son los beneficios tangibles e intangibles de la implementación?
- Factibilidad Legal:
  - ¿Cuáles son las normativas legales en el ambiente donde se implementará el modelo de negocio?
  - La implementación ¿cumple con todas las normativas legales que rigen en el ambiente donde opera?



## **MODELOS DE NEGOCIO PROPUESTOS**

### **Comentarios comunes a todas las implementaciones**

#### Respecto de las luminarias

Para implementar los modelos de negocio propuestos es requisito previo y excluyente que el sistema de luminarias sobre el cual se montará cada solución utilice tecnología LED. Como se vio con anterioridad en este PFI, este tipo de tecnología es la que permite, mediante cambios de intensidad lumínica a velocidades imperceptibles, la transmisión de datos a través de la luz visible.

Por lo tanto, en cada implementación se aclara si se prevé un recambio en el sistema de luminarias actual (cuyo costo asociado se contempla dentro del proyecto) o si por el contrario, se trabaja sobre el sistema de luminarias existente.

#### Respecto del “Método de los Lúmenes” para el cálculo de luminarias

Cuando alguna solución requiera un recambio en el sistema de luminarias actual para su implementación, se utilizará el “Método de los Lúmenes” para obtener la cantidad y disposición de las nuevas luminarias a lo largo del recinto donde se aplique.

Una explicación detallada de cómo se utiliza este método puede encontrarse en el [anexo D “Cálculo de luminarias por método de los lúmenes”](#) del presente trabajo.

#### Respecto del despliegue con cableado estructurado

En las implementaciones que requieran del despliegue de cableado estructurado, se deja constancia de que su diseño fue pensado de manera tal que las distancias switch-switch y switch-router no superen los 90 metros, según lo indicado por el estándar EIA/TIA 568-B, para evitar efectos de atenuación en la señal y se elaboró de forma tal que se minimice la cantidad de switches a utilizar.

Para cada caso, en el despliegue del cableado entre la fuente de información y los distintos routers Li-Fi, se buscó minimizar la cantidad de saltos entre switches para evitar que los retardos producidos sobre la señal lumínica irradiada (típicamente menores a 15 microsegundos por cada salto de switch) no produzcan interferencias en los dispositivos Li-Fi receptores que se encuentren en los bordes inter-zonales delimitados por el área de cobertura de los distintos switches presentes en cada caso.

### Respecto de los presupuestos

Para el desarrollo de los presupuestos, se tomó la cotización del Dólar Estadounidense (U\$S) y del Euro (€) correspondiente al día 17 de marzo de 2017. Los valores de cotización utilizados son los siguientes:

- U\$S 1,00 = \$ 15,95
- € 1,00 = \$ 17,95

## **Modelo de negocio N°1: Gestión de precios y datos de productos en supermercados**

El presente modelo de negocio tiene como objetivo implementar un servicio integral de actualización de precios y datos de productos en góndola de un supermercado (o de un conjunto de supermercados) de manera remota, en tiempo real y con un comando centralizado.

Los beneficios que se esperan obtener gracias a la implementación del presente modelo de negocio son los siguientes:

- **Optimizar el trabajo de los reposidores.**

Se busca que los empleados encargados de la reposición de los artículos en góndola se desentiendan del proceso de la gestión de precios utilizando el tiempo ahorrado para la realización de otras tareas.

- **Centralizar el comando de los precios.**

La implementación está pensada para que la gestión de precios pueda realizarse desde un comando centralizado hacia todas las sucursales. De esta manera, se evitan inconsistencias en el precio del mismo producto en distintas sucursales y se facilita la tarea de gestión que actualmente se realiza en forma manual y por cada sucursal.

- **Disminuir inconsistencias en los precios por falta de actualización en tiempo real.**

Habitualmente ocurre que el precio mostrado en góndola difiere del precio al pasar el producto por la caja o al precio publicitado. Esta implementación permite unificar los precios tomándolos de una única base de datos y disparar actualizaciones en caso de que se modifiquen.

- **Lanzar promociones en tiempo real.**

Gracias a esta implementación es posible promocionar distintas ofertas en diferentes momentos del día, o dependiendo de las más diversas variables (como podría ser “el clima” por ejemplo) de manera instantánea. Las promociones pueden ser lanzadas exactamente cuando se requiera y por el tiempo que se requiera. El concepto de “flash

sale” que hoy sólo es posible para compras on-line podría ser aplicado de manera física en las sucursales.

- **Se ahorran toneladas de papel y tinta (eco-empresas).**

Gracias a la utilización de dispositivos ESL (etiquetas electrónicas) deja de ser necesario invertir dinero en insumos como papel o tinta para la impresión de etiquetas de productos en góndola. Además, se colabora con la preservación de los árboles, evitando el consumo de cientos de kilos de papel por año.

### **Análisis técnico de la solución**

#### **Requerimientos y consideraciones previas**

Para la realización de esta solución se considera necesario el recambio de las luminarias del salón de ventas del supermercado a tecnología LED; sin embargo, no es indispensable que la totalidad de las luminarias en el recinto utilicen esta tecnología, pero sí que al menos las luminarias principales (las que no son decorativas, ni se utilizan para realzar ciertos sectores del recinto) cuenten con dicha tecnología. Esto se debe a que los equipos de comunicación Li-Fi seleccionados para realizar la implementación, utilizan modulación VPPM y no son susceptibles a la longitud de onda de la luz ambiente, sino a los cambios de intensidad de la misma.

Otro requisito para la implementación de la presente solución, es la utilización de dispositivos llamados ESL (Electronic Shelf Label, o “etiqueta de góndola electrónica”) que son dispositivos compuestos por un panel digital que puede ser de tipo display con segmentos o papel electrónico (Fig. 7). Estos artefactos tienen la habilidad de recibir información de manera inalámbrica (ya sea mediante la utilización de tecnología RFID, Wi-Fi o Infrarroja) que les permite modificar los datos a mostrar en el panel y emitir cierta señalización de respuesta utilizando la misma tecnología para informar, por ejemplo, que el dispositivo se está quedando sin batería o que la información recibida fue procesada correctamente (como un acuse de recibo o “ACK”).


 Figura 7: Dispositivos ESL dispuestos en góndola<sup>6</sup>

Además, es necesario realizar una modificación en estos dispositivos para reemplazar la interface de recepción de datos por otra similar, pero que contiene un foto-receptor. Para nuestro caso en particular, se utilizarán etiquetas electrónicas de la marca “Pricer” que emiten y reciben información utilizando tecnología infrarroja, ya que se utilizará esta tecnología como canal de respuesta (Fig. 8). Si eligiéramos dispositivos ESL que, por ejemplo, recibieran y emitieran información utilizando RFID o Wi-Fi, habría que reemplazar tanto el modulo receptor como el emisor.


 Figura 8: Dispositivos ESL de la línea SmartTAG de Pricer<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Fuente: <http://blog.beaconstac.com/wp-content/uploads/2016/07/Kroger.jpg>

<sup>7</sup> Fuente: [http://www.pricer.com/Temp/3%20HD%20labels%20dollar\\_-1417307710.jpg](http://www.pricer.com/Temp/3%20HD%20labels%20dollar_-1417307710.jpg)

### Arquitectura de la implementación

En el análisis técnico de la solución, fue necesario realizar previamente el cálculo de luminarias para el recambio de las mismas, ya que se parte de la base de que el recinto cuenta actualmente con iluminación por tubos fluorescentes, que es el tipo de iluminación con el que cuentan la mayoría de los supermercados actualmente en nuestro país.

Además, fue necesario conocer la potencia manejada por las luminarias a utilizar, debido a que este dato tiene un papel preponderante en la selección del equipamiento Li-Fi que formará parte de la implementación; debido a que la etapa de modulación de señal se realiza sobre la alimentación de las luminarias LED.

Para el cálculo de luminarias, se tomó como base un recinto de 100 metros de largo por 100 metros de ancho ( $10.000\text{m}^2$ ) y con luminarias suspendidas a 4 metros del suelo. Estos parámetros son considerados como dentro de la categoría de locales de venta masiva minorista, entiéndase “supermercados”, según el Instituto Francés de Libre Servicio (IFLS). Además, otro parámetro de entrada para el cálculo es la iluminancia en el recinto; la cual resulta en un valor de 500 lux para los pasillos de góndolas en este tipo de comercios, según la Ley Nacional N°19.587 de Higiene y Seguridad en el trabajo.

Finalmente, el último parámetro de entrada a considerar para la realización del cálculo es el tipo de luminaria LED a utilizar, del cual interesa particularmente la geometría del plafón de la luminaria (si emite luz de manera focalizada o en forma dispersa) y el flujo luminoso de la misma. Para nuestro caso, las luminarias a utilizar fueron las BY121P G3 de la línea High Bay de Philips, que emiten luz en forma dispersa, tienen un flujo luminoso de 20.550 lúmenes y utilizan paneles LED con tecnología SMD 2835 los cuales son aptos para trabajar con tecnología Li-Fi (Fig. 9).



Figura 9: Luminaria Philips High Bay 121P G3<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Fuente: [http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/FP911401578311-RTP-global-001?\\$jpglarge\\$&wid=1250](http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/FP911401578311-RTP-global-001?$jpglarge$&wid=1250)

Luego de aplicar el “Método de los Lúmenes”, se describen en la siguiente figura los resultados para el cálculo de luminarias:

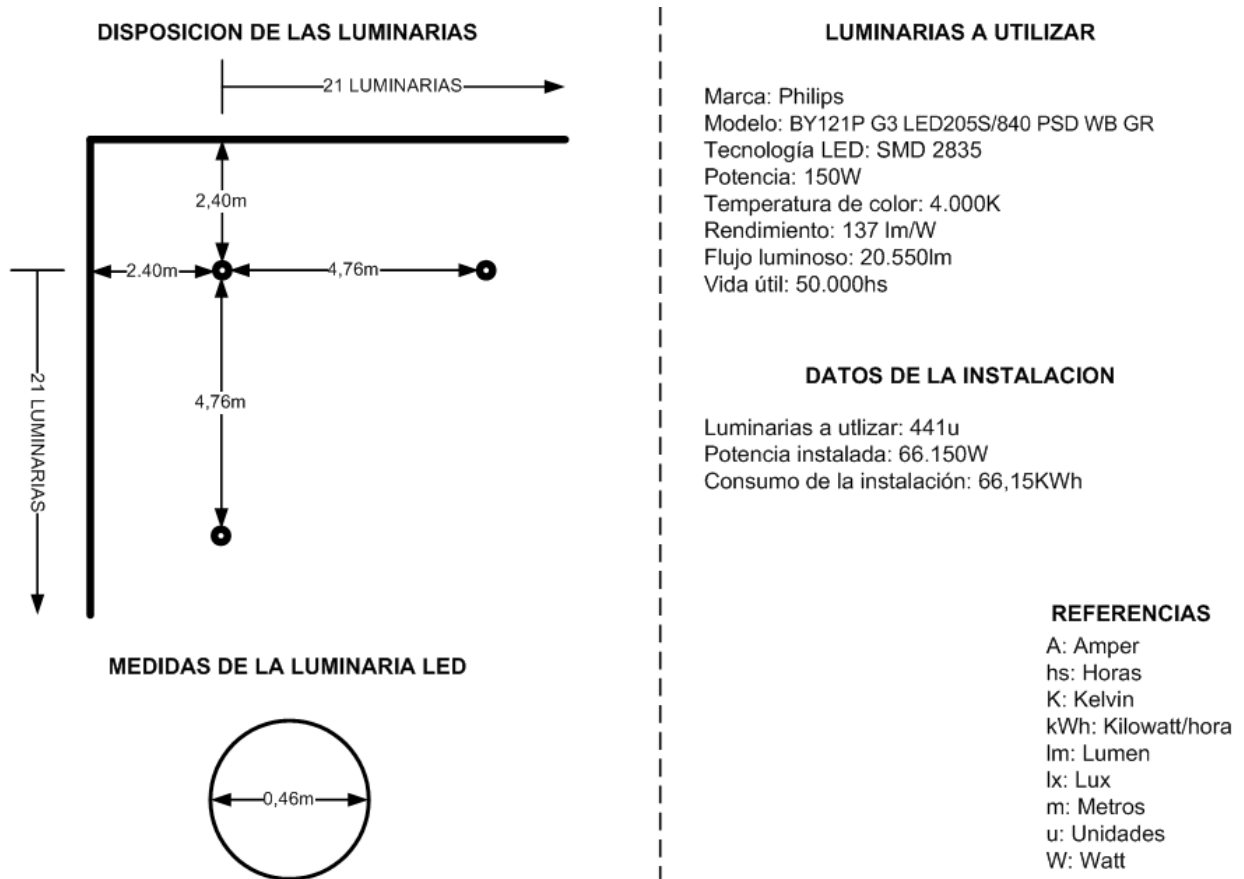


Figura 10: Resultado del método de los lúmenes para la implementación de automatización de precios

Los cálculos realizados para obtener los resultados expuestos pueden consultarse en el [anexo D “Cálculo de luminarias por método de los lúmenes”](#) del presente trabajo.



Ya definida la distribución de las luminarias, se presenta la arquitectura técnica de la implementación:

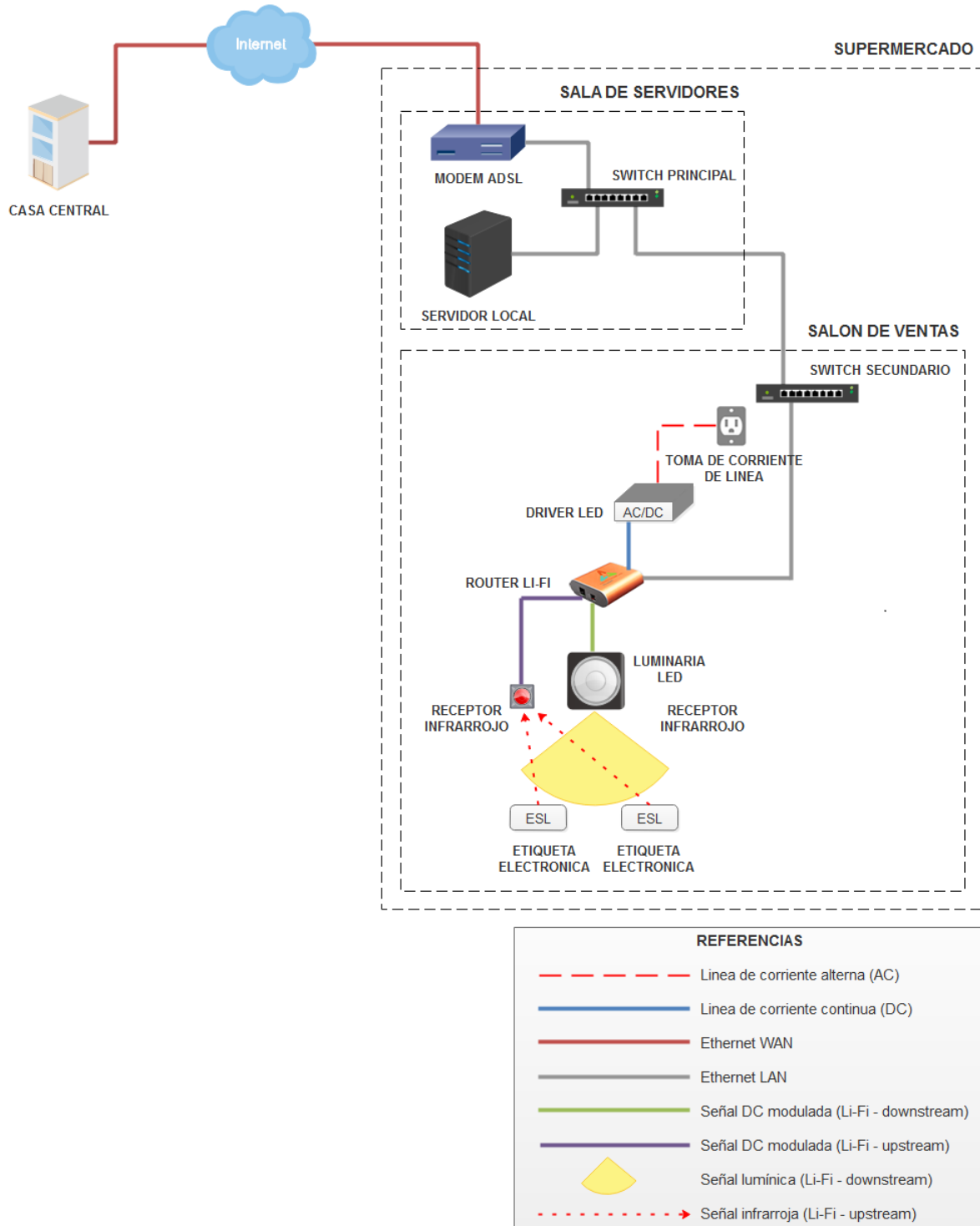


Figura 11: Gráfico de la arquitectura de la solución de gestión de precios

Como puede verse en la figura 11, la solución está pensada para acoplarse a la red LAN existente dentro del supermercado, sin realizar ningún tipo de modificación.

Dentro del modelo presentado, se presupone que existe conectividad entre cada supermercado y una oficina o casa central, a través de internet.

Luego de calcular la disposición de las luminarias, se verificó que el área de servicio ofrecida por los routers Li-Fi cubra la totalidad del recinto. En este caso en el que se utilizan receptores Li-Fi infrarrojos suspendidos del techo a una distancia de 4 metros del suelo, si consideramos que cada receptor infrarrojo tiene un alcance de 5 metros, veremos que el área de trabajo de cada dispositivo receptor forma una circunferencia de 3 metros de radio proyectada sobre el suelo. En el armado del despliegue se utilizó este dato para asegurar la operatividad del servicio desde cualquier lugar del recinto.

La solución está pensada de manera tal que la información sobre los precios en góndola pueda ser monitoreada localmente o de manera remota. Cuando es necesario cambiar el precio o algún otro atributo en las etiquetas de algún producto (o un conjunto de productos) se envía la información a través de la red, distribuyéndose la misma a todos los routers Li-Fi conectados a la misma; es decir, la información se transmite en modo broadcasting y es recibida por todos los routers Li-Fi. En ese momento, cada router modula la señal de corriente continua de alimentación de las luces en formato Li-Fi (IEEE 802.15.7) de acuerdo a los datos a transmitir recibidos.

De esta manera, las lámparas LED comienzan a emitir luz modulada en intensidad, la cual representa la información recibida por el router Li-Fi en formato Ethernet, pero modulada a formato Li-Fi utilizando la técnica VPPM.

Esta señal lumínica irradiada por todas las luminarias del recinto es recibida por los dispositivos ESL los cuales, a través del transductor óptico-eléctrico que incorporan (el fotoreceptor) transforman la señal lumínica nuevamente en impulsos eléctricos e interpretan la información recibida. Es importante mencionar que cada dispositivo ESL cuenta con un identificador único de 16 bits que es definido en el momento de su puesta en funcionamiento.

Este número o dígito identificador es el que le permite al dispositivo discriminar qué información está destinada a él y que otra no. Como cada identificador posee 16 bits, es posible direccionar 65.536 dispositivos ESL (se cuenta con  $2^{16}$  direcciones distintas) dentro de un mismo recinto.

Una vez interpretada la información por los dispositivos ESL, los mismos ejecutan las instrucciones recibidas y emiten una señal infrarroja que es captada por los receptores Li-Fi dispuestos en el techo junto a las luminarias. El mensaje que emiten los dispositivos ESL es una confirmación de si pudieron o no ejecutar el refresco de la pantalla. Esta información es convertida a formato Ethernet por el router Li-Fi y transmitida a través de la red hasta llegar al dispositivo de destino, el cual es el mismo que envió la información al principio de la transmisión.

Como se mencionó con anterioridad, este medio de transmisión mediante luz infrarroja es utilizado por los dispositivos ESL para enviar señalización de estados.

La confirmación de actualización de los dispositivos ESL permite controlar el estado de las actualizaciones de datos de productos, para tener la seguridad de que un conjunto de productos a los cuales se pretendía actualizar, efectivamente se llevó a cabo.

Despliegue de la solución

A continuación, se presentan los detalles del despliegue de la solución:

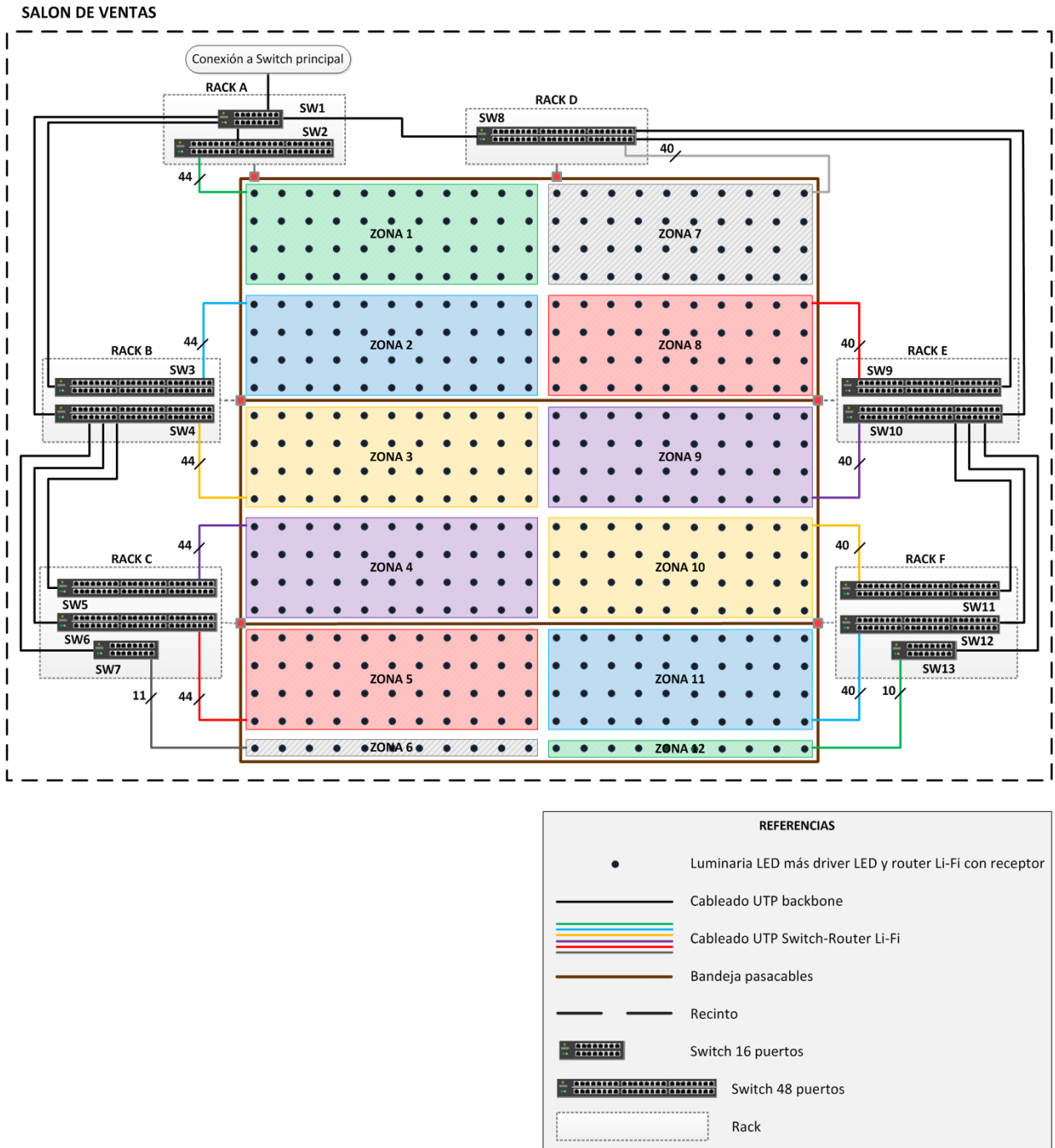


Figura 12: Gráfico del despliegue de la solución en el salón de ventas del supermercado

Como puede verse en la figura 12, el despliegue hasta las luminarias es similar al de una red LAN cableada. La arquitectura de red está pensada para que, a través de una cascada de switches, la información a transmitir llegue a cada router Li-Fi y posteriormente se transmita al salón a través de las luminarias; y a su vez, la información recibida realice el camino inverso.

La configuración de áreas de servicio a través de los distintos switches puede verse en la tabla II:

Rack	Switch	Cant. Puertos	Area de servicio
A	SW1	16	SW2, SW3, SW4, SW8
	SW2	48	Zona 1 (44 routers Li-Fi)
B	SW3	48	Zona 2 (44 routers Li-Fi)
	SW4	48	SW5, SW6, SW7, Zona 3(44 routers Li-Fi)
C	SW5	48	Zona 4 (44 routers Li-Fi)
	SW6	48	Zona 5 (44 routers Li-Fi)
	SW7	16	Zona 6 (11 routers Li-Fi)
D	SW8	48	SW9, SW10, Zona 7 (40 routers Li-Fi)
E	SW9	48	Zona 8 (40 routers Li-Fi)
	SW10	48	SW11, SW12, SW13, Zona 9 (40 routers Li-Fi)
F	SW11	48	Zona 10 (40 routers Li-Fi)
	SW12	48	Zona 11 (40 routers Li-Fi)
	SW13	16	Zona 12 (10 routers Li-Fi)

Tabla II: Ubicación y áreas de servicio de los switches

Finalmente, en lo concerniente al despliegue, se presenta en la tabla III la lista de materiales estipulados para la realización de la solución:

Elemento	Cantidad
Luminaria LED	441 unidades
Router Li-Fi	441 unidades
Dispositivo ESL	15.000 unidades
Transductor Li-Fi	15.000 unidades
Switch 16 bocas	3 unidades
Switch 48 bocas	10 unidades
Cable UTP	16.729 metros (calculando 5% de desperdicio)
Ficha RJ45	906 unidades
Rack	6 unidades
Bandeja pasacable	600 metros

Tabla III: Lista de materiales estipulados para la realización de la solución

Se decidió tomar como base la cantidad de 15.000 dispositivos ESL considerando un área de góndolas equivalente al 30% de la superficie del recinto, y en donde el stock de cada producto exhibido ocupa en promedio el espacio de  $\frac{1}{2} m^3$  (1 metro de largo,  $\frac{1}{2}$  metro de alto y 1 metro de profundidad). Esta ponderación surge del concepto urbanístico de C.O.S. o “coeficiente de ocupación del suelo” que indica que, para el caso de un supermercado, la relación entre espacio ocupado por los productos en relación con el espacio total debe encontrarse en el orden de 25 a 40%. Para este caso, se decidió tomar un valor cercano al de menor ocupación posible (30%) dado que por las dimensiones del recinto planteado, se trataría de un “hipermercado” donde la mayor superficie del mismo está dedicada a pasillos y lugares de tránsito, debido al gran caudal de personas que lo transitan.

Además, se estipuló que los precios de los productos no pueden exhibirse a más de 2 metros del suelo, lo que da como resultado 5 niveles de anaqueles por cada góndola.

### Consideraciones particulares de la implementación

Para esta implementación se contemplo la utilización de routers Li-Fi de la marca OLEDComm, en particular el modelo LIFINET INTRA, que cuenta con una potencia de salida de 150W, una velocidad de transmisión de datos de 10 Mb/s e interface de entrada Ethernet (RJ45).

Para mayor detalle técnico sobre el equipamiento Li-Fi, puede consultar el [anexo F “Características técnicas del equipamiento Li-Fi propuesto”](#) del presente trabajo.

Debido a que el predio a cubrir es muy amplio (10.000 m<sup>2</sup>) se buscó minimizar la cantidad de luminarias a utilizar para facilitar el cableado de red hasta los distintos routers Li-Fi. Para ello, fue necesario seleccionar luminarias de alto flujo luminoso, compatibles para la transmisión de información mediante tecnología Li-Fi y de alta eficiencia (la mayor cantidad de lúmenes por Watt posible). Las luminarias elegidas cumplen estos tres requisitos.

Como está planteada la arquitectura de la solución, un router Li-Fi por cada luminaria, a mayor cantidad de luminarias a utilizar más cantidad de routers Li-Fi serian necesarios y eso impacta también en el costo y en la complejidad de despliegue del proyecto.

En esta implementación en particular, hubiera sido posible agrupar varias luminarias bajo un mismo router Li-Fi, ya que todas las luminarias transmiten la misma información al mismo tiempo; pero luego de realizar un análisis de los equipos Li-Fi disponibles en el mercado, no se encontró algún router Li-Fi que tuviese la potencia suficiente para proveer alimentación a un conjunto de luminarias LED como las seleccionadas.

Otra alternativa evaluada fue utilizar luminarias de baja potencia, que se traducen en menor flujo luminoso, pero la ecuación entre la cantidad de luminarias a agregar y la cantidad de routers Li-Fi a utilizar termina resultando nuevamente en un costo monetario y una complejidad de despliegue mayor, respecto de la alternativa seleccionada.

Por otro lado, en lo concerniente a los switch elegidos, para esta implementación se eligieron dispositivos sencillos, económicos y sin características de administración; debido a que no se requiere el armado de VLANs ni es necesario administrar el tráfico de red que

circula por las diferentes zonas del recinto. Esta decisión se tomó porque, pese a que el modelo permitiría sectorizar las distintas zonas de transmisión de datos (haciendo más eficientes las actualizaciones y reduciendo los tiempos de actualización de datos de productos), de implementarse esta característica se perdería la libertad de ubicar cualquier dispositivo ESL en cualquier parte del recinto. Como está planteado este modelo, no es necesario llevar cuenta de en qué zona del recinto está ubicado cada dispositivo ESL.

Además, no se optó por dispositivos de red con puertos de 1 Gb/s de transferencia porque el volumen de información a transmitir y recibir no justifica la inversión (se calcula un tamaño inferior a 50 KB por cada actualización de información de un producto en particular).

Como la velocidad máxima de recepción de datos de los transductores adosados a los dispositivos ESL es de 1 Mb/s, se optó por establecer la velocidad de trabajo a este valor, el cual es suficiente para la actualización de datos de productos, en un tiempo muy razonable (se estima una demora máxima de 100 minutos en la actualización de datos de los 15.000 productos).

### **Análisis operativo de la solución**

Desde el punto de vista funcional, la implementación es bastante sencilla en cuanto a que el único usuario que interactúa con el sistema es el encargado de la actualización de precios o datos de productos, ya sea desde la sucursal o desde el centro de comando.

La interfaz del operador debe proveer información del estado de la última actualización de cada dispositivo ESL para saber si es necesario re-lanzar la actualización de los datos de algún producto en particular. Para ello, se requiere una pantalla de tipo “tablero de control” en donde también pueda visualizarse de manera ágil si hay algún inconveniente con alguno de los dispositivos, como por ejemplo si alguno de ellos se está quedando sin batería.

Además, si se decide trabajar con dispositivos ESL de tinta electrónica, es posible incluir en la interfaz de usuario un editor de etiquetas para que el operario tenga la posibilidad de diseñar de manera íntegra la etiqueta (colores de fondo, leyendas, tamaños de fuente, etc).



Como se comentó anteriormente, es conveniente que la solución trabaje en línea con la base de datos que alimenta de información a las cajas registradoras, para que cuando se necesite modificar el precio de algún producto, la modificación quede impactada tanto en caja como en la etiqueta en góndola en ese mismo momento.

En lo que respecta a la seguridad de la información, los datos manejados por la implementación no se consideran datos sensibles ni pasibles de ser codificados con el objetivo de salvaguardar la integridad y la privacidad de los mismos.

En materia de redundancia, el funcionamiento de la implementación no es considerado “de riesgo de vida” y la prevención de fallas de sus componentes puede ser incluida en el plan de mantenimiento general de las instalaciones del recinto, por lo cual no se prevé ningún sistema dedicado de redundancia.

Cualquier desperfecto de los componentes utilizados se soluciona con el reemplazo directo del mismo, sin ninguna o muy escasa configuración previa y en un intervalo de entre escasos minutos a pocas horas.

Respecto de la salud de las personas, la tecnología utilizada descarta cualquier daño posible ya que, como se explicó anteriormente, la luz visible y la emisión de rayos infrarrojos (estos últimos en longitudes de onda de entre 870 nanómetros y 950 nanómetros) no representan riesgo alguno.

### **Análisis legal de la solución**

Según lo investigado, la presente implementación no transgrede ninguna ley ni convenio vigente para el ámbito en los supermercados; la única salvedad a destacar es el requerimiento impuesto por la Ley Nacional N°19.587 de Higiene y Seguridad en el trabajo, anexo IV, decreto 351/79 que establece el valor de iluminancia de 500 lux para la iluminación general de centros comerciales de mediana importancia.

**Análisis económico de la solución**

A continuación, se presenta el presupuesto resumido del proyecto. Todos los importes están expresados en dólares estadounidenses, y además se decidió utilizar una tasa mínima de recuperación (TREMA) del 3% ya que es el valor típico utilizado para proyectos tecnológicos de inversión.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO							
Año	0	1	2	3	4	5	
<b>COSTO INICIAL</b>	Materiales	\$ -907.557,78					
	Instalación	\$ -7.899,69					
	Desarrollo de software	\$ -2.758,62					
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	Materiales		\$ -38.218,55	\$ -38.218,55	\$ -38.218,55	\$ -38.218,55	\$ -38.218,55
	Mantenimiento de infraestructura		\$ -2.369,91	\$ -2.369,91	\$ -2.369,91	\$ -2.369,91	\$ -2.369,91
	Mantenimiento de software		\$ -689,66	\$ -413,79	\$ -413,79	\$ -413,79	\$ -413,79
<b>INGRESOS</b>	Papel		\$ 2.150,47	\$ 2.150,47	\$ 2.150,47	\$ 2.150,47	\$ 2.150,47
	Tóner		\$ 2.435,61	\$ 2.435,61	\$ 2.435,61	\$ 2.435,61	\$ 2.435,61
	Recambio de impresoras				\$ 752,35		\$ 752,35
	Mano de obra		\$ 28.865,26	\$ 28.865,26	\$ 28.865,26	\$ 28.865,26	\$ 28.865,26
	Ahorro de energía eléctrica		\$ 24.739,08	\$ 24.739,08	\$ 24.739,08	\$ 24.739,08	\$ 24.739,08
	Multas y apercibimientos		\$ 19.360,50	\$ 19.360,50	\$ 19.360,50	\$ 19.360,50	\$ 19.360,50
<b>Flujo Total</b>	<b>\$ -918.216,09</b>	<b>\$ 36.272,80</b>	<b>\$ 36.548,67</b>	<b>\$ 37.301,02</b>	<b>\$ 36.548,67</b>	<b>\$ 37.301,02</b>	



TREMA	3,00%
VAN	-\$ 749.764,23

	0	1	2	3	4	5
	-\$ 918.216,09	\$ 35.216,31	\$ 34.450,63	\$ 34.135,72	\$ 32.473,02	\$ 32.176,19
<b>AÑOS DE REPAGO</b>		-\$ 882.999,78	-\$ 848.549,15	-\$ 814.413,44	-\$ 781.940,42	-\$ 749.764,23

El detalle de los distintos costos e ingresos del proyecto se encuentra en el [anexo E “Detalle de costos e ingresos en los modelos de negocio presentados”](#).

A continuación, se comentarán los aspectos más relevantes del presupuesto descrito:

▪ **Respecto de los materiales**

Para esta implementación se decidió incluir como costo del proyecto el recambio de luminarias del supermercado a tecnología LED. Se tomó esta decisión debido a que actualmente muy pocos establecimientos de este tipo cuentan con dicha tecnología, pero se deja constancia de que a futuro es muy probable que para la implementación de la solución no se requiera incurrir en este gasto debido a que es tendencia la migración de luminarias a esta tecnología, principalmente por el ahorro en energía eléctrica que se obtiene con la realización de la misma.

Asimismo, se aclara que dentro de los costos de mantenimiento no se considera la compra de artefactos de dicha tecnología, por los motivos expuestos arriba. El mantenimiento de las luminarias LED se considerará como dentro del plan de mantenimiento del establecimiento comercial, como hasta ahora se consideraba el de las luminarias tradicionales.

▪ **Respecto del mantenimiento**

Como en la mayoría de los casos, se contempló un importe del 5% anual, respecto del costo inicial, en lo que respecta a materiales y un 30% anual, respecto del costo de instalación, destinado al mantenimiento de la infraestructura informática.

La única salvedad en este caso, es la consideración del 7% anual (dos puntos por arriba de la media) para los dispositivos ESL debido a que se consideran elementos sensiblemente sujetos a roturas o hurtos por estar en contacto permanente con los clientes del supermercado.

En lo que se refiere al mantenimiento del software, se consideró un 25% sobre el costo de desarrollo durante el primer año y un 15% en los años siguientes, debido a que no se

prevén grandes cambios en materia de funcionalidad del mismo; sólo pequeños ajustes en su funcionamiento.

▪ **Respecto de los ingresos**

En primer lugar, se considera un ahorro anual en papel y tóner de impresión, debido al cambio de paradigma en lo que respecta a la exhibición de precios.

Para el cálculo de este ingreso, se consultó a la empresa Énfasis SRL, encargada del desarrollo de material publicitario de la cadena de supermercados Nini ubicados en su mayoría en la ciudad de La Plata, provincia de buenos aires. Se obtuvo el dato de que el recambio de todos los precios se realiza de manera semanal y del tipo de papel utilizado en los precios de góndola, así como también el gasto anual en papel y tóner realizado por dicha empresa. Estos datos fueron proyectados al modelo de supermercado propuesto en la implementación, y valiéndose de la cantidad de tipos de producto estimados se obtuvo el costo en que se incurriría anualmente en insumos en materia de pricing de seguir utilizando el modelo tradicional. También, los datos aportados ayudaron a determinar la vida útil del los dispositivos de impresión requeridos para dicho modelo. Se estimó la utilización de dos impresoras Laser con una vida útil de 2 años y medio cada una.

A continuación, se consideró un ahorro en mano de obra debido al recambio semanal de precios en el supermercado. Para obtener la cifra indicada, se consideró (al igual que en el cálculo del ingreso anterior) la cantidad de tipos de producto estimados y un tiempo de reposición de precio de 20 segundos. Sobre la base del tiempo total anual destinado a reposición de precios, se calculó el costo anual de este proceso, tomando como base el valor de una hora hombre de trabajo (\$106,23) extraído del “Convenio Colectivo de Trabajo” del Sindicato de Empleados de Comercio (SEC) vigente a la fecha, dentro de la categoría correspondiente a “Repositores”.

Otro ingreso considerado fue el ahorro energético asociado al recambio de luminarias. Como se decidió imputar como costo indirecto del proyecto el recambio de las luminarias a tecnología LED, también se contabiliza como ingreso indirecto del proyecto la baja en el consumo eléctrico de la nueva instalación, al menos durante el horizonte del proyecto.

Para el cálculo del porcentaje de ahorro con la nueva instalación de luminarias, se tomó en cuenta la potencia instalada de la misma y se la comparó con una instalación de tubos fluorescentes T8 que son utilizados típicamente para la iluminación de un supermercado. Estos tubos consumen 58W, con una eficiencia de 88 lm/W (se tomaron como referencia los tubos fluorescentes T8TL-D 58W/840 de la marca Phillips).

Como resultado, a igual cantidad de lúmenes de la instalación, se obtuvo que utilizando tecnología LED (más precisamente las luminarias HighBay elegidas para el desarrollo) se obtiene un 35,76% de ahorro en consumo de energía eléctrica.

A continuación, utilizando el valor de consumo de la nueva instalación, se calculó el costo de consumo eléctrico de la misma por hora; tomando como referencia el valor del kW/h para un supermercado (servicio eléctrico de media tensión) que es de \$1,64 de acuerdo a la tarifa vigente de la empresa EDESUR al mes de marzo de 2017. El valor obtenido es de \$108,49 por hora; por lo cual, si lo proyectamos a la instalación vieja, se obtiene un ahorro de \$60,39 por hora gracias al recambio de luminarias.

Como último paso de este ítem, se multiplicó el ahorro de energía eléctrica por la cantidad de horas en que un supermercado mantiene encendida la instalación (se calcularon 18 horas diarias, 363 días al año) y de esta forma se obtuvo el ingreso anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica.

Por último, se calculó el ahorro anual en multas y apercibimientos en los que el establecimiento se encuentra expuesto debido a la diferencia entre los precios exhibidos y/o promocionados y los vigentes en caja.

Para el cálculo de este ingreso, se indagó sobre estadísticas de reclamos en supermercados y se investigó la legislación vigente en esta materia, para conocer las penalidades a las que se encuentran sujetos estos comercios por el incumplimiento de los derechos del consumidor. Lamentablemente, no se encontraron estadísticas vigentes sobre reclamos en supermercados ni en la Asociación de Defensa de los Consumidores y Usuarios de la Argentina (ADECUA) como tampoco en el Instituto Nacional de Estadística y Censos

(INDEC). Por lo cual, se trabajó con las estadísticas publicadas por el Servicio Nacional del Consumidor de Chile (SERNAC); más precisamente con el índice de reclamos en supermercados, medido entre enero y diciembre del año 2014. De este material, se obtuvo la cifra de 6.364 reclamos realizados en supermercados a nivel nacional, de los cuales el 11,1% (706 reclamos) son debidos al incumplimiento de promociones y ofertas o a diferencias de precio entre los precios exhibidos y/o promocionados y los vigentes en caja.

De esta última cifra, el informe arroja que el 54,5% de los reclamos realizados por clientes (que contabilizan 385) son ignorados o no atendidos por los comercios.

Tomando esta última cifra de reclamos pasibles de resolución por vía judicial, se estimó que el 2% de dichos casos ocurren en el comercio analizado, contabilizando 7 reclamos anuales. De manera conservadora, se supondrá que sólo 4 de los 7 reclamos realizados van a litigio entre el consumidor y el comercio, porque el primero decide aplicar acciones legales.

Ahora bien, ya obtenido el número ponderado de reclamos, se procedió a indagar sobre las penalizaciones en las que incurre el comercio en falta y se obtuvo el dato de que por el incumplimiento de la Ley Nacional Argentina N°24.240 “Ley de Defensa del Consumidor” artículo 40 Bis, el establecimiento comercial debe indemnizar al consumidor con un monto de hasta \$11.000 en concepto de “daños” y además, debe pagar una multa de entre \$100 y \$5.000.000 establecida en el artículo 47 inciso “B” de la misma ley. Todo esto sujeto a que el reclamo se resuelva judicialmente por vía administrativa; de agotarse las instancias de mediación los importes a abonar en concepto de indemnización y multa pueden ser mayores.

Para este presupuesto, y sin perder de vista que se busca una postura conservadora para el cálculo de los ingresos, se tomará un valor de \$2.200 (20% del valor máximo) para el costo por indemnización al cliente y de \$75.000 (1,5% del valor máximo) para el costo en concepto de multa.

**▪ Respetto de los costos de importación**

El equipamiento traído del exterior (como en este caso los dispositivos Li-Fi importados desde Chile y los dispositivos ESL desde España) contemplan los costos de importación correspondientes, tanto para la compra inicial de materiales como para el mantenimiento anual de la solución.

**Oportunidades de mejora**

Como se comentó en las consideraciones previas, la utilización de dispositivos ESL en esta implementación requiere de una adaptación en donde se reemplaza su módulo receptor por un transductor Li-Fi para la recepción de la señal lumínica. Si en el futuro algún fabricante de dispositivos ESL decide lanzar al mercado unidades compatibles nativamente con tecnología Li-Fi, no sólo es muy probable que se abarate el costo de la implementación sino que se ahorraría mucho tiempo invertido en la adaptación de estos dispositivos; dicho proceso se traduce también en dinero ahorrado a la hora de instalar y mantener la solución propuesta.

Por otro lado, también se comentó la necesidad de trabajar con una arquitectura que contempla la utilización de un router Li-Fi por cada luminaria utilizada, debido a las limitaciones de potencia de trabajo de los routers. Si se consiguiera fabricar routers Li-Fi que trabajen en valores de potencia mayor, no sólo se ahorraría dinero debido a la utilización de menos de estos dispositivos (ya que se podrían conectar varias luminarias a un mismo router Li-Fi) sino que se simplificaría de manera considerable el despliegue de la solución y se ahorraría, por consiguiente, dinero asociado al despliegue de infraestructura Ethernet (cableado UTP, switches, etc.)



## **Conclusiones**

Según lo visto a lo largo del desarrollo del presente modelo de negocio, la implementación de la solución es factible tanto a nivel técnico como a nivel funcional y legal; también se ha visto que, de existir mejoras en la tecnología Li-Fi, las soluciones de este tipo no sólo serán más económicas sino que también más fáciles de implementar y mantener.

En lo que respecta a la parte económica, puede verse que el valor actúan neto del proyecto es de aproximadamente -U\$S750.000, ya que la inversión inicial no llega a recuperarse durante los 5 años propuestos como horizonte del proyecto. Sin embargo, la presente solución trae aparejados beneficios intangibles que será necesario evaluar a la hora de decidir si implementar o no la solución; como por ejemplo:

- El recambio tecnológico de las luminarias generará ahorros indirectos en energía eléctrica ya que, como estas luminarias no emiten calor como las convencionales, el costo de refrigeración del establecimiento se verá afectado positivamente. Además, se contribuye con la meta social del cuidado del medio ambiente, ya que las luminarias LED son reciclables y no contienen tungsteno ni derivados del mercurio.
- Se obtiene un control mucho más detallado, ágil y transparente sobre el proceso de pricing, que permitirá incrementar la calidad del circuito de ventas del establecimiento.
- Se implementa una nueva vía de comunicación con tecnología de última generación, pasible de ser explotada en futuras implementaciones de distintos tipos de servicios.

Como criterio de decisión adicional sobre si invertir o no en la implementación de la solución, además de los beneficios ya expuestos, se remarca que en el ámbito donde se propone implementar este modelo de negocio suelen manejarse presupuestos cuantiosos y es habitual la inversión de dinero en proyectos ambiciosos de riesgo moderado.

Ya repasados todos los puntos incluidos en el presente informe, se concluye que la solución presentada (tanto desde el punto de vista tecnológico como de la implementación de un nuevo servicio) propone un punto de partida para la implementación de diversas soluciones



en el ámbito de un supermercado en donde puede combinarse información útil con transferencia inalámbrica y confinada de datos para dar como resultado la prestación de nuevos tipos de servicios orientados a incrementar la satisfacción del cliente o para ser utilizados como soporte para futuras mejoras en los procesos del establecimiento.

## **Modelo de negocio N°2: Servicio de asistencia a pasajeros de subterráneo**

El presente modelo de negocio tiene como objetivo implementar un servicio de asistencia al pasajero de subterráneo, brindando información en tiempo real sobre distintos aspectos del entorno relacionados con el viaje en curso.

La solución está pensada de manera tal que el pasajero consulte la información requerida a través de su smartphone o cualquier otro dispositivo inteligente con el que cuente. El servicio estará disponible tanto en los andenes como en los halls de tránsito de las estaciones de subterráneo, así como también en los pasillos de transbordo para realizar combinaciones subte-tren o entre distintas líneas de subte.

Los servicios brindados serán los siguientes:

- El servicio existente que indica el estado actual de la red de subterráneos y de la red metropolitana de trenes se prestará también a través de esta implementación.
- El servicio existente “Próximo Subte” que indica el tiempo de arribo de la próxima formación al andén, también se podrá consultar desde la solución y será accesible desde los andenes de cada estación.
- En concordancia con el servicio “Próximo Subte” se incorporarán dos servicios nuevos: uno que indica qué asientos se encuentran disponibles en la próxima formación y otro que indica las condiciones habitacionales (valores de temperatura y humedad ambiente) de cada vagón de la formación próxima a arribar.
- Se implementará un nuevo servicio utilizando tecnología de geo-localización que permitirá asistir a los pasajeros en los procesos de trasbordo dentro de una estación, como una suerte de GPS indoor.

El modelo de negocio presentado es fácilmente escalable, el conjunto de servicios descrito puede ser extendido de manera sencilla (agregando por ejemplo publicidad, noticias, estado del clima, etc.) sin la necesidad de despliegue de infraestructura Li-Fi adicional.

Los beneficios que se esperan obtener gracias a la implementación del presente modelo de negocio son los siguientes:

- **Mejorar la experiencia de viaje del pasajero.**

A través de la plataforma de servicios de información en tiempo real ofrecida se busca mejorar la experiencia de viaje del pasajero, permitiéndole optimizar los tiempos del trayecto, mejorar su estadía en las formaciones durante el desarrollo del trayecto y evitándole demoras en las combinaciones entre líneas.

- **Realizar un uso inteligente del servicio de subterráneos.**

La información brindada como consecuencia de la implementación del servicio permite mitigar ciertos contratiempos que actualmente se desarrollan, como la sobrepoblación de pasajeros en las formaciones. Además, contribuye a mejorar la fluidez del flujo de pasajeros, evitando que los mismos se desorienten en el proceso de trasbordo entre distintas líneas o al desplazarse desde las entradas hacia los andenes o en sentido contrario.

- **Revalorizar el servicio ofrecido actualmente.**

El servicio de información al pasajero ofrecido actualmente dentro de cada estación utiliza como vía de comunicación la cartelera apostada en las estaciones y las pantallas LED a través de las cuales se emite la programación del canal SubTV. La solución propuesta muda los servicios existentes a la mano de cada usuario y agranda el abanico de servicios ofrecidos. Además, ofrece un servicio ajustable a la necesidad de cada usuario, como es el servicio de asistencia durante el trasbordo.

- **Proveer una nueva plataforma de comunicación a los usuarios.**

La solución, además de implementar nuevos servicios de asistencia al pasajero y revalorizar los existentes, abre un nuevo canal de comunicación hacia el usuario a través del cual pueden montarse a futuro nuevos servicios de manera sencilla y sin la necesidad de desplegar infraestructura adicional.

## **Análisis técnico de la solución**

### **Requerimientos y consideraciones previas**

Para esta implementación en particular, se utilizará esta sección para explicar cómo funciona el sistema de información al pasajero en la actualidad y dónde y cómo se realizarán los cambios pertinentes en este sistema para la implementación del modelo de negocio propuesto.

En la actualidad, las líneas de subterráneos en buenos aires cuentan con un servicio de asistencia al pasajero. El mismo consta de tres elementos:

- El servicio “Próximo Subte”, que indica mediante cartelería en los andenes el tiempo de arribo de la próxima formación
- Los mensajes por altoparlante en las estaciones, que indican la demora, cote parcial o interrupción de alguna línea en particular.
- La cartelería en general, que brinda el mapa de la red de subterráneos, informa cuáles son las estaciones que permiten hacer trasbordo entre líneas e indican las salidas o direcciones hacia donde se encuentran los distintos andenes de una estación. Además, en la entrada a cada estación, hay cartelería que indica el estado en tiempo real de cada línea de subterráneos.

De los servicios descritos, sólo el primero (“Próximo Subte”) es el que brinda información en tiempo real sobre las formaciones que se encuentran prestando servicio.

Este servicio funciona de la siguiente manera:

Cada formación que se encuentra prestando servicio envía su localización de manera periódica al Puesto de Control de Operaciones (PCO de ahora en adelante) mediante un sistema llamado TCMS (Train Control and Management System).

Este sistema es el encargado de monitorear distintos aspectos de la formación como ser: ubicación, velocidad de la formación, estado de los frenos en cada vagón, control de apertura de puertas, etc. A su vez, el sistema posee una interface mediante la cual es capaz de recibir

información provista por aplicaciones de terceros comportándose como un “integrador” entre los distintos subsistemas de la formación.

La transferencia de información de localización realizada desde la formación hacia el PCO es realizada utilizando tecnología R-GSM que es una tecnología de comunicación por radiofrecuencia similar a la tecnología celular, pero adaptada para uso ferroviario.

La información transmitida por la formación en movimiento, es recibida por alguna de las antenas dispuestas a lo largo del recorrido de la línea y enviada mediante fibra óptica al PCO. Finalmente, es el PCO el encargado de procesar la información de ubicación brindada por las distintas formaciones y ponderar el tiempo de arribo al próximo andén.

Esta última información es transmitida al andén de la estación de subterráneos correspondiente y exhibida en las pantallas del andén.

En base a lo explicado anteriormente, la implementación de la solución propuesta requiere de dos puntos de intervención en el modelo actual:

- Por un lado, los servicios a transmitir relacionados con las formaciones en servicio requerirán de la instalación de distintos sensores en cada formación que realizarán la toma de datos del ambiente, y la integración del colector de datos con el sistema TCMS para que el mismo pueda transmitir la información censada al PCO, de la misma manera que lo realiza actualmente con la información de posición.
- Por otro lado, deberá realizarse el despliegue de la infraestructura Li-Fi necesaria en cada estación de subterráneos, para que la información proveniente del PCO sea transmitida a través de las luminarias de la estación y además para implementar el sistema de geo-posicionamiento indoor que permitirá el funcionamiento de los servicios relacionados con la orientación de pasajeros dentro de la estación.

## Arquitectura de la implementación

### **Implementación en los vagones**

El trabajo a realizar en los vagones de cada formación es el de instalar sensores que colectarán los datos necesarios para la implementación de los servicios. Los datos deberán ser recibidos por una unidad de procesamiento (PIC) la cual será la encargada de establecer la comunicación con el sistema de control y comunicación de la formación (TCMS) como un subsistema más. A su vez, el sistema TCMS deberá incluir esta información en la comunicación vía R-GSM con el PCO.

Para esta implementación en particular, deberá realizarse la instalación de sensores de presión en cada uno de los asientos de cada vagón que servirán para la implementación del servicio que indica la ocupación de asientos en la formación. Además, los datos recolectados por los sensores de presión en cada vagón, deberán centralizarse en una unidad PIC del estilo Arduino y esta última deberá interfacear con la entrada de subsistemas del sistema central TCMS de la formación.

Por otra parte, se requerirá la información de la temperatura y humedad ambiente en cada vagón de la formación. El sistema CTMS ya cuenta con esta información debido a que cada vagón tiene instalados sensores para el control de estos valores que son utilizados por los sistemas de ventilación y aire acondicionado de la formación. De todas maneras, deberán realizarse las modificaciones necesarias para que dicha información sea transmitida al PCO junto con el resto de la información transmitida actualmente.

### **Implementación en las estaciones**

Los trabajos a realizar en cada estación de subterráneos en la cual se decida implementar la solución, es el despliegue de luminarias e infraestructura Li-Fi necesarios; de la misma manera en la que se indicó en la implementación anterior.

En este caso particular, se tiene la ventaja de que puede realizarse el recambio directo de las luminarias sin alterar la infraestructura existente, ya que por un lado existen luminarias LED equivalentes a las ya instaladas (por lo cual no se altera la “topología” de la red de

iluminación) y por otra parte no es necesaria la instalación de receptores Li-Fi junto a las luminarias, ya que se trata únicamente de un servicio de “difusión” de información.

Comodato adicional, actualmente en la ciudad de Buenos Aires, las estaciones de la línea H de subterráneos ya cuentan con iluminación totalmente implementada con tecnología LED (Fig.13) y se encuentra vigente un proyecto del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires para el recambio de luminarias de la totalidad de las estaciones de subterráneos restantes a ésta tecnología.



Figura 13: Iluminación LED en la estación Córdoba de la línea H de subterráneos<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup>Fuente:[http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/styles/interna\\_noticia/public/field/image/santa\\_fe\\_1\\_ineah.jpg?itok=6sg4NJhv](http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/styles/interna_noticia/public/field/image/santa_fe_1_ineah.jpg?itok=6sg4NJhv)



A continuación, se presenta la arquitectura técnica de la implementación:

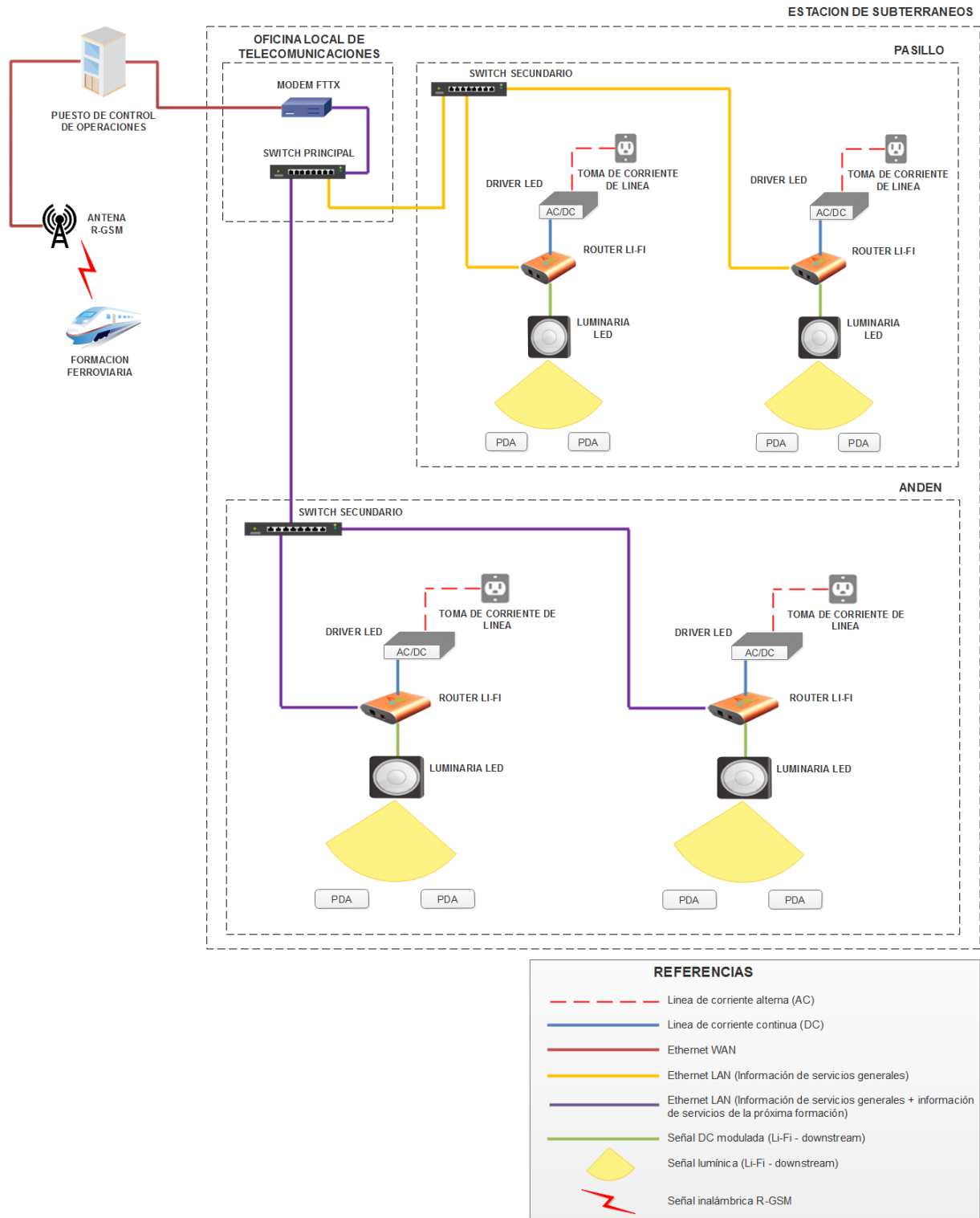


Figura 14: Gráfico de la arquitectura del servicio de asistencia a pasajeros de subterráneo

Como se ve en la figura 14, la información correspondiente a los servicios llega a cada estación desde el PCO y allí se distribuye entre las luminarias de la estación. Esta información puede dividirse en dos clases: Por un lado, la información que podríamos llamar “de servicios generales” que es la misma para todas las estaciones, como es el caso del servicio que indica el estado de las distintas líneas de subterráneo. Esta información se origina en el PCO y se distribuye a todas las estaciones. Por otro lado, está la información que corresponde a servicios que podríamos llamar “de próxima formación” y es transmitida desde las distintas formaciones al PCO y desde allí es procesada y re-dirigida al andén de la estación correspondiente, es decir, al próximo andén al cual la formación que origino la información tiene como destino. Estos servicios, como se mencionó anteriormente, son los de “Próximo Subte”, ocupación de asientos en la formación y condiciones habitacionales en los distintos vagones de la formación.

Una vez que la información es recibida en cada estación, la misma es transmitida a través de las luminarias; la salvedad a hacer, es que sólo la información perteneciente a servicios generales es transmitida por todas las luminarias de la estación, mientras que la información perteneciente a los servicios de próxima formación es redirigida a las luminarias de los andenes, según corresponda.

Como peculiaridad, el servicio de asistencia de trasbordo no recibe información del PCO, sino que la aplicación del usuario recibe las coordenadas de ubicación de cualquier dispositivo Li-Fi próximo, a través del espectro lumínico, y es la misma aplicación la que genera la información de guía al usuario basada en la ubicación recibida.

### Despliegue de la solución

Para realizar el esquema de despliegue, se tomó como base la estación Santa Fe de la línea H de la red de subterráneos de Buenos Aires. En este caso, no se realizó el cálculo de luminarias para obtener la cantidad y disposición de luminarias sino sólo para obtener una estimación de la cantidad de luminarias requerida y así poder inferir la cantidad de equipamiento Li-Fi que sería necesario para realizar el despliegue, dado que ya cuenta con la luminaria necesaria.

Como se explicó anteriormente, se propuso que la solución sea montada sobre la infraestructura de luminarias existente, ya que la misma utiliza actualmente tecnología LED.

Según la información recabada, la estación cuenta con una zona de andenes de 140 metros de largo y 20 metros de ancho; además cuenta con dos halls, ubicados por encima de los andenes (a una altura de 7 metros) que tienen ambos la misma superficie: 40 metros de largo y 20 metros de ancho. Las luminarias están suspendidas a 3,5 metros del suelo en ambos recintos.

Además, para la estimación de la cantidad de luminarias, se consideró un valor de iluminancia de 200 lux, con plafones dobles de tubos LED de tipo T8 de 1,5 metros de largo, 24 Watt de potencia y un valor de flujo luminoso de 2200 lúmenes.

Como resultado del cálculo, se estimó la utilización de 420 plafones y 840 tubos LED.

Los cálculos realizados para obtener los resultados expuestos pueden consultarse en el [anexo D “Cálculo de luminarias por método de los lúmenes”](#) del presente trabajo.

A continuación, se presentan los detalles del despliegue de la solución:

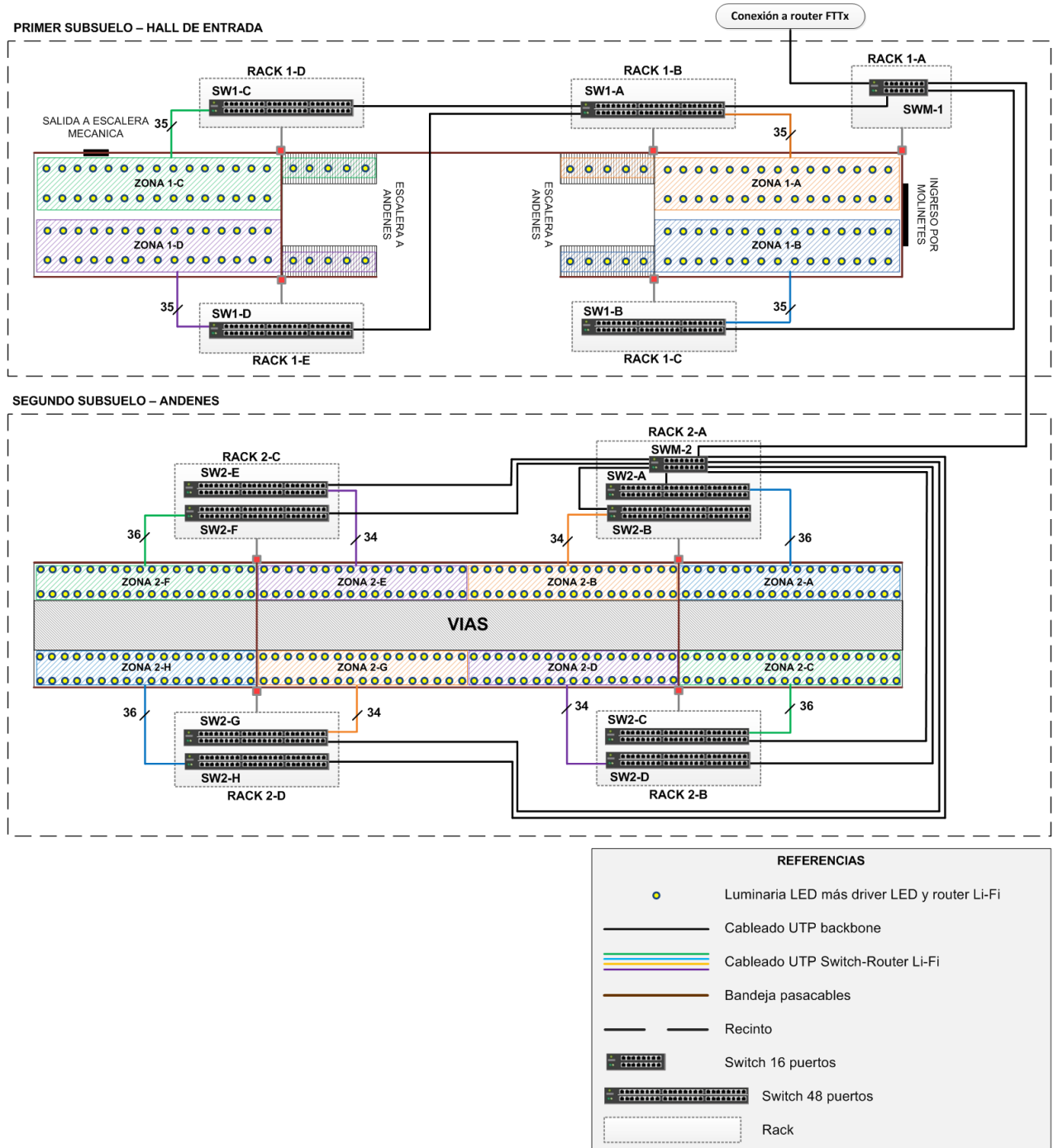


Figura 15: Gráfico del despliegue de la solución en la estación de subtes Santa Fe de la línea H de subterráneos

Como puede verse en la figura 15, la arquitectura de red está formada por una cascada de switchs en donde la información proveniente del PCO es redirigida a los distintos routers Li-Fi de la estación. Como se comentó anteriormente, se utiliza direccionamiento de red para discriminar el tráfico perteneciente a servicios generales y servicios de próxima formación, y de esta manera, se enrutan los distintos tipos de información hacia los lugares geográficos en los cuales son pertinentes.

La configuración de áreas de servicio a través de los distintos switchs puede verse en la tabla IV:

Rack	Switch	Cant. Puertos	Area de servicio
1-A	SWM-1	16	SW1-A, SW1-B, SWM-2
1-B	SW1-A	48	SW1-C, SW1-D, Zona 1-A (35 routers Li-Fi)
1-C	SW1-B	48	Zona 1-B (35 routers Li-Fi)
1-D	SW1-C	48	Zona 1-C (35 routers Li-Fi)
1-E	SW1-D	48	Zona 1-D (35 routers Li-Fi)
2-A	SWM-2	16	SW2-A, SW2-B, SW2-C, SW2-D, SW2-E, SW2-F, SW2-G, SW2-H
	SW2-A	48	Zona 2-A (36 routers Li-Fi)
	SW2-B	48	Zona 2-B (34 routers Li-Fi)
2-B	SW2-C	48	Zona 2-C (36 routers Li-Fi)
	SW2-D	48	Zona 2-D (34 routers Li-Fi)
2-C	SW2-E	48	Zona 2-E (34 routers Li-Fi)
	SW2-F	48	Zona 2-F (36 routers Li-Fi)
2-D	SW2-G	48	Zona 2-G (34 routers Li-Fi)
	SW2-H	48	Zona 2-H (36 routers Li-Fi)

Tabla IV: Ubicación y áreas de servicio de los switchs

Ya enrutada la información pertinente a las distintas áreas de servicio, cada router Li-Fi es responsable de modular la información recibida en formato 802.15.7 y transmitirlo a la luminaria quien, a su vez, irradia la información recibida en forma lumínica.

Finalmente, en lo concerniente al despliegue, se presenta en la tabla V la lista de materiales estipulados para la realización de la solución:

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>
Micro-controlador PIC	72 unidades
Sensor de presión	1296 unidades
Router Li-Fi	420 unidades
Switch 16 bocas	2 unidades
Switch 48 bocas	12 unidades
Cable UTP	10.273 metros (calculando 6% de desperdicio)
Ficha RJ45	868 unidades
Rack	9 unidades
Bandeja pasacable	500 metros

Tabla V: Lista de materiales estipulados para la realización de la solución

Para la implementación de la solución en las formaciones, se relevaron las características del material rodante vigente en la línea H. La flota está compuesta por 6 formaciones de 6 vagones cada una y cada vagón cuenta con 36 asientos (6 líneas de 6 asientos cada uno) dando la totalidad de 1296 asientos contabilizando todos los vagones de la flota. Este dato fue utilizado para calcular la cantidad de sensores de ocupación de asiento requeridos.

Además, para el monitoreo de los sensores descritos arriba, se propone la utilización de un micro-controlador PIC, particularmente para el desarrollo de la solución se propone el Arduino Mega 2560 R3, el cual posee 54 pines de entrada/salida configurables. Se estima la utilización de 2 dispositivos por vagón, donde cada uno monitorea 18 asientos utilizando 2 pines por sensor de ocupación de asiento. Según lo descrito, se requiere la utilización de 72 micro-controladores para monitorear los asientos de la totalidad de la flota.

### Consideraciones particulares de la implementación

Para esta implementación se contemplo la utilización de routers Li-Fi de la marca OLEDComm, en particular el modelo LIFINET, que cuenta con una potencia de salida de 150W, una velocidad de transmisión de datos de 10 Mb/s e interface de entrada Ethernet (RJ45).

Para mayor detalle técnico sobre el equipamiento Li-Fi, puede consultar el [anexo F “Características técnicas del equipamiento Li-Fi propuesto”](#) del presente trabajo.

La arquitectura de la solución contempla la conexión de un único router Li-Fi por cada plafón, mediante el cual se alimenta a dos tubos LED de 24W de potencia.

Estos dispositivos, además de modular en formato Li-Fi la información recibida, tienen la capacidad de emitir una señal de baliza con un código asociado a su ubicación geográfica; lo que permite que la aplicación instalada en el dispositivo receptor (un smartphone, por ejemplo) utilice esta información para actualizar el servicio de asistencia de trasbordo.

Respecto del ancho de banda en la transmisión de datos, si bien la velocidad de transmisión del router Li-Fi propuesto es de 10 Mb/s, al tratarse de un servicio de sólo difusión de información se deberá adecuar la velocidad a la máxima soportada por el dispositivo receptor. Para establecer un margen mínimo, se propuso utilizar una velocidad de transferencia de datos de 1 Mb/s que es la manejada por los dongle trans-receptores de la línea básica de este mismo fabricante; cabe aclarar que esta velocidad es más que suficiente para brindar el servicio propuesto.

En lo que respecta a dispositivos de red, se eligió la utilización de switches con tecnología Gigabit y con capacidades de administración; debido a que para realizar el ruteo de tráfico es necesaria la implementación de VLANs.

### Análisis operativo de la solución

Desde el punto de vista funcional, la solución no va más allá de una aplicación Mobile mediante la cual se muestra la información recibida en un formato apropiado para la fácil comprensión del usuario. La implementación contempla la prestación del servicio de libre acceso y el desarrollo de la aplicación que presenta los datos en cualquier dispositivo PDA, pero tanto éste dispositivo como el receptor Li-Fi deberán ser adquiridos por los usuarios.

La interfaz de usuario debe mostrar la información recibida perteneciente a los servicios generales (estado de las líneas de subterráneos y trenes, por ejemplo) en un formato de tipo “panel de control” y en primer plano. Además, al acercarse el pasajero a los andenes, se habilitará una solapa con información de los servicios “de próxima formación” (Fig. 16) donde se mostrará, como se realiza actualmente a través de señalética, el tiempo de demora de la próxima formación y un esquema que permita identificar los distintos vagones de dicha formación con la disponibilidad de sus asientos y las condiciones habitacionales del vagón a través de una escala de colores entre rojo y verde.

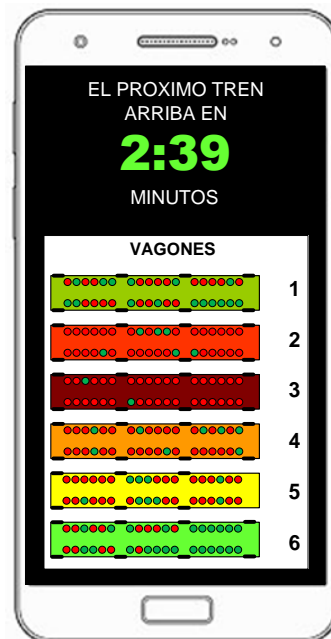


Figura 16: Ejemplo de interface de usuario de los servicios de próxima formación



También, la aplicación deberá tener una tercera solapa que habilitará el servicio de trasbordo, el cual mostrará en un mapa de la estación la ubicación actual del pasajero y permitirá, previa indicación del destino, recibir instrucciones de cómo llegar desde la ubicación actual hasta el destino seleccionado (salida a determinada calle, andén específico, combinación con otra línea de subterráneo o tren, etc.). Además, el mapa de la estación marcará distintos puntos de interés dentro de la estación, así como también la ubicación de distintos comercios (kioscos, locales de comida rápida, etc.) los cuales deberán abonar un arancel mensual a condición de figurar en la aplicación.

Por último, es importante que la aplicación esté disponible en distintos idiomas (al menos inglés y portugués, además de castellano) para que pueda ser aprovechada también por turistas o residentes de países extranjeros no hispanohablantes.

En lo que respecta a la seguridad de la información, los datos manejados por la implementación no se consideran datos sensibles ni pasibles de ser codificados con el objetivo de salvaguardar la integridad y la privacidad de los mismos.

En materia de redundancia, el funcionamiento de la implementación no es considerado “de riesgo de vida” y la prevención de fallas de sus componentes puede ser incluida en el plan de mantenimiento general de las instalaciones del recinto, por lo cual no se prevé ningún sistema dedicado de redundancia.

Cualquier desperfecto de los componentes utilizados se soluciona con el reemplazo directo del mismo, sin ninguna o muy escasa configuración previa y en un intervalo de entre escasos minutos a pocas horas.

En lo concerniente a disponibilidad del servicio, salvo la interrupción del tráfico de red por el desperfecto de algún switch, el apagado de cualquier luminaria no afecta el funcionamiento del servicio ya que, debido a la ubicación próxima de las mismas, la luz irradiada por cualquiera de las luminarias adyacentes es suficiente para que cualquier dispositivo receptor siga recibiendo la información del servicio prestado; para dejar fuera de



funcionamiento el servicio se necesitaría la rotura simultanea de varias luminarias adyacentes generando una zona completamente oscura y sin cobertura.

Respecto de la salud de las personas, la tecnología utilizada descarta cualquier daño posible ya que, como se explicó anteriormente, la luz visible no representa riesgo alguno.

### **Análisis legal de la solución**

No se encontraron normativas ni lineamientos a cumplir debido a la implementación de la solución propuesta.

**Análisis económico de la solución**

A continuación, se presenta el presupuesto resumido del proyecto. Todos los importes están expresados en dólares estadounidenses, y además se decidió utilizar una tasa mínima de recuperación (TREMA) del 0,5% ya que es el valor típico utilizado para proyectos públicos de carácter social.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO							
Año		0	1	2	3	4	5
<b>COSTO INICIAL</b>	Materiales	\$ -85.265,99					
	Instalación	\$ -29.373,04					
	Desarrollo de software	\$ -11.034,48					
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	Materiales		\$ -5.834,27	\$ -5.834,27	\$ -5.834,27	\$ -5.834,27	\$ -5.834,27
	Mantenimiento de infraestructura		\$ -10.730,41	\$ -10.730,41	\$ -10.730,41	\$ -10.730,41	\$ -10.730,41
	Mantenimiento de software		\$ -2.758,62	\$ -2.206,90	\$ -2.206,90	\$ -2.206,90	\$ -2.206,90
<b>INGRESOS</b>	Publicidad en la aplicación		\$ 23.768,28	52.433,38	\$ 68.175,56	\$ 68.175,56	\$ 68.175,56
	Mobile						
<b>Flujo Total</b>		\$ -125.673,51	\$ 4.444,98	\$ 33.661,80	\$ 49.403,98	\$ 49.403,98	\$ 49.403,98

TREMA	0,50%
VAN	\$ 57.362,64



---

	0	1	2	3	4	5
	-\$ 125.673,51	\$ 4.422,87	\$ 33.327,69	\$ 48.670,27	\$ 48.428,13	\$ 48.187,19
<b>AÑOS DE REPAGO</b>		-\$ 121.250,64	-\$ 87.922,95	-\$ 39.252,68	\$ 9.175,44	\$ 57.362,64

El detalle de los distintos costos e ingresos del proyecto se encuentra en el [anexo E “Detalle de costos e ingresos en los modelos de negocio presentados”](#).

A continuación, se comentarán los aspectos más relevantes del presupuesto descrito:

▪ **Respecto de los materiales**

Para esta implementación en particular no se contempló la compra de dispositivos receptores Li-Fi para poder acceder al servicio ofrecido debido a que, al igual que ocurre con otros servicios similares (como por ejemplo el acceso gratuito a Internet en las plazas de la Ciudad de Buenos Aires), se espera que los usuarios cuenten con los medios necesarios para la utilización del mismo. Sin embargo, se ve con buenos ojos cualquier iniciativa relacionada con la importación y comercialización de estos dispositivos, por parte de terceros.

▪ **Respecto del mantenimiento**

Como en la mayoría de los casos, se contempló un costo del 5% anual, respecto del costo inicial, en lo que respecta a materiales; exceptuando la compra de sensores de presión para los asientos de las formaciones para los cuales se calculó un 10% extra debido al desgaste al que se encuentran sometidos dichos dispositivos.

Respecto de la mano de obra, se estimó un costo del 30% anual, respecto de la instalación inicial, para el mantenimiento de la infraestructura informática en las estaciones y un 40% anual, respecto también de la instalación inicial en las formaciones, destinado al mantenimiento de la solución (recambio o reparación de sensores de presión, ajustes de configuración del Middleware que trabaja entre el sistema CMTS y el PCO, recambio de PICs en las formaciones, etc.)

En lo que se refiere al mantenimiento del software, se consideró un 25% sobre el costo de desarrollo durante el primer año y un 20% en los años siguientes (5% por encima de la media) debido a que, al tratarse de un servicio de información en tiempo real, es muy factible que se requieran ajustes periódicos a la aplicación y la adición de nuevos tipos de información montados sobre el mismo servicio.

▪ **Respecto de los ingresos**

En lo referente a los ingresos, se elige únicamente considerar el agregado de banners de publicidad en la aplicación cliente.

Para calcular los ingresos generados por este banner de publicidad se desarrolló un simulacro para obtener el número tentativo de clics en la publicidad y en base a eso calcular, a partir de estadísticas publicadas por Google Adwords, el parámetro CPC que refiere al costo o ganancia que el desarrollador recibe cada vez que un usuario hace un clic sobre la publicidad ofrecida.

A continuación, en la tabla VI, se adjuntan los datos obtenidos en el simulacro:

Año	Usuarios Línea H (por día)	Usuarios del servicio (por día)	Clics en publicidad (por día)	Clics en publicidad (por año)	CPC (costo por clic)
1	10.000	2.000	400	105.600	0,20 €
2	10.500	3.675	735	194.040	0,24 €
3	11.025	4.410	882	232.848	0,26 €
4	11.025	4.410	882	232.848	0,26 €
5	11.025	4.410	882	232.848	0,26 €

Tabla VI: Simulacro de evolución de usuarios e ingresos por publicidad en la aplicación propuesta

**Comentarios:**

- Al comienzo del primer año, se toma como base el dato de la cantidad de usuarios que atraviesan la estación Santa Fe de la línea H de subterráneos diariamente (estadística del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires). Como la estación fue inaugurada en 2015, se prevé un aumento en la cantidad de usuarios a futuro; por lo cual, para el segundo y tercer año del proyecto se estima un incremento en la cantidad de usuarios de la estación equivalente al 5% y 10% respectivamente respecto del valor actual. Luego de transcurrido ese lapso, se estima que la cantidad de usuarios quedará estanca.
- Por otra parte, se estima que sólo el 20% de los usuarios del transporte adoptarán el uso de la aplicación durante el primer año de funcionamiento; mientras que al segundo año serán el 35% y los años siguientes el 40% de los usuarios.

- A lo largo de todo el proyecto, y con una posición pesimista, se considera que sólo el 20% de los usuarios de la aplicación realizarán un clic en la publicidad ofrecida.
- Para la proyección anual de la cantidad de clics en la publicidad, se toman como base únicamente la cantidad de días hábiles, considerando que los fines de semana la actividad en la aplicación es despreciable.
- Finalmente, el valor del CPC inicial se toma de estadísticas de Google Adwords, incrementando su valor en un 20% el segundo año y un 10% adicional durante los últimos tres años, debido al incremento en la cantidad de clics respecto del primer año.

Del producto entre la cantidad de clics anuales y el valor generado por cada clic es que se obtiene el ingreso correspondiente a cada año de funcionamiento de la solución.

▪ **Respecto de los costos de importación**

El equipamiento traído del exterior (en este caso los dispositivos Li-Fi importados desde Chile) contemplan los costos de importación correspondientes, tanto para la compra inicial de materiales como para el mantenimiento anual de la solución.

**Oportunidades de mejora**

Según lo planteado en la arquitectura de la solución, el usuario puede consumir el servicio ofrecido desde cualquier dispositivo inteligente; pero será requisito excluyente para él la utilización de un dongle Li-Fi conectado a dicho dispositivo, el cual puede ser sólo provisto (al menos hasta el momento) por algún fabricante de dispositivos de dicha tecnología, o distribuidor oficial.

Como referencia, el valor del Dongle Li-Fi marca OLEDComm provisto por el distribuidor oficial América Li-Fi, ubicado en el país vecino Chile, es de U\$\$8,00 por unidad. Si nos basamos en el régimen “puerta a puerta” vigente en la actualidad para estimar el valor del dispositivo en el país, si es que un usuario deseara importarlo en forma particular, tendríamos un valor FOB de U\$\$ 8,00, un gasto de envío de U\$\$2,60 (lo que conforma un

valor CIF de U\$S10,60) y por parte de la aduana local un impuesto aduanero del 50% del valor CIF (que no se aplica si es la primera compra anual del individuo mediante ese régimen, pero supondremos que no se dispone de esta franquicia) y finalmente \$100 por el servicio de Courier por parte de Correo Argentino. Es decir que el valor del dispositivo, en caso de importarlo, es de U\$S15,90 + \$100 que pasado totalmente a pesos argentinos (y tomando como cotización de referencia la misma utilizada en todos los presupuestos que es de U\$S1,00 = \$15,75) el valor de cada dispositivo en moneda nacional es de \$350,43.

Si a futuro distintos fabricantes de dispositivos electrónicos de consumo masivo decidiesen incorporar entre las características de sus productos la posibilidad de trabajar con tecnología Li-Fi (como por ejemplo smartphones que incorporen receptores Li-Fi) sin duda las implementaciones como la presente se verían beneficiadas (por no decir que se volvería mucho más factible su realización) ya que en este caso, es tarea del usuario obtener el dispositivo que le permite acceder al servicio.

### **Conclusiones**

Según lo visto a lo largo del desarrollo del presente modelo de negocio, la implementación de la solución es factible tanto a nivel técnico como a nivel funcional y legal; también se ha mencionado que el único impedimento para su realización, si se quiere, es la adquisición por parte del usuario del dispositivo que le permite acceder al servicio brindado.

Respecto del presupuesto, una vez finalizado el horizonte del proyecto se obtiene una ganancia de U\$S57.000 y el recupero de la inversión se da durante los primeros meses del cuarto año. Una vez transcurridos los 5 años, la solución sigue generando ingresos por publicidad de manera constante.

Pero más allá del beneficio económico tangible, es de suma importancia valorar el ingreso intangible que proporciona este servicio a la comunidad, ya que permite mejorar la experiencia de viaje de los usuarios, lo que se traduce en un aumento en la calidad del servicio de transporte público, optimizando los tiempos de viaje del usuario, ya que puede prever cualquier cambio en los mismos.





Finalmente, como beneficio más importante, la solución expuesta define una nueva plataforma de comunicación hacia los usuarios que, debido a su escalabilidad, habilita el montaje a futuro de nuevos servicios de información en tiempo real al pasajero de subterráneos e incremento de ingresos.

### **Modelo de negocio N°3: Servicio de información vial a través del alumbrado público**

La presente solución tiene como objetivo la implementación de un servicio de información vial en tiempo real y geo-localizado, utilizando como medio de comunicación el alumbrado público.

Los beneficios que se esperan obtener gracias a la implementación del presente modelo de negocio son los siguientes:

- **Brindar información vial actualizable en tiempo real a conductores.**

Se pretende mejorar el sistema de señalética vehicular y carteles lumínicos programables vigentes por un sistema de información vial de fácil actualización y acceso portable, para que los usuarios puedan acceder al servicio desde cualquier dispositivo móvil mientras conducen, como lo realizan actualmente al utilizar un dispositivo GPS.

El hecho de que la actualización de información se pueda realizar en tiempo real, garantiza que la información recibida por los usuarios es siempre fidedigna.

- **Asistir al conductor y facilitar el cumplimiento de las normas de tránsito en horarios nocturnos.**

La solución entra en funcionamiento cuando se enciende el alumbrado público, transmitiendo la información a través de las luminarias. La falta de luz en los horarios nocturnos es una de las principales causas de infracciones y accidentes de tránsito debido a que los conductores no visualizan las señales de tránsito presentes en el camino (además se suman inconvenientes ligados a roturas, falta de mantenimiento y vandalismo sobre dichas señales).

La solución propuesta acerca la información vial a la cabina del conductor y solventa problemas relacionados con la falta de visibilidad de la señalética vial, estado actual del tránsito o condiciones climáticas relevantes. Además, permite delimitar zonas de estacionamiento dependiendo de un día u horario determinados e informar distintos puntos de interés útiles como podrían ser estaciones de servicio o gomerías.

▪ **Organizar el tráfico ante situaciones fortuitas en horarios nocturnos.**

Gracias a la actualización en tiempo real y al hecho de que la información brindada es geo-localizada es posible alertar al conductor de manera rápida de situaciones súbitas y así evitar embotellamientos o prevenir accidentes. Por ejemplo, es posible informar a un conductor que a 500 metros la calle se encuentra cerrada debido a un accidente de tránsito o debido a que se están realizando tareas de mantenimiento, o alertar sobre zonas con tráfico congestionado o afectadas por efectos climáticos.

### **Análisis técnico de la solución**

#### **Requerimientos y consideraciones previas**

La implementación presentada apunta a enriquecer el concepto de “ciudad inteligente” aportando la prestación de un servicio novedoso que pretende mejorar la seguridad vial en las calles y avenidas de una ciudad. Cabe aclarar que el desarrollo está basado en la red de alumbrado inteligente implementado en la Ciudad de Buenos Aires, pero es perfectamente aplicable a cualquier otra red de alumbrado, siempre que las luminarias utilizadas trabajen con tecnología LED.

Para esta implementación en particular, se utilizarán los siguientes párrafos para explicar cómo funciona el sistema de luminarias públicas inteligentes implementada en 2016 por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires; ya que sobre esta infraestructura es donde va montada la solución. Además, se explicarán las modificaciones a realizar para implementar el modelo de negocio propuesto.

Actualmente, el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires lleva instaladas 75.000 luminarias de alumbrado público en calles y parques de la ciudad, en el marco de un plan para aminorar el consumo energético. El recambio de lámparas de vapor de sodio por su reemplazo que funciona con tecnología LED garantiza una drástica baja de consumo eléctrico en la red de alumbrado público.

La tecnología implementada en las nuevas luminarias pertenece a la compañía Philips y se denomina “City Touch”. Esta tecnología permite no sólo el recambio de las luminarias sino también la tele-gestión de las mismas; desde una central de operaciones es posible monitorear el estado de las luminarias, controlar su encendido/apagado, detectar desperfectos y regular el nivel de brillo de cada luminaria.

La central de operaciones, en el caso de la ciudad de Buenos Aires, se denomina “Centro de Control de Tele-gestión de Luminarias” y está ubicado en la calle Ing. Huergo 949.

Esta tecnología se implementa conectando un dispositivo trans-receptor inalámbrico que trabaja a través de la red GSM de la ciudad. Este dispositivo va conectado al driver LED de cada luminaria y transmite y recibe información relativa al estado y funcionamiento de su luminaria asociada, así como también la posición geográfica de la misma mediante el empleo de un dispositivo GPS (Fig. 17).

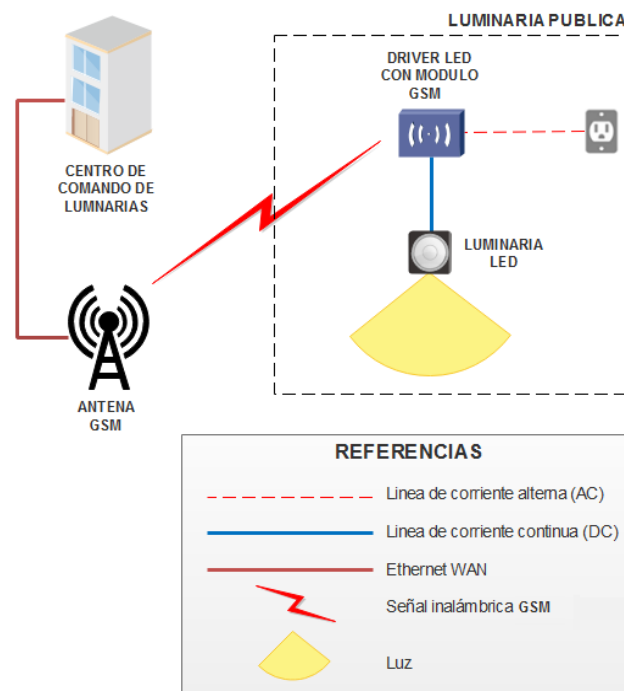


Figura 17: Esquema de funcionamiento de la plataforma City Touch de Philips

Desde la central de operaciones, es posible visualizar en un mapa la ubicación de cada luminaria y el estado de la misma; y además gestionar el funcionamiento de la luminaria de manera remota (Fig. 18).

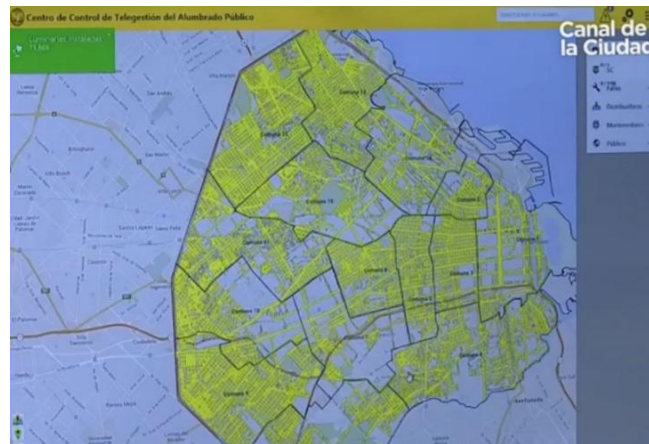


Figura 18: Gestión remota del alumbrado público a través de la plataforma City Touch de Philips<sup>10</sup>

En base a lo explicado anteriormente, la implementación de la solución propuesta requiere la instalación de un segundo canal de comunicación mediante el cual cada luminaria recibe la información a re-transmitir en formato Li-Fi, utilizando la misma red pública mediante la cual se gestiona el funcionamiento de las luminarias actualmente (la que se utiliza para el sistema City Touch).

Como consecuencia de lo descrito, se requiere el uso de un router Li-Fi en cada luminaria que module la información recibida en formato digital a la norma 802.15.7 y actúe sobre la alimentación de corriente continua de la lámpara, preservando de esta manera la funcionalidad del sistema City Touch.

<sup>10</sup>Fuente: [https://s19.postimg.org/5iln2gwoj/Centro\\_de\\_control\\_de\\_televerso\\_de\\_A\\_P.jpg](https://s19.postimg.org/5iln2gwoj/Centro_de_control_de_televerso_de_A_P.jpg)



### Arquitectura de la implementación

Para la implementación de esta solución no es necesario realizar un recambio de luminarias ya que se implementará sobre la red City Touch existente. Cada luminaria que forme parte de la solución tendrá la habilidad de poder transmitir información en formato Li-Fi de manera independiente a las demás; para ello, a cada dispositivo lumínico se le asignará un identificador único que la distingue dentro de la red y le permite recibir la información geo-localizada desde la Dirección General Cuerpo de Agentes de Control de Tránsito y Transporte de la Ciudad (Centro de Control de Tránsito, en adelante) a través de la red GSM.

A continuación, se presenta la arquitectura técnica de la implementación:

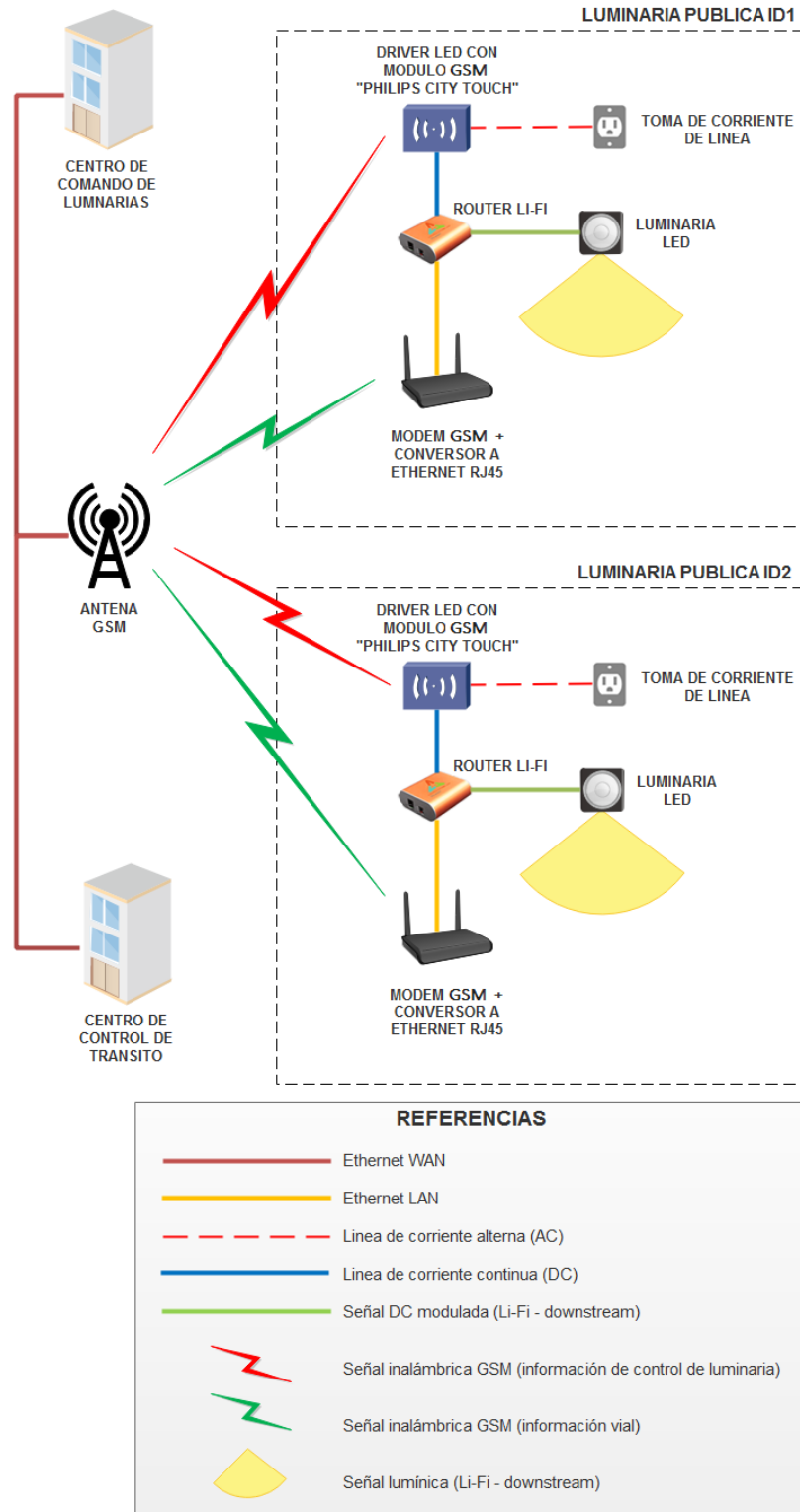


Figura 19: Gráfico de la arquitectura del servicio de información vial

Como puede apreciarse en la figura 19, la información a transmitir parte de una locación fija y es transmitida a través de la red GSM; en el caso de esta implementación, se propone que la información vial parta del Centro de Control de Tránsito, pero también podría fijarse otra ubicación o sub-dividirse en varios puntos de transmisión, siempre que éstos se conecten a la misma red GSM que las luminarias.

La información transmitida desde central es disgregada entre las distintas estaciones base (antenas GSM) quienes re-transmiten dicha información a través de microondas a las luminarias que se encuentran dentro de su área de trabajo.

Dentro de cada luminaria, al recibir la información proveniente de la estación base a través del modem GSM, la misma es dirigida a la entrada del router Li-Fi el cual modula la información proveniente en formato Ethernet a formato 802.15.7 utilizando la corriente continua de entrada proveniente del driver LED y dirigiendo dicha corriente modulada directamente al panel LED. De esta manera, la luminaria comienza a transmitir información a través de la luz.

Finalmente, cualquier dispositivo inteligente (smartphone, tablet, etc.) capaz de interpretar la señal lumínica Li-Fi podrá procesar la información y alimentar una aplicación Mobile que organizará y mostrará la información vial recibida a los usuarios, sin ningún tipo de autenticación ni registro previo.

### Despliegue de la solución

Para realizar el esquema de despliegue, se tomó como base el alumbrado público dispuesto sobre Avenida de Mayo, ubicada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, a lo largo de su extensión entre las calles Bolívar y Presidente Luís Saenz Peña. El tramo seleccionado para la implementación de la solución mide 1,3 kilómetros.

Para esta implementación en particular no fue necesario el cálculo de luminarias debido a que la solución trabaja sobre las luminarias públicas ya instaladas y además la configuración del alumbrado público es muy sencilla y puede ser estudiada en toda su extensión a través de herramientas como Google Maps.



Según lo relevado en el tramo descrito de la avenida, se cuenta con 90 plafones simples y dos plafones cuádruples, cada uno de los cuales lleva conectado un panel LED.

Los plafones son los Green Bay de la marca Philips, los mismos diseñados para alumbrado público, en donde cada plafón lleva conectado un panel LED de 15.700 lúmenes de flujo luminoso. Además, la vida útil de cada panel LED se estima en 100.000 horas (poco más de 11 años).

A continuación, en la figura 20, se presentan los detalles del despliegue de la solución:



Figura 20: Gráfico del despliegue de la solución sobre Avenida de Mayo, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Como se observa en el diagrama, el despliegue de la solución es realmente muy sencillo; sobre cada luminaria se fija una caja estanca que contiene el modem GSM junto con el router Li-Fi. La instalación sólo consta de brindar alimentación al modem GSM a través de una fuente de corriente continua de baja potencia, conectar la salida del driver LED y la salida del

modem GSM a la entrada del router Li-Fi y la salida de este último directamente a la luminaria. No se requiere cableado adicional.

En lo que respecta a configuración, deberá realizarse el direccionamiento correspondiente como en cualquier otra red inalámbrica de tipo celular y deberá identificarse con una dirección unívoca a cada luminaria para que ésta solo interprete la información destinada a ella.

A continuación, en la tabla VII, se presenta la lista de materiales estipulados para la realización de la solución:

Elemento	Cantidad
Router Li-Fi	98 unidades
Modem GSM c/interface USB	98 unidades
Conversor Ethernet USB-RJ45	98 unidades
Cable UTP	104 metros (calculando 6% de desperdicio)
Ficha RJ45	196 unidades
Caja estanca de PVC con certificación IP65	98 unidades

Tabla VII: Lista de materiales estipulados para la realización de la solución

### Consideraciones particulares de la implementación

Para esta implementación se contemplo la utilización de routers Li-Fi de la marca OLEDComm, en particular el modelo LIFINET, que cuenta con una potencia de salida de 150W, una velocidad de transmisión de datos de 10 Mb/s e interface de entrada Ethernet (RJ45).

Para mayor detalle técnico sobre el equipamiento Li-Fi, puede consultar el [anexo F “Características técnicas del equipamiento Li-Fi propuesto”](#) del presente trabajo.

La arquitectura de la solución contempla la conexión de un único Router Li-Fi por cada plafón, mediante el cual se alimenta a un panel LED de 130W de potencia.

Respecto del ancho de banda en la transmisión de datos, si bien la velocidad de transmisión del router Li-Fi propuesto es de 10 Mb/s, al tratarse de un servicio de sólo

difusión de información se deberá adecuar la velocidad a la máxima soportada por el dispositivo receptor. Para establecer un margen mínimo, se propuso utilizar una velocidad de transferencia de datos de 1 Mb/s que es la manejada por los dongle trans-receptores de la línea básica de este mismo fabricante; cabe aclarar que esta velocidad es más que suficiente para brindar el servicio propuesto.

La utilización de dispositivos de red Ethernet que convierten de interface USB a RJ45 surge de la falta de disponibilidad de modelos de equipamiento Li-Fi; ya que hasta la fecha la empresa OLEDComm no ha desarrollado routers Li-Fi con entrada de datos USB ni capaces de conectarse por sí mismos a una red inalámbrica.

### **Análisis operativo de la solución**

Desde el punto de vista funcional, el servicio se presta mediante una aplicación Mobile la cual muestra la información vial recibida en un formato apropiado para la fácil comprensión del usuario. La implementación contempla la prestación del servicio de libre acceso y el desarrollo de la aplicación que presenta los datos en cualquier dispositivo PDA, pero tanto éste dispositivo como el receptor Li-Fi deberán ser adquiridos por los usuarios.

En lo que respecta a la interfaz de usuario, la misma debe mostrar la información recibida en un formato de tipo “panel de control” y en primer plano. Al tratarse de un servicio de asistencia al conductor, es importante que la información no solo se muestre en formato texto sino también teniendo la posibilidad de que la misma sea emitida en formato sonoro (símbol dispositivo GPS) con el fin de que el usuario, de así disponerlo, no tenga que mirar la pantalla del dispositivo para recibir la información.

Por último, es importante que la aplicación esté disponible en distintos idiomas (al menos inglés y portugués, además de castellano) para que pueda ser aprovechada también por turistas o residentes de países extranjeros no hispanohablantes.

En lo que respecta a la seguridad de la información, los datos manejados por la implementación no se consideran datos sensibles ni pasibles de ser codificados con el objetivo de salvaguardar la integridad y la privacidad de los mismos.

En materia de redundancia, el funcionamiento de la implementación no es considerado “de riesgo de vida” y la prevención de fallas de sus componentes puede ser incluida en el plan de mantenimiento general de luminarias públicas, por lo cual no se prevé ningún sistema dedicado de redundancia.

Cualquier desperfecto de los componentes utilizados se soluciona con el reemplazo directo del mismo, sin ninguna o muy escasa configuración previa y en un intervalo de entre escasos minutos a pocas horas.

En lo concerniente a disponibilidad del servicio, el apagado de cualquier luminaria durante horarios nocturnos afecta a la prestación del servicio; pero gracias al sistema City Touch es posible detectar de manera rápida el desperfecto y de esta manera reportarlo para su pronta solución.

Respecto de la salud de las personas, la tecnología utilizada descarta cualquier daño posible ya que, como se explicó anteriormente, la luz visible no representa riesgo alguno.

### **Análisis legal de la solución**

No se encontraron normativas ni lineamientos a cumplir debido a la implementación de la solución propuesta.

**Análisis económico de la solución**

A continuación, se presenta el presupuesto resumido del proyecto. Todos los importes están expresados en dólares estadounidenses, y además se decidió utilizar una tasa mínima de recuperación (TREMA) del 0,5% ya que es el valor típico utilizado para proyectos públicos de carácter social.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO							
	Año	0	1	2	3	4	5
COSTO INICIAL	Materiales	\$ -22.424,08					
	Instalación	\$ -8.652,04					
	Desarrollo de software	\$ -441,00					
COSTO DE MANTENIMIENTO	Materiales		\$ -1.394,56	\$ -1.394,56	\$ -1.394,56	\$ -1.394,56	\$ -1.394,56
	Mantenimiento de infraestructura		\$ -39.700,38	\$ -39.700,38	\$ -39.700,38	\$ -39.700,38	\$ -39.700,38
	Mantenimiento de software		\$ -2.155,17	\$ -1.724,14	\$ -1.724,14	\$ -1.724,14	\$ -1.724,14
INGRESOS	Publicidad en la App		\$ 24.076,80	\$ 50.587,70	\$ 60.229,74	\$ 60.229,74	\$ 60.229,74
	<b>Flujo Total</b>	\$ -31.517,12	\$ -19.173,31	\$ 7.768,62	\$ 17.410,66	\$ 17.410,66	\$ 17.410,66

TREMA	0,50%
VAN	\$ 8.297,17



---

	0	1	2	3	4	5
	-\$ 31.517,12	-\$ 19.077,92	\$ 7.691,51	\$ 17.152,09	\$ 17.066,76	\$ 16.981,85
<b>AÑOS DE REPAGO</b>		-\$ 50.595,04	-\$ 42.903,53	-\$ 25.751,44	-\$ 8.684,68	\$ 8.297,17

El detalle de los distintos costos e ingresos del proyecto se encuentra en el [anexo E “Detalle de costos e ingresos en los modelos de negocio presentados”](#).

A continuación, se comentarán los aspectos más relevantes del presupuesto descrito:

▪ **Respecto de los materiales**

No se encontraron aspectos a resaltar para esta sección del presupuesto.

▪ **Respecto del mantenimiento**

Como en la mayoría de los casos, se contempló un importe del 5% anual, respecto del costo inicial, en lo que respecta a materiales y un 30% anual, respecto del costo de instalación, destinado al mantenimiento de la infraestructura informática.

Además, se decidió optar por la contratación de personal dedicado para la operación del servicio debido a que, al tratarse de un servicio completamente nuevo, no se cuenta con personal pasible de ser reasignado para la realización de esta tarea.

En lo que se refiere al mantenimiento del software, se consideró un 25% sobre el costo de desarrollo durante el primer año y un 20% en los años siguientes (5% por encima de la media) debido a que, al tratarse de un servicio de información en tiempo real, es muy factible que se requieran ajustes periódicos a la aplicación y la adición de nuevos tipos de información montados sobre el mismo servicio.

▪ **Respecto de los ingresos**

En lo referente a los ingresos, se decidió amortizar el costo del proyecto únicamente con el agregado de un banner de publicidad en la aplicación cliente.

Para calcular los ingresos generados por este banner de publicidad se desarrolló un simulacro para obtener el número tentativo de clics en la publicidad y en base a eso calcular, a partir de estadísticas publicadas por Google Adwords, el parámetro CPC que refiere al costo o ganancia que el desarrollador recibe cada vez que un usuario hace un clic sobre la publicidad ofrecida.

A continuación, en la tabla VIII, se adjuntan los datos obtenidos en el simulacro:

Año	Tránsito por Av. De Mayo (por día)	Usuarios del servicio (por día)	Clics en publicidad (por día)	Clics en publicidad (por año)	CPC (costo por clic)
1	11.400	2.280	456	120.384	0,20 €
2	11.400	3.990	798	210.672	0,24 €
3	11.400	4.560	912	240.768	0,25 €
4	11.400	4.560	912	240.768	0,25 €
5	11.400	4.560	912	240.768	0,25 €

Tabla VIII: Simulacro de evolución de usuarios e ingresos por publicidad en la aplicación propuesta

### Comentarios:

- Al comienzo del primer año, se tomó como base el dato de la cantidad de vehículos que transitan la Avenida de Mayo diariamente entre las 20 hs de un día hábil y las 6 hs del día posterior; dichos horarios son en los que se estima que funcionará el servicio. Para la obtención de este valor, se recogió de una estadística de circulación de vehículos por la Ciudad de Buenos Aires realizada por el diario La Nación en Mayo de 2014; dicha estadística indica la cantidad de autos máxima que circulan durante una hora dentro del rango considerado “hora pico” (días hábiles de 7:30 a 10:30 hs o y de 17:30 a 20 hs) por las principales avenidas porteñas.

Partiendo del dato de que la cantidad de autos que transitan la Avenida de Mayo en horas pico de días hábiles es 3.800 vehículos por hora, se realizó una proyección mediante una función de distribución normal (Campana de Gauss) y se recortó la cantidad de autos obtenida entre las franjas en las que se considera que el servicio funcionará. Dicho valor dio como resultado 11.400 vehículos por hora (Fig. 21).





Figura 21: Porcentaje de circulación de vehículos respecto de hora pico por hora del día sobre Avenida de Mayo

Este número se considerará constante a lo largo del proyecto, ya que desde el año 2012, el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires desarrolla un programa para evitar el ingreso de automóviles a la zona de Microcentro y a partir de ese momento la cantidad de tránsito por avenidas linderas a la zona restringida (como es nuestro caso) ha mostrado un estancamiento.

- Por otra parte, se estima que sólo el 20% de los usuarios del transporte adoptarán el uso de la aplicación durante el primer año de funcionamiento; mientras que al segundo año serán el 35% y los años siguientes el 40% de los usuarios.
- A lo largo de todo el proyecto, se considera que sólo el 20% de los usuarios de la aplicación realizan un clic en la publicidad ofrecida.
- Para la proyección anual de la cantidad de clics en la publicidad, se toman como base únicamente la cantidad de días hábiles, considerando que los fines de semana la actividad en la aplicación es despreciable.

- Finalmente, el valor del CPC inicial se toma de estadísticas de Google Adwords, incrementando su valor en un 20% el segundo año y un 5% adicional durante los últimos tres años, debido al incremento en la cantidad de clics respecto del primer año.

Del producto entre la cantidad de clics anuales y el valor generado por cada clic es que se obtiene el ingreso correspondiente a cada año de funcionamiento de la solución.

- **Respecto de los costos de importación**

El equipamiento traído del exterior (en este caso los dispositivos Li-Fi importados desde Chile) contemplan los costos de importación correspondientes, tanto para la compra inicial de materiales como para el mantenimiento anual de la solución.

### **Oportunidades de mejora**

Como se dejó entrever en el desarrollo de la arquitectura, la inexistencia de dispositivos Li-Fi capaces de trabajar con tecnología GSM obliga al montado de una solución que si bien funciona, es poco práctica; e impacta tanto en el presupuesto de la solución (por tener que incurrir en la compra de dispositivos de red adicionales) como en el mantenimiento de la misma. Sin dudas, la existencia de dispositivos Li-Fi capaces de trabajar con redes de datos móviles beneficiaría la factibilidad de implementación de la solución presente ya que la haría más económica y simplificaría su despliegue y mantenimiento.

Por otro lado, según se planteó la arquitectura de la solución, el usuario puede consumir el servicio ofrecido desde cualquier dispositivo inteligente; pero será requisito excluyente para él la utilización de un dongle Li-Fi conectado a dicho dispositivo o la adquisición de dispositivos en formato “tablet” preparados para trabajar con tecnología Li-Fi como los que se verán en otras implementaciones del presente trabajo; los cuales son únicamente provistos por fabricantes de dispositivos Li-Fi o distribuidores oficiales de éstos. Como se comentó en la misma sección del modelo de negocio anterior; el valor del dispositivo, en caso de que el usuario decidiese adquirirlo mediante su importación utilizando el régimen “puerta a puerta”, es de \$350,43.

Si a futuro distintos fabricantes de dispositivos electrónicos de consumo masivo decidiesen incorporar entre las características de sus productos la posibilidad de trabajar con tecnología Li-Fi (como por ejemplo smartphones con Li-Fi) sin duda las implementaciones como la presente se verían beneficiadas (por no decir que se volvería mucho más factible su realización) ya que en este caso, es tarea del usuario obtener el dispositivo que le permite acceder al servicio. Pero en esta implementación se desea ir un paso más allá, y mencionar la posibilidad de que los automóviles tengan la capacidad de recibir información en formato Li-Fi, ya que cuentan actualmente con una computadora de abordo capaz de correr aplicaciones; y al tratarse la presente solución de un servicio de información vial, el hábitat más natural para la utilización del mismo sería a través de la computadora de abordo del automóvil, como ocurre actualmente con el uso del GPS.

### **Conclusiones**

Según lo visto a lo largo del desarrollo del presente modelo de negocio, la implementación de la solución es factible tanto a nivel técnico como a nivel funcional y legal; resaltando el hecho que una maduración en la tecnología Li-Fi permitiría simplificar su arquitectura de implementación y también mencionando que el único impedimento para su realización, es la adquisición por parte del usuario del dispositivo que le permite acceder al servicio brindado.

Respecto del presupuesto, el modelo de negocio propuesto no genera una ganancia cuantiosa, sólo U\$8.300, pero debido a que se trata de un servicio público que tiene el objetivo social de evitar accidentes de tránsito y ordenar el tráfico, el tema económico queda relegado a un segundo plano; lo importante es que es un proyecto en donde se llega a recuperar la inversión, y dicho suceso ocurre a mitad del quinto año.

Finalmente, como beneficio más importante, la solución expuesta define una nueva plataforma de comunicación que sirve de nexo entre los conductores de automóviles y los organismos encargados de la regulación del tránsito y la prevención de accidentes; plataforma



que además permite ser expandida para la inclusión de nuevos servicios de información en tiempo real a futuro.

## **Modelo de negocio N°4: Mediateca desatendida**

El presente modelo de negocio tiene como objetivo modificar el paradigma de “biblioteca” tradicional y re-definirlo como un centro de consulta de información en formato digital en donde las personas que ingresen a un recinto dedicado, tengan acceso a la totalidad del contenido digital (tanto textos como contenido multimedia) disponible en un servidor de contenidos.

La solución está pensada de manera tal, que la persona pueda desplazarse libremente dentro del recinto y consumir información desde cualquier parte de él, utilizando cualquier dispositivo “smart” como ser una laptop, una tablet o un smartphone; y además poder obtener una copia impresa de cualquier material consumido, siempre que la reproducción del mismo no esté sujeta a derechos de autor.

Toda la dinámica descrita se lleva a cabo sin la necesidad de intervención humana, eliminando el concepto de “bibliotecario” y permitiendo que las personas se auto-gestionen los contenidos de manera cómoda, fácil e intuitiva.

Los beneficios que se esperan obtener gracias a la implementación del presente modelo de negocio son los siguientes:

- **Minimizar los costos de instalación y funcionamiento.**

Se busca eliminar los costos asociados al funcionamiento de una biblioteca, como el costo de mantenimiento de los libros, la compra de ejemplares o cualquier costo relacionado con la administración y servicio de orientación al usuario de la biblioteca. Además, se elimina el concepto de espacio físico dedicado al almacenamiento de los ejemplares.

- **Fomentar la creación de espacios dedicados a la lectura y al aprendizaje**

Al eliminar el soporte físico, se abre la posibilidad de establecer centros de consulta de materiales multimedia o “mediatecas” en espacios reducidos o que no cuentan con la capacidad edilicia para llevar a cabo la tarea (por ejemplo porque su construcción no está planificada para soportar el peso de los ejemplares y el correspondiente mobiliario o

porque las medidas de seguridad contra incendio específicas para estos ámbitos son impracticables).

La idea es posibilitar la creación de mediatecas como un servicio más dentro de recintos dedicados a otros fines (como podrían ser complejos habitacionales, centros comerciales o cualquier otro espacio no exclusivo para el funcionamiento de la misma) de igual manera en que hoy funcionan por ejemplo algunos gimnasios o locales de comida rápida.

- **Reutilizar espacios.**

Otra ventaja de la eliminación del soporte físico es la recuperación y el reaprovechamiento de espacios que actualmente se encuentran destinados al almacenamiento de los ejemplares.

- **Transformar los contenidos en un recurso inagotable.**

Gracias al manejo de información digital, se elimina el concepto de “cantidad de ejemplares” de cada contenido, posibilitando que cada usuario tenga a su disposición la totalidad de los contenidos ofrecidos, en todo momento y en cualquier lugar del recinto.

- **Acercar los contenidos a la mayor cantidad posible de personas.**

El hecho de facilitar la auto-gestión de contenidos no tiene como objetivo erradicar la interacción entre personas, sino que cada persona tenga la capacidad de acercarse a los contenidos de la manera que le resulte más sencilla.

En el esquema tradicional bibliotecario-usuario, la comunicación con fines de orientación y guía está supeditada a las habilidades de comunicación del personal bibliotecario respecto de cada usuario en particular; así, la calidad de atención a una persona hipoacúsica, por poner un ejemplo, queda limitada a la capacidad del personal bibliotecario para comunicarse en lenguaje de señas. Otro ejemplo podría ser una persona que sencillamente no domina el lenguaje local, porque se encuentra de visita en la ciudad, y depende del conocimiento de otros idiomas por parte del personal del establecimiento.

Estas cuestiones relativas a la idoneidad comunicacional del personal bibliotecario se resuelven en la solución propuesta a través de la implementación de distintas interfaces, en donde cada usuario ajusta la interface a su comodidad o capacidad de comprensión.

### **Análisis técnico de la solución**

#### **Requerimientos y consideraciones previas**

Para la realización de esta solución se considera necesario el recambio de las luminarias a tecnología LED en los recintos que conforman los distintos salones de lectura de la biblioteca.

#### **Arquitectura de la implementación**

Para el cálculo de luminarias, se tomó como base un recinto compuesto por 4 plantas de 20 metros de largo por 20 metros de ancho cada una, y con una altura de 2,6 metros. Estos parámetros son similares a las dimensiones de cada planta de la biblioteca de UADE a la fecha.

Uno de los objetivos propuestos para este caso es la reducción del espacio físico destinado actualmente a la biblioteca, debido a la eliminación de los anaqueles y los ejemplares de los libros. La idea es reducir el espacio físico a sólo 2 plantas pero conservando el mismo espacio “útil” para la consulta de materiales.

Para obtener el valor de iluminancia requerido para este tipo de establecimientos, se consultó la Ley Nacional N°19.587 de Higiene y Seguridad en el trabajo; la cual indica que dicho valor debe ser de 500 lux.

Finalmente, como último parámetro a considerar para la realización del cálculo, se eligió utilizar paneles LED de 60 centímetros de ancho por 60 centímetros de alto para la iluminación de los salones. En concreto, se eligieron paneles de la marca Macroled modelo CPS-E4A48-P8-840 (Fig. 22) que emiten luz en forma dispersa, con una intensidad luminosa de 4.200 lúmenes y utilizan LEDs de tipo SMD 2835 aptos para trabajar con tecnología Li-Fi.



Figura 22: Panel Macroled CPS-E4A48-P8-840<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Fuente: [http://www.macroledonline.com/pic/big/321\\_0.jpg](http://www.macroledonline.com/pic/big/321_0.jpg)



Luego de aplicar el “Método de los Lúmenes”, se describen en la figura 23 los resultados para el cálculo de luminarias:

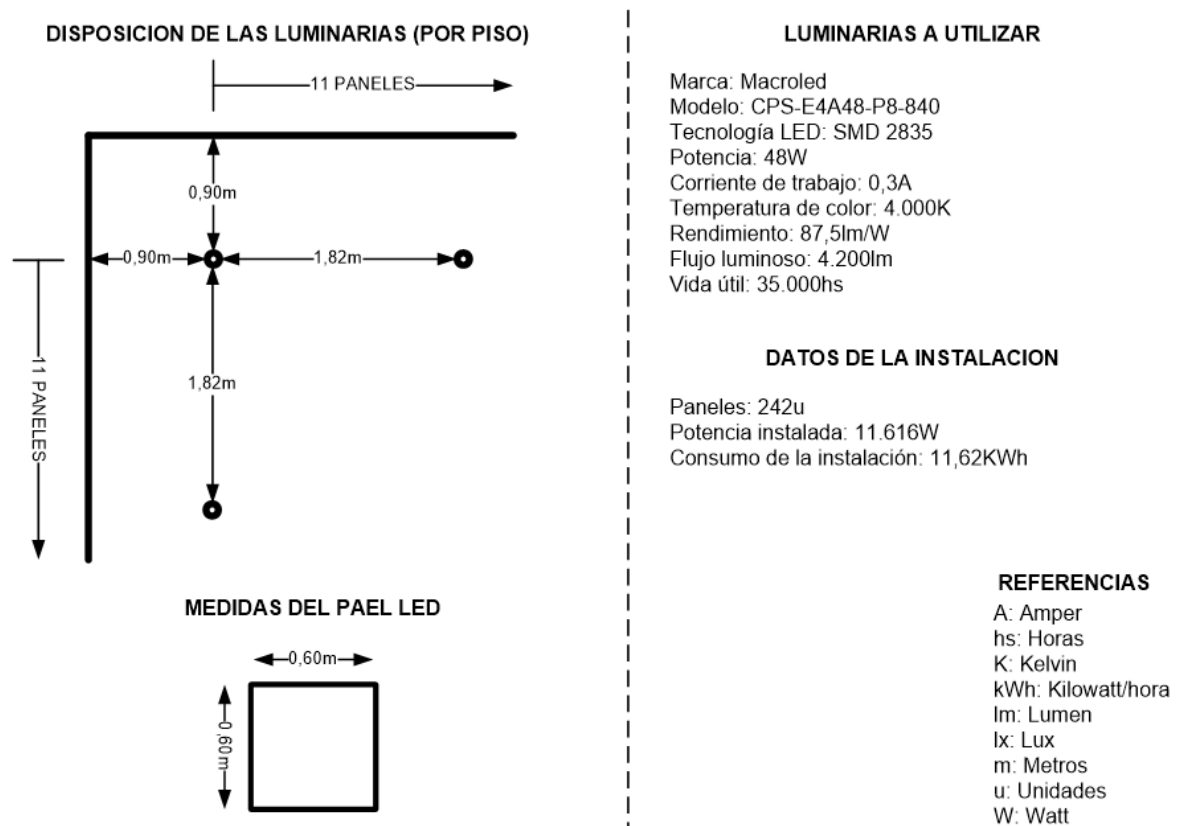


Figura 23: Resultado del método de los lúmenes para la implementación de la mediateca desatendida

Los cálculos realizados para obtener los resultados expuestos pueden consultarse en el [anexo D “Cálculo de luminarias por método de los lúmenes”](#) del presente trabajo.

Ya definida la distribución de las luminarias, se presenta la arquitectura técnica de la implementación:

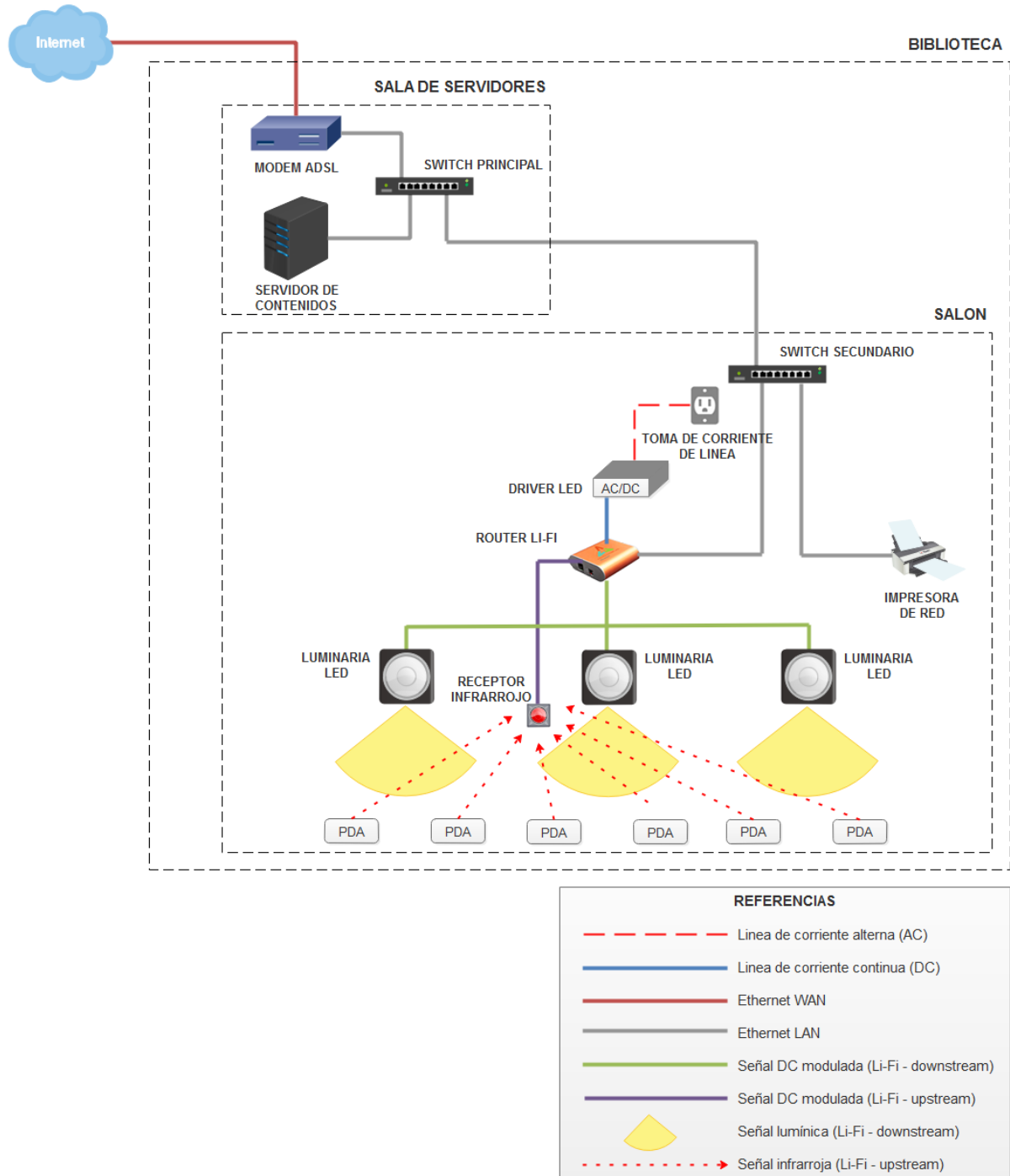


Figura 24: Gráfico de la arquitectura de la mediateca desatendida

Como puede observarse en la figura 24, cada router Li-Fi es conectado a varias luminarias con el objetivo de minimizar la cantidad de dispositivos a utilizar, pero cuidando que el área de cobertura del servicio abarque la totalidad del recinto.

En este caso se utilizan receptores Li-Fi infrarrojos suspendidos del techo a una distancia de 2,6 metros del suelo; cada uno de los cuales está conectado a un router Li-Fi. Si consideramos que cada receptor infrarrojo tiene un alcance de 5 metros, veremos que el área de trabajo de cada dispositivo receptor es una circunferencia de 4,27 metros de radio proyectada sobre el suelo. En el armado del despliegue se utilizó este dato para asegurar la operatividad del servicio desde cualquier lugar del recinto.

En lo que respecta a conectividad, la implementación guarda mucha similitud con una red inalámbrica de área local que utiliza tecnología Wi-Fi, en donde un conjunto de usuarios en cada piso se conectan a un servidor de contenidos y envían peticiones de archivos multimedia en distintos formatos. La conexión de los clientes a la red para el consumo de contenidos se realiza de dos maneras: ya sea utilizando una tablet con un trans-receptor Li-Fi incorporado o utilizando un dongle Li-Fi que puede ser conectado a cualquier PDA vía interface USB. Estas dos variantes ofrecidas para la comunicación vía Li-Fi utilizan un foto-receptor para la interpretación de las señales lumínicas provenientes de los paneles LED y se comunican con cualquier router Li-Fi utilizando tecnología infrarroja.

Además, cada planta cuenta con un conjunto de impresoras conectadas a la red que están disponibles para que los usuarios impriman contenidos, si es que así lo requieren, previo pago por los insumos consumidos.

### Despliegue de la solución

A continuación, se presentan los detalles del despliegue de la solución:

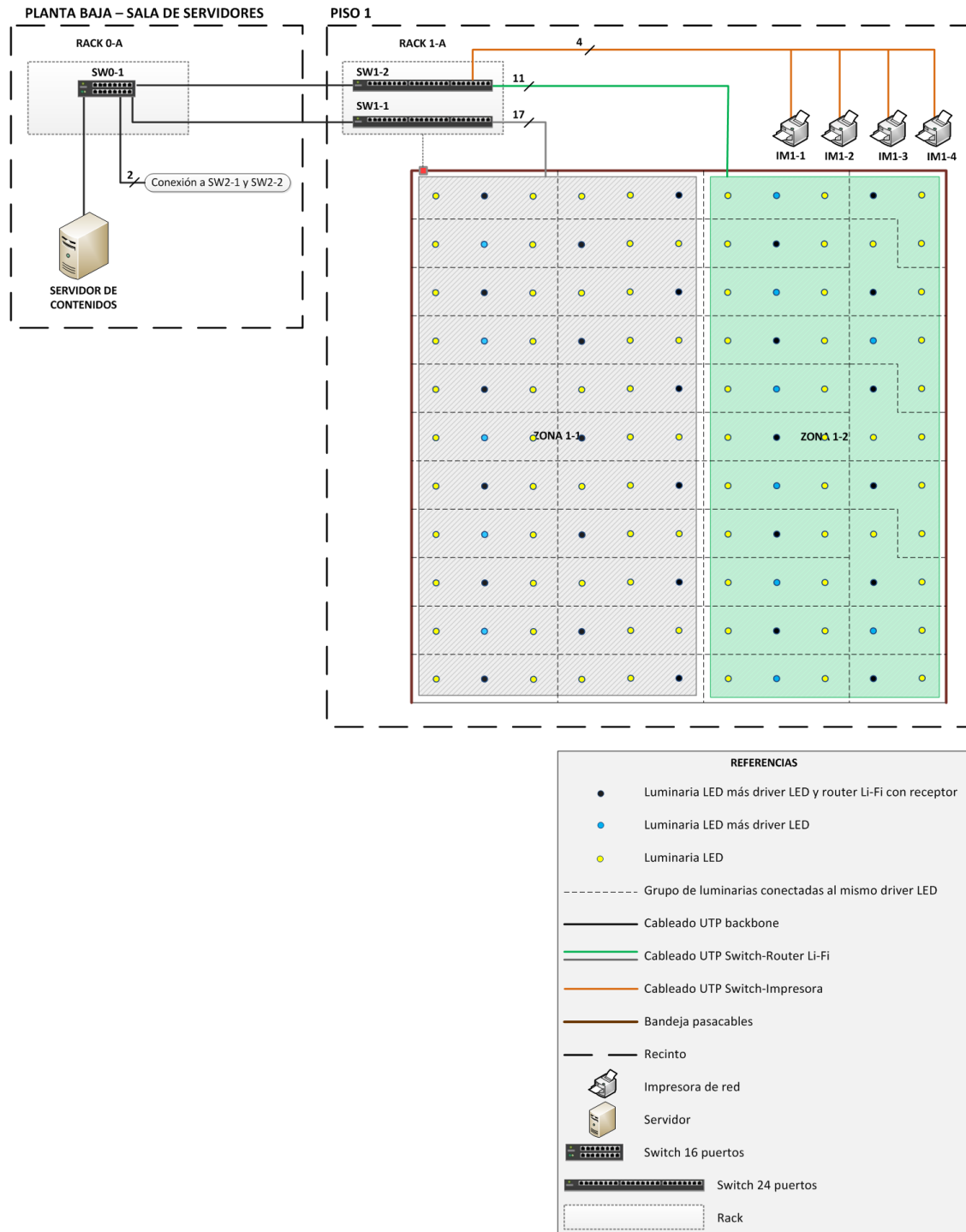


Figura 25: Gráfico del despliegue de la solución en una de las plantas de la mediateca desatendida

Como puede verse en la figura 25, la arquitectura de red está formada por una cascada de switches en donde la información circula entre el servidor de contenidos y los routers Li-Fi de forma bidireccional. Cada router es responsable de modular la información recibida en formato 802.15.7 y transmitirlo a las luminarias; y a su vez, la información recibida por los receptores Li-Fi conectados a los routers realizan el trabajo inverso.

La configuración de áreas de servicio a través de los distintos switches puede verse en la tabla IX:

Rack	Switch	Cant. Puertos	Area de servicio
0-A	SW0-1	16	SW1-1, SW1-2, SW2-1, SW2-2
1-A	SW1-1	24	Zona 1-1 (17 routers Li-Fi)
	SW1-2	24	Zona 1-2 (11 routers Li-Fi), IM1-1, IM1-2, IM1-3, IM1-4
2-A	SW2-1	24	Zona 2-1 (17 routers Li-Fi)
	SW2-2	24	Zona 2-2 (11 routers Li-Fi), IM2-1, IM2-2, IM2-3, IM2-4

Tabla IX: Ubicación y áreas de servicio de los switches

Finalmente, en lo concerniente al despliegue, en la tabla X se presenta la lista de materiales estipulados para la realización de la solución:

Elemento	Cantidad
Luminaria LED	242 unidades
Driver LED	82 unidades
Router Li-Fi	56 unidades
Tablet	80 unidades
Dongle USB Li-Fi	80 unidades
Servidor de contenidos	1 unidad
Unidad para el respaldo de información	1 unidad
UPS	1 unidad
Impresora	8 unidades
Switch 16 bocas	1 unidad
Switch 24 bocas	4 unidades
Cable UTP	1386 metros (calculando 5% de desperdicio)
Ficha RJ45	138 unidades
Rack	3 unidades
Bandeja pasacable	120 metros

Tabla X: Lista de materiales estipulados para la realización de la solución

Para el cálculo de la cantidad de terminales de consulta de datos a adquirir, se procedió a calcular el factor de ocupación del recinto. Se obtuvo de la Ley Nacional N°19.587 de Higiene y Seguridad en el trabajo que el factor de ocupación apropiado para establecimientos de tipo “biblioteca” es de no más de 8 personas por metro cuadrado. Gracias a este dato, se pudo calcular la cantidad máxima de personas por planta, en este caso cada planta tiene 400 m<sup>2</sup> de superficie, que arroja un valor de no más de 50 personas por planta.

Tomando una ocupación promedio de la mediateca del 80% y considerando que el recinto tiene 2 plantas, se estima una población de 80 usuarios de la mediateca en promedio.

Finalmente, debido a que se ofrecen dos alternativas de conectividad, la tablet o el dongle USB, se decidió por adquirir ambas soluciones de conectividad para la totalidad de usuarios estimados y de esa manera prevenir cualquier problema con la disponibilidad de dispositivos de conexión, si es que el recinto se encuentra operando con la máxima capacidad de usuarios dentro de él.

#### Consideraciones particulares de la implementación

Para esta implementación se contemplo la utilización de routers Li-Fi de la marca OLEDComm, en particular el modelo LIFINET INTRA, que cuenta con una potencia de salida de 150W, una velocidad de transmisión de datos de 10 Mb/s e interface de entrada Ethernet (RJ45).

Para mayor detalle técnico sobre el equipamiento Li-Fi, puede consultar el [anexo F “Características técnicas del equipamiento Li-Fi propuesto”](#) del presente trabajo.

Como se comentó anteriormente, la arquitectura de la solución contempla la conexión de un único router Li-Fi cada 3 luminarias con el fin de minimizar la cantidad de dispositivos a utilizar; esto es posible debido a que las luminarias utilizadas son de baja potencia (48W) pero debido a esta decisión de diseño, se requirió la utilización de drivers LED externos adicionales de alta potencia, capaces de alimentar a 3 paneles LED en simultáneo. En este caso, se optó por los drivers de la marca PowerSwitch de 350W con salida de 24V y 14.5A de corriente continua.

Respecto del ancho de banda en la transmisión de datos, se tiene una limitación de 1 Mb/s por usuario conectado (limitación impuesta por los dispositivos trans-receptores elegidos) y una capacidad de servicio de 10 usuarios simultáneos por cada router Li-Fi (los cuales cuentan con 10 Mb/s de ancho de banda). De acuerdo al modelo propuesto, sería muy poco probable que físicamente se encuentren 10 dispositivos trans-receptores ubicados de manera tal, que todos fueran servidos por el mismo router Li-Fi; por lo cual, hay un riesgo muy bajo de saturación del servicio. Asimismo, la velocidad máxima propuesta para cada usuario, es considerada suficiente para la prestación del servicio propuesto.

En lo que respecta a dispositivos de red, se eligió la utilización de switches con tecnología Gigabit debido a la velocidad requerida en la transferencia de archivos multimedia de gran tamaño y la cantidad de usuarios promedio en simultáneo que se encontrarían operando en la red. Si bien, a priori, el ancho de banda de los switches elegidos no será agotado ni siquiera aunque el servicio se encuentre operando a la máxima capacidad (es decir, la totalidad de usuarios estipulados consumiendo información a la máxima velocidad soportada por los trans-receptores), si en un futuro se consiguiesen dongles USB y tablets que trabajen a una mayor velocidad, podría mejorarse la calidad del servicio sin la necesidad de reemplazar los switches.

### **Análisis operativo de la solución**

Desde el punto de vista funcional, la implementación no es más que un gestor de contenidos donde los usuarios consultan una base de datos de archivos multimedia y seleccionan el material deseado, ya sea un texto, un archivo de audio o de video.

El punto a focalizar en esta implementación es sin dudas la interface de usuario; aquella que interactúa con el usuario y le permite encontrar y reproducir el contenido que está buscando. Dicha interfaz debe proveer herramientas de búsqueda apropiadas, por diversos atributos de los contenidos: Tipo de contenido, nombre, autor, fecha de publicación, género, etc.

Además, un requisito excluyente en la interface es que su diseño sea adaptativo (responsive design) dado que los contenidos pueden ser consultados desde cualquier PDA; ya sea mediante la tablet ofrecida dentro del recinto o desde un smartphone o laptop conectado a través de un dongle USB.

Para la comodidad del usuario, la idea sería que la interfaz sea accedida a través de un portal Web (implementado con HTML5, PHP y Javascript, por poner un ejemplo) y desde allí realice la búsqueda y reproducción de contenidos mediante streaming; sin necesidad de tener que descargar los contenidos al dispositivo local y salvaguardando de esta manera los derechos de Copyright de los contenidos (de aquellos que los tuvieren) evitando la replicación del material.

Asimismo, en los casos en los cuales se desee imprimir textos o imágenes libres de derechos de autor, el usuario debe tener la posibilidad de seleccionar esta opción y la interfaz deberá indicarle por cual impresora se realizará la copia. Por razones de practicidad, la impresión del material seleccionado deberá realizarse en el mismo piso en el cual se encuentra ubicado el usuario.

Con el objetivo de cumplir con la premisa de accesibilidad comentada anteriormente, es imperativo que tanto los tamaños de los textos e imágenes como los de la interfaz sean ajustables a gusto y necesidad del usuario, así como también, que la interface sea desarrollada según los estándares XLIFF (XML Localization Interchange File Format) que permiten realizar la traducción de textos a varios idiomas manteniendo el formato de los mismos y utilizando una única interface.

Además, es necesario que pueda alternarse entre distintos niveles de complejidad en el uso de las interfaces; debe existir una interface simplificada alternativa para niños o personas con capacidades cognitivas disminuidas (por ejemplo personas con TGD) donde abunden textos e imágenes descriptivas que ayuden a la búsqueda y selección de contenidos.

Otro requisito fundamental, es la posibilidad de operar la interface mediante comandos de voz, sin que esto signifique un trastorno para su utilización. En la actualidad, la mayoría de



los navegadores Web cuentan con la función de “Speech Recognition” por lo cual, mediante la utilización de HTML 5, sólo es necesario incluir el código fuente necesario en la etapa de codificación de las distintas interfaces para el uso de esta función.

Por último, puede utilizarse la interfaz de usuario para el envío de notificaciones emergentes con mensajes relativos a la administración del recinto; un ejemplo sería recordar periódicamente los horarios de funcionamiento de la mediateca o, en caso de una emergencia, mostrar el plano de evacuación del recinto.

En lo que respecta a redundancia, para el funcionamiento de la implementación se previó el respaldo de los contenidos del servidor mediante la implementación de copias de seguridad. No se prevé la necesidad de implementar sistemas de redundancia en la parte de conectividad a la red, ya que cualquier desperfecto de los dispositivos involucrados se soluciona con el reemplazo directo del mismo, sin ninguna o muy escasa configuración previa y en un intervalo de entre escasos minutos a pocas horas. Además, la prevención de fallas de sus componentes puede ser incluida en el plan de mantenimiento general de las instalaciones del recinto.

Respecto de la salud de las personas, la tecnología utilizada descarta cualquier daño posible ya que, como se explicó anteriormente, la luz visible y la emisión de rayos infrarrojos (estos últimos en longitudes de onda de entre 870 nanómetros y 950 nanómetros) no representan riesgo alguno.

### **Análisis legal de la solución**

Respecto de la parte de infraestructura, el único punto importante a destacar es el requerimiento impuesto por la Ley Nacional N°19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, anexo IV, decreto 351/79 que establece el valor de iluminancia de 500 lux para la iluminación en espacios de lectura.

Para la parte de derechos de autor de contenidos digitales, se deberá respetar en cada caso el tipo de licencia establecida por el autor. En los casos en que la licencia valide la

reproducción de la obra, será posible generar una copia impresa; caso contrario, la opción deberá quedar deshabilitada.

A continuación se listan los tipos de licencias más comunes para contenidos digitales, junto con una breve descripción de las mismas:

- **Copyright (Todos los derechos reservados):** Solamente su autor está autorizado para utilizar, modificar y distribuir su contenido; cualquier tercero que desee utilizarlo deberá obtener la autorización expresa del autor para ese fin en concreto, esta autorización generalmente incluye un pago por la reproducción de la obra. Sólo se permite su utilización, sin autorización previa, para fines educativos.
- **DRM:** Protección anti-copia incluida en gran parte de productos digitales comerciales: software, música, videos, e-books, etc. Limitan tanto el uso del producto digital adquirido como el número de copias privadas permitidas.
- **Copyleft:** Esta licencia ofrece la posibilidad de usar, copiar, y redistribuir una obra y sus versiones derivadas, simplemente reconociendo su autoría. No exige autorización del autor para su uso.
- **Creative Commons (CC):** Esta licencia basa su filosofía en la distribución gratuita de los productos digitales, pero permite incorporar diferentes limitaciones a su uso.

Dichas limitaciones se dividen en cuatro:

- **Reconocimiento (Attribution):** Reconocer la autoría.
- **Compartir igual (Share alike):** Permite la generación de obras derivadas manteniendo la misma licencia al ser divulgadas.
- **Sin obras derivadas (No derivate works):** No incluye el permiso de transformación para crear una obra derivada.
- **No comercial (Non commercial):** Sólo se puede utilizar la obra para fines no-comerciales.



Según lo relevado, en nuestro país rige la Ley Nacional N°11.723 avocada a los derechos de autor y la propiedad intelectual (junto con su posterior modificación, que deviene en la Ley Nacional N° 25.036) en donde está expresamente prohibida la reprografía de obras en soporte físico sujetas a derechos de autor; a diferencia de otros países como Estados Unidos, donde la ley permite digitalizar a título de “copia personal” cualquier obra que se encuentre en formato físico, a su homónimo en formato digital.

Por ello, para la implementación de la presente solución se evalúa el reemplazo directo y progresivo de las obras en formato físico a su homónimo en formato digital, en los casos en que éste último exista, o el reemplazo de contenidos cuyos ejemplares existan únicamente en formato físico a otros contenidos en formato digital que posean características similares pero sujetos a licencias Copyleft o Creative Commons.

**Análisis económico de la solución**

A continuación, se presenta el presupuesto resumido del proyecto. Todos los importes están expresados en dólares estadounidenses, y además se decidió utilizar una tasa mínima de recuperación (TREMA) del 3% ya que es el valor típico utilizado para proyectos tecnológicos de inversión.

		PRESUPUESTO DEL PROYECTO						
		Año	0	1	2	3	4	5
<b>COSTO INICIAL</b>	Materiales		\$ -81.830,00					
	Instalación		\$ -2.257,05					
	Desarrollo de software		\$ -12.068,97					
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	Materiales			\$ -4.004,64	\$ -4.004,64	\$ -4.004,64	\$ -4.004,64	\$ -4.004,64
	Mantenimiento de infraestructura			\$ -26.398,77	\$ -26.398,77	\$ -26.398,77	\$ -26.398,77	\$ -26.398,77
	Mantenimiento de software			\$ -3.017,24	\$ -3.017,24	\$ -2.413,79	\$ -2.413,79	\$ -2.413,79
<b>INGRESOS</b>	Recuperación de espacio					\$ 198.339,81	\$ 396.679,62	\$ 595.019,44
	Ahorro de energía eléctrica			\$ 336,13	\$ 336,13	\$ 336,13	\$ 336,13	\$ 336,13
	Ahorro en sueldos de personal de biblioteca						\$ 34.044,51	\$ 34.044,51
<b>Flujo Total</b>			\$ -96.156,02	\$ -33.084,52	\$ -33.084,52	\$ 165.858,74	\$ 398.243,06	\$ 596.582,88

<b>TREMA</b>	<b>3,00%</b>
<b>VAN</b>	<b>\$ 860.773,43</b>



---

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	-\$ 96.156,02	-\$ 32.120,89	-\$ 31.185,33	\$ 151.784,24	\$ 353.833,80	\$ 514.617,63
<b>AÑOS DE REPAGO</b>		<b>-\$ 128.276,91</b>	<b>-\$ 159.462,25</b>	<b>-\$ 7.678,00</b>	\$ 346.155,80	\$ 860.773,43

El detalle de los distintos costos e ingresos del proyecto se encuentra en el [anexo E “Detalle de costos e ingresos en los modelos de negocio presentados”](#).

A continuación, se comentarán los aspectos más relevantes del presupuesto descrito:

▪ **Respecto de los materiales**

Para esta implementación se decidió incluir como costo del proyecto el recambio de las luminarias de la mediateca a tecnología LED. De todas maneras, se deja constancia de que a futuro es muy probable que para la implementación de la solución no se requiera incurrir en este gasto, debido a que es tendencia la migración de luminarias a esta tecnología; principalmente por el ahorro en energía eléctrica que se obtiene con la realización de la misma.

Asimismo, se aclara que dentro de los costos de mantenimiento no se considera la compra de artefactos de dicha tecnología, por los motivos expuestos arriba. Tanto el mantenimiento de las luminarias LED como el de los drivers externos que las alimentan se considerará como dentro del plan de mantenimiento del establecimiento, como hasta ahora se consideraba el de las luminarias tradicionales.

En lo concerniente a la compra de contenidos digitales, como se explicó en parte en el análisis legal de la solución, se prevé el remplazo progresivo de contenidos digitales por sus homónimos en formato digital, o en el peor de los casos, el remplazo directo de un contenido por otro de características similares pero en formato digital.

Como consecuencia de lo descrito arriba, se decidió no realizar gastos en contenidos digitales al inicio del proyecto, y dedicar el mismo presupuesto anual destinado actualmente a la compra de ejemplares, para la compra de contenidos en formato digital; por lo cual, este ítem no forma parte del presupuesto.

Tampoco aparecerán en el presupuesto costos asociados a insumos de impresión ni ingresos generados por la impresión de los contenidos digitales. Se estima que el valor de las copias impresas estará asociado al costo de los insumos necesarios para producirlas, no

generando diferencias monetarias ya que este fin no forma parte de los objetivos de la implementación.

▪ **Respecto del mantenimiento**

Como en la mayoría de los casos, se contempló un importe del 5% anual, respecto del costo inicial, en lo que respecta a materiales de la instalación en general, pero se calculó un 5% extra en la compra anual de dispositivos de consulta, debido a que estos dispositivos son los más sujetos a hurto o rotura por parte de los usuarios de la mediateca, quienes los utilizan de manera permanente para acceder al servicio ofrecido.

En lo que respecta al mantenimiento de la infraestructura, en este caso se decidió optar por la contratación de personal dedicado; debido al supuesto de que al trabajar sobre el paradigma de “biblioteca tradicional” no se disponga de personal dedicado al mantenimiento de infraestructura informática y se recurra a la contratación de terceros para las reparaciones y mantenimientos eventuales en el establecimiento.

Por último, respecto del mantenimiento del software, se consideró un 25% sobre el costo de desarrollo durante los primeros dos años y un 20% en los años restantes. En esta implementación se consideran costos de mantenimiento un poco más elevados que en otros casos debido a la complejidad del sistema de acceso a contenidos y sus posibilidades de mejora a futuro.

▪ **Respecto de los ingresos**

Como primer ítem de este apartado, se detalla el ingreso considerado por recuperación de espacio. Como se mencionó anteriormente, no se puede plantear un reemplazo directo de los contenidos existentes actualmente en formato físico, a sus homónimos en formato digital (debido a los derechos de autor que rigen en estas obras) sino que debe plantearse un recambio paulatino que deviene en una recuperación progresiva del espacio.

Según lo estimado, se planifica la recuperación de medio piso de la biblioteca (que comprende un espacio físico de 10 metros de frente por 20 metros de profundidad) en el inicio del tercer año del proyecto, la recuperación de la totalidad del piso al inicio del cuarto año, la recuperación de medio piso adicional al comienzo del quinto año y la

recuperación de los dos pisos (uno de los objetivos del caso planteado) al finalizar el proyecto. Además, se prevé que por cada medio piso recuperado es posible la construcción de un aula con capacidad para 40 alumnos.

Dicho lo anterior, para calcular el ingreso anual correspondiente a este ítem se procedió a calcular la ganancia generada por cada aula operativa recuperada, conforme se va recuperando el espacio de la biblioteca. De esta forma, se calculó un ingreso de 40 valores de combo mas una matrícula semestral, por cada uno de los tres turnos, contabilizando dos cuatrimestres. Del valor obtenido sólo se consideró el 50% debido a que se estima (de manera conservadora) que el complemento de este monto queda destinado a costos de mantenimiento del aula. Además, al ingreso total considerado por aula, se restó un valor equivalente al sueldo anual de dos docentes por aula, para cada día de la semana, también contabilizando los tres turnos.

Del resultado de este cálculo surge el importe neto a descontar del proyecto, por cada aula recuperada.

Por otra parte, se contempla el ahorro en personal de biblioteca, debido a la simplificación de las tareas necesarias para la gestión de la misma. Se prevé la desvinculación de una persona por turno de 7 hs (dos personas en total) por cada piso recuperado; obteniendo un ingreso de dos sueldos anuales a partir del cuarto año, cuando se libera un piso completo de la biblioteca, y otros dos sueldos a partir de la finalización del proyecto.

Otro ingreso considerado fue el ahorro energético asociado al recambio de luminarias. Como se decidió imputar como costo indirecto del proyecto el recambio de las luminarias a tecnología LED, también se contabiliza como ingreso indirecto del proyecto la baja en el consumo eléctrico de la nueva instalación, al menos durante el horizonte del proyecto.

Para el cálculo del porcentaje de ahorro con la nueva instalación de luminarias, se tomó en cuenta la potencia instalada de la misma y se la comparó con una instalación de tubos fluorescentes T8 que son utilizados típicamente para la iluminación de una biblioteca.



Estos tubos consumen 36W, con una eficiencia de 93 lm/W (se tomaron como referencia los tubos fluorescentes T8TL-D 36W/840 de la marca Phillips).

Como resultado, a igual cantidad de lúmenes de la instalación, se obtuvo que utilizando tecnología LED (más precisamente los paneles LED de la marca Macroled elegidos para el desarrollo) se obtiene un 6% de ahorro en consumo de energía eléctrica.

A continuación, utilizando el valor de consumo de la nueva instalación, se calculó el costo de consumo eléctrico de la misma por hora; tomando como referencia el valor del kW/h para una biblioteca (servicio eléctrico de media tensión) que es de \$1,64, correspondiente a la tarifa vigente de la empresa EDESUR al mes de marzo de 2017. El valor obtenido es de \$22,68 por hora; por lo cual, si lo proyectamos a la instalación vieja, se obtiene un ahorro de \$1,44 por hora gracias al recambio de luminarias.

Como último paso de este ítem, se multiplicó el ahorro de energía eléctrica por la cantidad de horas en que una biblioteca mantiene encendida la instalación (se calcularon 17 horas diarias por 47 semanas, tomando de lunes a viernes mas media jornada los días sábado) y de esta forma se obtuvo el ingreso anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica.

▪ **Respecto de los costos de importación**

El equipamiento traído del exterior (en este caso los dispositivos Li-Fi importados desde Chile) contemplan los costos de importación correspondientes, tanto para la compra inicial de materiales como para el mantenimiento anual de la solución.

**Oportunidades de mejora**

Como se ha mencionado anteriormente, la reducción del espacio físico de la biblioteca para el reaprovechamiento de espacio libre (uno de los objetivos más importantes de esta implementación) queda supeditado exclusivamente a la posibilidad de reemplazar los contenidos en formato “físico” a sus homónimos en formato digital. La falta de variedad de

material de estudio en formato digital, así como las restricciones legales vigentes en nuestro país respecto de los derechos de autor, dificultan severamente esta tarea.

Tanto la predisposición de las editoriales a adaptar sus obras a formato digital como la flexibilización de las leyes que rigen el derecho de autor en nuestro país, son medidas que sin dudas favorecerán las condiciones para la implementación de este tipo de soluciones y las harán más redituables.

Por otra parte, en lo que respecta al acceso al servicio, se contempló la compra de dispositivos en formato “tablet” que trabajan con Li-Fi de manera nativa y de dongles Li-Fi que permiten que cualquier dispositivo PDA pueda recibir información en formato Li-Fi.

Actualmente, los únicos proveedores de dispositivos PDA que cuentan con tecnología Li-Fi son los mismos implementadores de esta tecnología; si a futuro los fabricantes de dispositivos electrónicos de consumo masivo decidiesen incorporar entre las características de sus productos la posibilidad de trabajar con tecnología Li-Fi (como ser laptops, smartphones, tablets, smart TVs, etc.) sin duda las implementaciones como la presente se verían beneficiadas, ya que no sería necesario realizar una inversión de dinero en dispositivos que posibilitan a los usuarios acceder al servicio ofrecido, sino que serían ellos mismos quienes aportarían dichos dispositivos; como lo hacen actualmente al acceder a servicios a través de Internet, utilizando Wi-Fi o mediante Tecnologías de Internet Móvil como 3G.

Por último, como ocurre en cualquier servicio de consumo de material multimedia, un aumento en el ancho de banda de trabajo de los dispositivos de red siempre es bien recibido. Si a futuro se diseñasen dispositivos Li-Fi capaces de transferir información a una velocidad superior, esa mejora se traduciría en mejor tiempo de respuesta del servicio ofrecido, mayor cantidad de usuarios utilizando el servicio o en el consumo de contenidos digitales de mayor calidad. Como se ha visto en la sección “Actualidad de la tecnología Li-Fi”, cuando se logre replicar en dispositivos comerciales el desempeño logrado en las distintas pruebas de laboratorio, se obtendrán dispositivos de red Li-Fi con características mejoradas que permitirán brindar servicios de mayor calidad.

## **Conclusiones**

Según lo visto a lo largo del desarrollo del presente modelo de negocio, la implementación de la solución es factible tanto a nivel técnico como a nivel funcional y legal; aunque este último punto, como se remarcó de manera significativa durante el análisis realizado, queda supeditado a la rigidez de los derechos de autor de los contenidos digitales a utilizar; factor que sin dudas influye de manera negativa a la hora de tomar la decisión sobre si implementar o no la solución propuesta.

Respecto de la parte económica, en el presupuesto del proyecto puede verse como la solución propuesta no sólo no genera pérdida, sino que genera ganancias (debidas mayoritariamente al reaprovechamiento del espacio recuperado) por un valor de U\$S860.000 y sigue generando ganancias de manera permanente luego de finalizado el proyecto; resaltando que al finalizar el proyecto se termina de liberar medio piso adicional de espacio de la ex-biblioteca, con lo cual el ingreso anual crece nuevamente.

Además, puede verse un recupero de la inversión en los primeros meses del cuarto año de proyecto.

Respecto de los beneficios intangibles, al igual que en los demás proyectos en los que se planteó un recambio en la infraestructura de luminarias, se obtiene un ahorro de energía adicional asociado a los costos de climatización del recinto y se realiza un aporte al cuidado del medio ambiente gracias a la utilización de luminarias libres de contaminantes y fabricadas con materiales reciclables.

Otro beneficio intangible que se puede considerar es ofrecer un servicio diferenciador a los potenciales alumnos al momento de elegir una universidad, dado que este producto no lo ofrecen otras casas de estudio actualmente.

Ya repasados todos los puntos incluidos en el presente informe, se concluye que la solución expuesta propone un concepto distinto respecto de espacios destinados a la consulta de material multimedia, apuntando a su implementación en espacios reducidos y con fuerte énfasis en el concepto de “inclusión” de los usuarios, es decir, tratando de facilitar su uso a la



mayor cantidad de personas posible. Ya sea mediante soluciones como la propuesta o diferentes variantes que pudiesen surgir, se piensa que indefectiblemente el paradigma de “biblioteca” como lo conocemos actualmente dejará de existir a mediano plazo.

Asimismo, por lo menos en nuestro país, se estima que hasta no realizar una modificación a la Ley Nacional de derechos de autor y propiedad intelectual que permita flexibilizar las restricciones a la reprografía de las obras, como ocurre en variedad de países actualmente, las soluciones como la propuesta no tendrán una gran proliferación.

## **Modelo de negocio N°5: Servicio de consulta de historia clínica electrónica con seguridad inherente**

El presente modelo de negocio tiene como objetivo brindar un servicio de consulta de historia clínica electrónica dirigido a profesionales médicos dentro de un establecimiento de salud.

La solución está pensada para habilitar la consulta de una historia clínica electrónica (HCE en adelante) de un paciente desde una locación específica dentro de un establecimiento de salud mediante la utilización de tecnología Li-Fi, de manera temporal y garantizando la protección de los datos personales del paciente (según ley nacional vigente N° 25.326) confinando su acceso al recinto desde donde se los consulta.

Los beneficios que se esperan obtener gracias a la implementación del presente modelo de negocio son los siguientes:

- **Garantizar la confidencialidad de los datos personales del paciente.**

El acceso a los sistemas de consulta de HCE vigentes en la actualidad basa su seguridad en mecanismos de control de acceso implantados en la aplicación de consulta, permitiendo el acceso a los datos desde cualquier dispositivo conectado a la red del establecimiento de salud (ya sea mediante una conexión cableada o a través de una red inalámbrica). Cualquier persona que cuente con los datos de autenticación requeridos, puede acceder a los datos de los pacientes desde cualquier punto de entrada la red.

La presente implementación, busca establecer un mecanismo de seguridad físico de manera tal que el acceso a las HCE pueda habilitarse sólo para ciertas locaciones del establecimiento y por un tiempo determinado; como por ejemplo la habitación del paciente, un quirófano, una sala de estudios, etc. El confinamiento espacial de la luz visible es una característica de la tecnología Li-Fi de la cual se pretende sacar provecho para garantizar la seguridad de estos datos sensibles.

- **Descongestionar el tráfico de las redes de datos en los establecimientos de salud.**

En la actualidad, cada vez son más los establecimientos de salud que ofrecen servicios de conectividad a internet libre en salas de espera y habitaciones. Este servicio, aunque separado virtualmente de la red por donde circulan los datos destinados a la administración del hospital y de los pacientes, genera una sobrecarga en el consumo de ancho de banda que produce enlentecimiento en toda la red y en el peor de los casos la caída del servicio de conectividad en el establecimiento. Por otro lado, si bien se puede administrar el ancho de banda de cada segmento de la red, el resultado suele ser que alguno de dichos segmentos termina sobrecargado o colapsado de todas maneras.

Lo que ofrece la solución propuesta, es establecer un canal adicional de comunicación, de manera tal que el servicio de consulta de HCE no se vea afectado por el uso intensivo de los demás servicios y que, a su vez, el ancho de banda utilizado actualmente por los servicios de consulta de las HCE quede liberado para su utilización; incrementando de esta manera la calidad en el acceso al servicio de gestión de HCE y aportando ancho de banda adicional para la prestación de otros servicios.

- **Mejorar la gestión del trabajo del staff médico.**

La solución permite al profesional médico consultar cualquier tipo de contenido multimedia asociado a la HCE del paciente (resultados de estudios de alta complejidad, consulta de imágenes de estudios específicos, gráficos de evolución del paciente, historial, etc.) el cual generalmente está compuesto por un conjunto de archivos de gran tamaño. Además, no se pierde la movilidad en el acceso a los datos que proporcionan las redes inalámbricas ya que el usuario podrá desplazarse libremente a lo largo del recinto habilitado para el acceso, sin perder conexión con el material que está consumiendo.

- **Es fácilmente escalable y no interfiere con la red de datos existente.**

La implementación propuesta no requiere que se modifique la red de datos actual, sino que propone un segmento de red ad-hoc. Puede implementarse la solución en algunos recintos del establecimiento e ir adaptando otros más adelante; la consulta de las HCE podrá seguir realizándose de la manera tradicional en los recintos no modificados.

## **Análisis técnico de la solución**

### **Requerimientos y consideraciones previas**

Para realizar la implementación del presente modelo, es requisito excluyente que en el establecimiento de salud ya se encuentre implementado el sistema de historia clínica electrónica, ya que la solución trabaja sobre el acceso a la HCE, pero no contempla su desarrollo ni su almacenamiento en una base de datos. Además, es importante aclarar que la solución sí contempla el desarrollo de una interface para la gestión y consulta de HCE que deberá integrarse al sistema actualmente implementado.

Además, es necesario el recambio de luminarias a tecnología LED en el alumbrado principal de las distintas habitaciones en las cuales decida implementarse la solución.

### **Arquitectura de la implementación**

En el análisis técnico de la arquitectura, al igual que se vio en otras implementaciones, se partió de la definición de un recinto a analizar en donde se realizó el cálculo de las luminarias y se definió con qué dispositivos trabajar. Como el lugar en donde se implemente la solución puede o no tener una red de luminarias que utilicen tecnología LED, se partió de la base de que “no” y se contabilizaron los materiales y costos pertinentes por la utilización de estos dispositivos.

En este caso, se utilizó como recinto hipotético la unidad de cuidados intensivos (UCI en adelante) del Sanatorio Agote, ubicado en el barrio porteño de Recoleta. Dicha unidad abarca el primer piso del sanatorio y está compuesta por 11 Suites de cuidados intensivos. Se tomó como ejemplo esta institución porque, según lo relevado, ya posee implementado un sistema de HCE.

Para el cálculo de luminarias, se tomó como base el espacio comprendido por una de las suites, las cuales poseen 6 metros de largo y 4 metros de ancho ( $24 \text{ m}^2$ ) y con luminarias suspendidas a 3,5 metros del suelo. También es importante mencionar, ya que será de utilidad

para los cálculos, que el primer piso del sanatorio tiene 24 metros de fachada por 26 metros de profundidad.

Además, se consideró un valor de iluminancia en el recinto de 750 lux, valor que se desprende de la Ley Nacional N°19.587 de Higiene y Seguridad en el trabajo en donde se indica ese valor para la iluminación de unidades de cuidados intensivos en establecimientos de salud.

Finalmente, como último parámetro a considerar para la realización del cálculo, se eligió utilizar paneles LED de 60 centímetros de ancho por 60 centímetros de largo para la iluminación de las suites. En concreto, se eligieron paneles de la marca Macroled modelo CPS-E4A48-P8-840 (Fig. 26) que emiten luz en forma dispersa, con una intensidad luminosa de 4.200 lúmenes y utilizan LEDs de tipo SMD 2835 aptos para trabajar con tecnología Li-Fi.



Figura 26: Panel Macroled CPS-E4A48-P8-840<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Fuente: [http://www.macroledonline.com/pic/big/321\\_0.jpg](http://www.macroledonline.com/pic/big/321_0.jpg)



Luego de aplicar el “Método de los Lúmenes”, se describen en la figura 27 los resultados para el cálculo de luminarias:

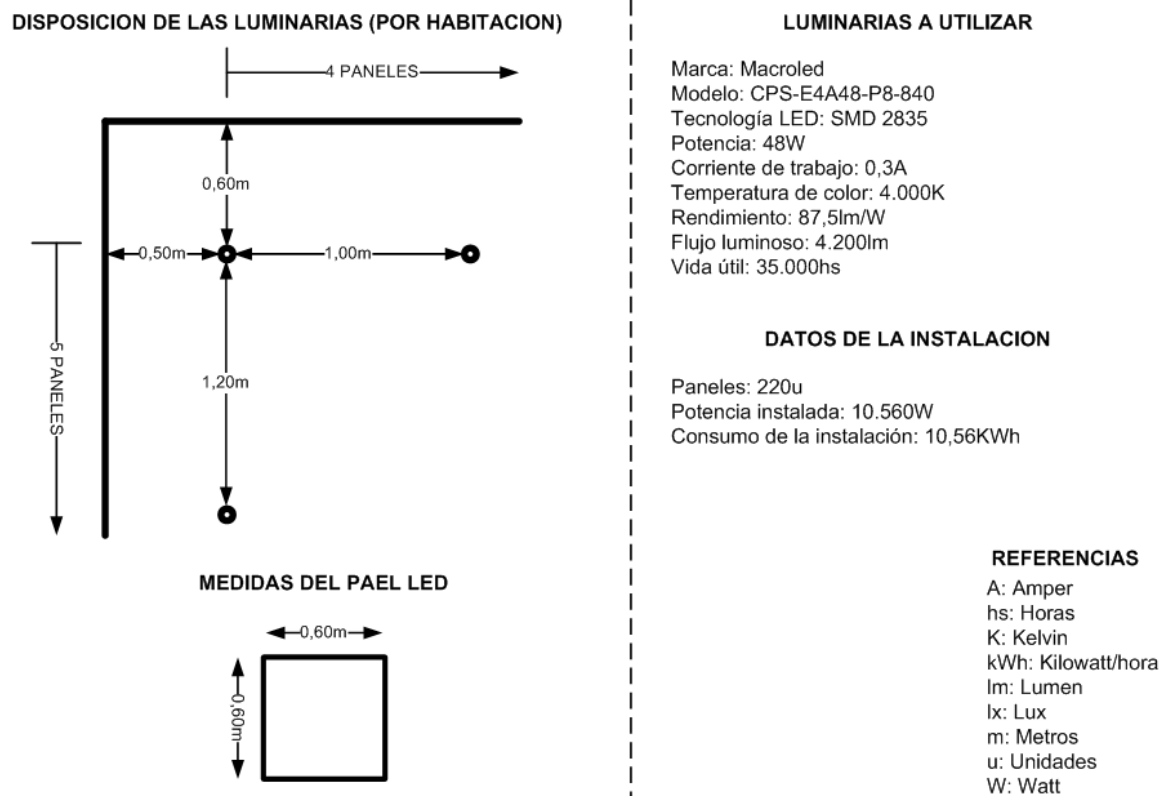


Figura 27: Resultado del método de los lúmenes para la implementación del servicio de consulta de HCE

Los cálculos realizados para obtener los resultados expuestos pueden consultarse en el [anexo D “Cálculo de luminarias por método de los lúmenes”](#) del presente trabajo.

Ya definida la distribución de las luminarias, se presenta la arquitectura técnica de la implementación:

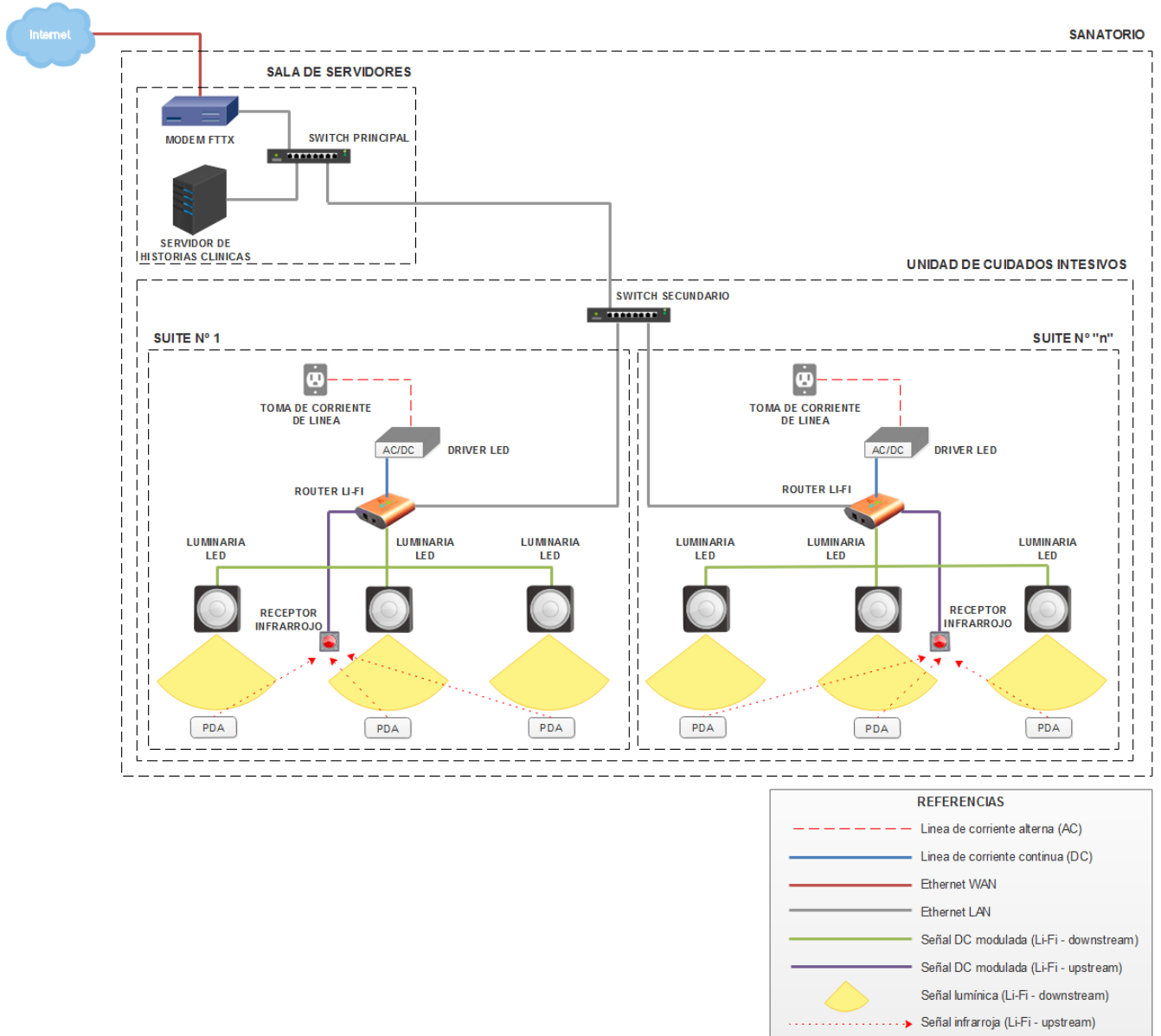


Figura 28: Gráfico de la arquitectura del servicio de consulta de HCE

Luego de calcular la disposición de las luminarias, se verificó que el área de servicio ofrecida por los receptores de los routers Li-Fi cubra la totalidad del recinto. En este caso en el que se utilizan receptores Li-Fi infrarrojos suspendidos del techo a una distancia de 3,5 metros, si consideramos que cada receptor infrarrojo tiene un alcance de 5 metros, veremos que el área de trabajo de cada dispositivo receptor forma una circunferencia de 3,57 metros de radio proyectada sobre el suelo. En el armado del despliegue se utilizó este dato para asegurar la operatividad del servicio desde cualquier lugar del recinto.

Como puede verse en la figura 28, la solución está pensada de manera tal, que el usuario realice la consulta de la HCE desde un recinto en particular y el servidor donde se encuentra alojada la base de datos de HCE direcciona el resultado de la consulta a los routers Li-Fi ubicados en ese recinto, utilizando direccionamiento de red. Los routers involucrados serán los encargados de transformar la información proveniente en formato Ethernet a la norma 802.15.7 e irradiarla en forma de luz a través de las luminarias.

El acceso a la información estará de esta manera disponible dentro del recinto desde donde se petitionó haciendo imposible a cualquier otro usuario fuera de ese recinto ser receptor de dicha información. Además, es importante mencionar que la seguridad brindada por el control de acceso por parte de la aplicación cliente seguirá existiendo; por lo cual, si un tercero se encuentra dentro del recinto, deberá autenticarse de manera válida para recibir los datos.

El acceso a la información dentro del recinto podrá ser recibido por cualquier dispositivo PDA (tablet, smartphone, etc.) o computadora portátil que cuente con un dongle Li-Fi conectado a alguno de sus puertos USB.

Las consultas realizadas por el usuario serán transmitidas al servidor, en un primer tramo, a través de una señal infrarroja captada por alguno de los receptores dispuestos en el recinto que van conectados al router Li-Fi y posteriormente convertidos por este último en una señal eléctrica Ethernet.

Despliegue de la solución

A continuación, se presentan los detalles del despliegue de la solución:

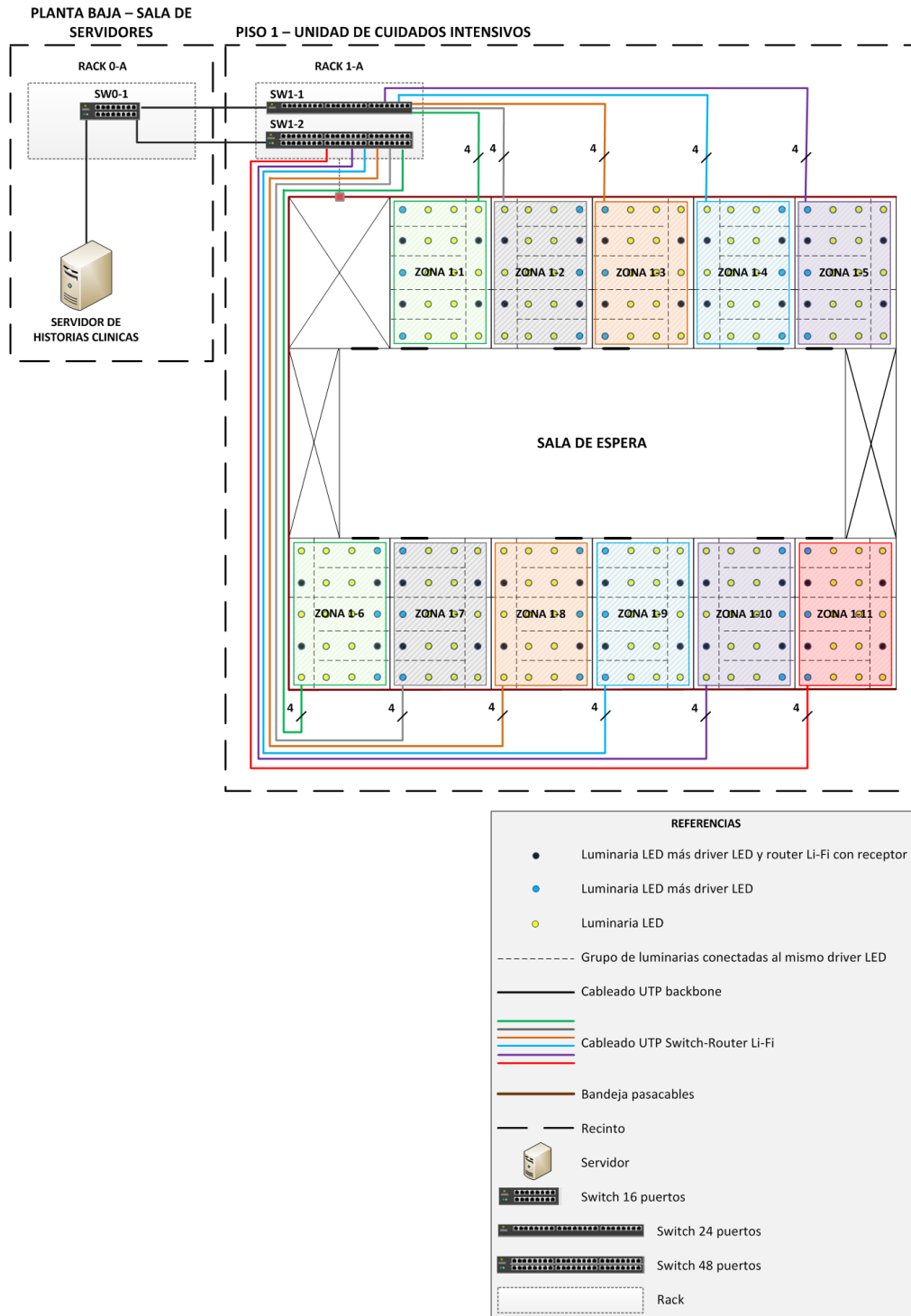


Figura 29: Gráfico del despliegue de la solución en la UCI del Sanatorio Agote

Como puede verse en la figura 29, el despliegue desde el servidor de historias clínicas hasta los routers Li-Fi ubicados en las once suites de la UTI guarda mucha similitud con una red cableada Ethernet tradicional.

La configuración de áreas de servicio a través de los distintos switches puede verse en la tabla XI:

Rack	Switch	Cant. Puertos	Area de servicio
0-A	SW0-1	16	SW1-1, SW1-2
1-A	SW1-1	24	Zona 1-1 (4 routers Li-Fi), Zona 1-2 (4 routers Li-Fi), Zona 1-3 (4 routers Li-Fi), Zona 1-4 (4 routers Li-Fi), Zona 1-5 (4 routers Li-Fi)
	SW1-2	48	Zona 1-6 (4 routers Li-Fi), Zona 1-7 (4 routers Li-Fi), Zona 1-8 (4 routers Li-Fi), Zona 1-9 (4 routers Li-Fi), Zona 1-10 (4 routers Li-Fi), Zona 1-11 (4 routers Li-Fi)

Tabla XI: Ubicación y áreas de servicio de los switches

Finalmente, en lo concerniente al despliegue, se presenta en la tabla XII la lista de materiales estipulados para la realización de la solución:

Elemento	Cantidad
Luminaria LED	220 unidades
Driver LED	77 unidades
Router Li-Fi	44 unidades
Tablet	30 unidades
Dongle USB Li-Fi	30 unidades
Switch 16 bocas	1 unidad
Switch 24 bocas	1 unidad
Switch 48 bocas	1 unidad
Cable UTP	1434 metros (calculando 6% de desperdicio)
Ficha RJ45	92 unidades
Rack	2 unidades
Bandeja pasacable	72 metros

Tabla XII: Lista de materiales estipulados para la implementación de la solución

Según lo relevado, la UCI de la clínica Agote cuenta con 4 médicos y 6 enfermeras por cada turno de 8 horas; es decir 30 usuarios del sistema de consulta de HCE. Se comprobó que el personal ya cuenta con dispositivos PDA en formato “tablet” para la gestión de tratamientos los pacientes, por lo cual sólo haría falta que cada dispositivo personal cuente con un dongle USB para conectarse al sistema; pero al tratarse de un costo poco representativo para la solución, se decidió optar por la compra de nuevas tablets con acceso Li-Fi nativo y además incluir los dongles por si fuese necesario el acceso al sistema de consulta de HCE desde cualquier otro dispositivo. Como detalle, los dispositivos vigentes son compartidos por los usuarios entre diferentes turnos, por lo cual hay una cantidad de 10 tablets operativas, más algunas otras que se estiman como reemplazo temporal para solventar la demanda durante los tiempos de carga de los dispositivos. En la solución propuesta, se contempla un dispositivo por persona, totalizando 30 dispositivos operativos en total.

#### Consideraciones particulares de la implementación

Para esta implementación se contemplo la utilización de routers Li-Fi de la marca OLEDComm, en particular el modelo LIFINET INTRA, que cuenta con una potencia de salida de 150W, una velocidad de transmisión de datos de 10 Mb/s e interface de entrada Ethernet (RJ45).

Para mayor detalle técnico sobre el equipamiento Li-Fi, puede consultar el [anexo F “Características técnicas del equipamiento Li-Fi propuesto”](#) del presente trabajo.

Como se comentó anteriormente, la arquitectura de la solución contempla la conexión de un único router cada 3 luminarias con el fin de minimizar la cantidad de dispositivos a utilizar; esto es posible debido a que las luminarias utilizadas son de baja potencia (48W) pero en base a esta decisión de diseño, se requirió la utilización de drivers LED externos adicionales de alta potencia, capaces de alimentar a 3 paneles LED en simultáneo. En este caso se optó por los drivers LED de la marca PowerSwitch de 350W con salida de 24V y 14.5A de corriente continua.

Respecto del ancho de banda en la transmisión de datos, se tiene una limitación de 1 Mb/s por usuario conectado (limitación impuesta por los dispositivos trans-receptores elegidos) la cual se considera adecuada, pero no se descarta en un futuro la adquisición de dispositivos con mayor capacidad de ancho de banda (actualmente el fabricante elegido no posee dispositivos con estas características) para un mayor aprovechamiento del servicio.

En lo que respecta a dispositivos de red, se eligió la utilización de switches con tecnología Gigabit debido a la velocidad requerida en la transferencia de archivos multimedia de gran tamaño (videos de endoscopías o imágenes en alta resolución de tomografías, por ejemplo). Si bien el ancho de banda de los switches elegidos no será agotado ni siquiera aunque el servicio se encuentre operando a la máxima capacidad, si en un futuro se consiguiesen dongles USB y tablets que trabajen a una mayor velocidad, podría mejorarse la calidad del servicio sin la necesidad de reemplazar los switches.

### **Análisis operativo de la solución**

Desde el punto de vista funcional, la solución prevé el desarrollo de una interface que permita la consulta y visualización de la HCE de un paciente y su contenido multimedia asociado. Dicha interface debe respetar los mecanismos de control de acceso y de cifrado de la información implantados en la aplicación de consulta original. Además, debe tener la habilidad de, basado en el punto de acceso a la red desde donde se origine la consulta (entiéndase: desde el router Li-Fi desde donde se disparó dicha consulta) de la HCE, habilitar los resultados de la misma en todos los otros puntos de la red pertenecientes al mismo recinto, por un periodo de tiempo determinado.

En lo que respecta a la redundancia de la información, la implementación queda supeditada a los mecanismos de respaldo de datos del sistema de HCE original ya que, como se mencionó anteriormente, la solución no contempla el almacenamiento de la información.

En materia de disponibilidad del servicio de consulta, no se contempla la redundancia de dispositivos de red, ya que la prevención de fallas de sus componentes puede ser incluida en el plan de mantenimiento general de las instalaciones del recinto.

Cualquier desperfecto de los componentes utilizados se soluciona con el reemplazo directo del mismo, sin ninguna o muy escasa configuración previa y en un intervalo de entre escasos minutos a pocas horas.

En materia de seguridad de la información y protección de datos personales, la solución provee seguridad inherente por usar como medio de difusión de datos la luz visible, la cual es confinada dentro del recinto donde es irradiada, y además respeta los mecanismos de control de acceso y cifrado de información provistos por la aplicación de consulta original, para prevenir cualquier intrusión mediante acceso a la red en los segmentos comprendidos entre el servidor de HCE y los router Li-Fi.

Respecto de la salud de las personas, la tecnología utilizada descarta cualquier daño posible ya que, como se explicó anteriormente, la luz visible y la emisión de rayos infrarrojos (en longitudes de onda de entre 870 y 950nm) no representan riesgo alguno.

### **Análisis legal de la solución**

En lo que respecta a la infraestructura de la solución, el único punto importante a destacar es el requerimiento impuesto por la Ley Nacional N°19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, anexo IV, decreto 351/79 que establece el valor de iluminancia de 750 lux para la iluminación en unidades de cuidados intensivos pertenecientes a establecimientos de salud.

Por otra parte, la solución contempla lo establecido por los artículos 8 y 9 de la Ley Nacional N° 25.326 de Protección de Datos Personales, restringiendo el acceso no autorizado a los datos sensibles de los pacientes, respetando los mecanismos de seguridad establecidos a tal fin por los sistemas de gestión de HCE homologados sobre los cuales está implementada la solución.



**Análisis económico de la solución**

A continuación, se presenta el presupuesto resumido del proyecto. Todos los importes están expresados en dólares estadounidenses, y además se decidió utilizar una tasa mínima de recuperación (TREMA) del 3% ya que es el valor típico utilizado para proyectos tecnológicos de inversión.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO							
	Año	0	1	2	3	4	5
<b>COSTO INICIAL</b>	Materiales	\$ -50.512,60					
	Instalación	\$ -2.257,05					
	Desarrollo de software	\$ -8.620,69					
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>	Materiales		\$ -1.434,35	\$ -1.434,35	\$ -1.434,35	\$ -1.434,35	\$ -1.434,35
	Mantenimiento de infraestructura		\$ -677,12	\$ -677,12	\$ -677,12	\$ -677,12	\$ -677,12
	Mantenimiento de software		\$ -2.155,17	\$ -1.293,10	\$ -1.293,10	\$ -1.293,10	\$ -1.293,10
<b>INGRESOS</b>	Costo diferencial del servicio		\$ 16.802,51	\$ 16.802,51	\$ 16.802,51	\$ 16.802,51	\$ 16.802,51
	Ahorro de energía eléctrica		\$ 453,10	\$ 453,10	\$ 453,10	\$ 453,10	\$ 453,10
	Ahorro de punitorio por pérdida/robo de información			\$ 5.015,67		\$ 10.031,35	
	<b>Flujo Total</b>	\$ -61.390,34	\$ 12.988,97	\$ 18.866,71	\$ 13.851,04	\$ 23.882,39	\$ 13.851,04



<b>TREMA</b>	<b>3,00%</b>
<b>VAN</b>	<b>\$ 14.846,88</b>

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	-\$ 61.390,34	\$ 12.610,65	\$ 17.783,68	\$ 12.675,66	\$ 21.219,19	\$ 11.948,03
<b>AÑOS DE REPAGO</b>		<b>-\$ 48.779,69</b>	<b>-\$ 30.996,01</b>	<b>-\$ 18.320,34</b>	\$ 2.898,85	\$ 14.846,88

El detalle de los distintos costos e ingresos del proyecto se encuentra en el [anexo E “Detalle de costos e ingresos en los modelos de negocio presentados”](#).

A continuación, se comentarán los aspectos más relevantes del presupuesto descrito:

▪ **Respecto de los materiales**

Para esta implementación, al igual que en otras, se decidió incluir como costo del proyecto el recambio de las luminarias de la UCI a tecnología LED. Pero a su vez se deja constancia de que a futuro es muy probable que para la implementación de la solución no se requiera incurrir en este gasto, debido a que es tendencia la migración de luminarias a esta tecnología; principalmente por el ahorro en energía eléctrica que se obtiene con la realización de la misma.

Asimismo, se aclara que dentro de los costos de mantenimiento no se considera la compra de artefactos de dicha tecnología, por los motivos expuestos arriba. Tanto el mantenimiento de las luminarias LED como el de los drivers externos que las alimentan se considerará como dentro del plan de mantenimiento del establecimiento, como hasta ahora se consideraba el de las luminarias tradicionales.

▪ **Respecto del mantenimiento**

Como en la mayoría de los casos, se contempló un importe del 5% anual, respecto del costo inicial, en lo que respecta a materiales y un 30% anual, respecto del costo de instalación, destinado al mantenimiento de la infraestructura informática.

En lo que se refiere al mantenimiento del software, se consideró un 25% sobre el costo de desarrollo durante el primer año y un 15% en los años siguientes, debido a que no se prevén grandes cambios en materia de funcionalidad del mismo; sólo pequeños ajustes en su funcionamiento.

▪ **Respecto de los ingresos**

El primer ingreso ponderado es el generado por el costo diferencial del servicio; esto significa el costo adicional que cada socio paga por la prestación del servicio ofrecido, dentro de un abanico de prestaciones. En este caso, el servicio está relacionado con la

confidencialidad de los datos personales y la mejor gestión del paciente por parte del personal médico, que se traduce en un incremento en la calidad del servicio de salud ofrecido. Como índice conservador para el presente proyecto, se decidió tomar el 0,005% de la facturación anual del grupo Swiss Medical para el cálculo de este ingreso.

Otro ingreso considerado fue el ahorro energético asociado al recambio de luminarias. Como se decidió imputar como costo indirecto del proyecto el recambio de las luminarias a tecnología LED, también se contabiliza como ingreso indirecto del proyecto la baja en el consumo eléctrico de la nueva instalación, al menos durante el horizonte del proyecto.

Para el cálculo del porcentaje de ahorro con la nueva instalación de luminarias, se tomó en cuenta la potencia instalada de la misma y se la comparó con una instalación de tubos fluorescentes T8 que son utilizados típicamente para la iluminación de una UCI. Estos tubos consumen 36W, con una eficiencia de 93 lm/W (se tomaron como referencia los tubos fluorescentes T8TL-D 36W/840 de la marca Phillips).

Como resultado, a igual cantidad de lúmenes de la instalación, se obtuvo que utilizando tecnología LED (más precisamente los paneles LED de la marca Macroled elegidos para el desarrollo) se obtiene un 6% de ahorro en consumo de energía eléctrica.

A continuación, utilizando el valor de consumo de la nueva instalación, se calculó el costo de consumo eléctrico de la misma por hora; tomando como referencia el valor del kW/h para una UCI (servicio eléctrico de media tensión) que es de \$1,64 de acuerdo a la tarifa vigente de la empresa EDESUR al mes de marzo de 2017. El valor obtenido es de \$17,32 por hora; por lo cual, si lo proyectamos a la instalación vieja, se obtiene un ahorro de \$1,10 por hora gracias al recambio de luminarias.

Como último paso de este ítem, se multiplicó el ahorro de energía eléctrica por la cantidad de horas en que una UCI mantiene encendida la instalación (se calcularon 18 horas diarias a lo largo de un año) y de esta forma se obtuvo el ahorro anual debido a la disminución del consumo de energía eléctrica.

Finalmente, se consideró un ahorro en el pago de punitivos por pérdida o hurto de información. Para calcular este ingreso, se recurrió a un informe publicado por la consultora Ponemon (institución con base en Michigan, EEUU) dedicada a relevar la privacidad y seguridad de los datos sensibles manejados por instituciones. Dicho informe llamado “sexto estudio anual sobre privacidad y seguridad de datos de salud” publicado en mayo de 2016 analiza los datos recolectados de 91 instituciones de salud ubicadas en distintas partes del mundo y revela que durante los últimos 2 años el 89% de las instituciones de salud relevadas tuvieron al menos un episodio de pérdida o robo de datos sensibles de sus pacientes; mientras que el 45% de ellas tuvo más de 5 episodios de este tipo en el período descrito, 34% tuvieron entre 2 y 5 episodios y el 10% reconocen sólo un episodio. Además, el informe indica una tendencia ascendente a la ocurrencia de este tipo de sucesos, en las empresas que no toman medidas de seguridad para solucionarlos.

En base a este informe, y en relación con el modelo de negocio propuesto, se consideró de manera conservadora que de seguir operando sin la implementación de la solución es factible la ocurrencia de un episodio de pérdida o robo de datos sensibles durante el segundo año y dos episodios durante el cuarto año de proyecto.

Para plasmar estos sucesos en un valor monetario, se recurrió a la Ley Nacional N°25.326 de Protección de Datos Personales y se obtuvo el dato que actualmente un episodio de las características descritas, calificado por la Dirección Nacional de Protección de Datos Personales (DNPDP) como “Muy Grave” conlleva una multa de \$80.000 y la publicación del nombre de la empresa en el padrón de infractores de la DNPDP.

Por tal, el ingreso descrito consta de la multiplicación del valor de la multa por la cantidad de ocurrencias indicada en el año correspondiente (y no se considera el costo indirecto e intangible de la pérdida de imagen).

**▪ Respetto de los costos de importación**

El equipamiento traído del exterior (en este caso los dispositivos Li-Fi importados desde Chile) contemplan los costos de importación correspondientes, tanto para la compra inicial de materiales como para el mantenimiento anual de la solución.

**Oportunidades de mejora**

En lo que respecta al acceso al servicio, al igual que en la implementación de la mediateca, se contempló la compra de dispositivos en formato “tablet” que trabajan con Li-Fi de manera nativa y de dongles Li-Fi que permiten que cualquier dispositivo PDA pueda recibir información en formato Li-Fi.

Actualmente, los únicos proveedores de dispositivos PDA que cuentan con tecnología Li-Fi son los mismos implementadores de esta tecnología; si a futuro los fabricantes de dispositivos electrónicos de consumo masivo decidiesen incorporar entre las características de sus productos la posibilidad de trabajar con tecnología Li-Fi (como ser laptops, smartphones, tablets, smart TVs, etc.) sin duda las implementaciones como la presente se verían beneficiadas, ya que no sería necesario realizar una inversión de dinero en dispositivos que posibilitan a los usuarios acceder al servicio ofrecido, sino que serían ellos mismos quienes aportarían dichos dispositivos; como lo hacen actualmente al acceder a servicios a través de Internet, utilizando Wi-Fi o mediante Tecnologías de Internet Móvil como 3G.

Además, debido a que la consulta de HCE y estudios asociados no deja de ser un servicio de consumo de contenidos multimedia, un aumento en el ancho de banda de trabajo de los dispositivos de red Li-Fi beneficiará de manera directa la calidad del servicio ofrecido; debido a que, de contar con dispositivos capaces de transferir información a una velocidad superior, esa mejora se traduciría en mejor tiempo de respuesta del servicio ofrecido y en la posibilidad de consumir contenidos digitales de mayor calidad.

## **Conclusiones**

Según lo visto a lo largo del desarrollo del presente modelo de negocio, la implementación de la solución es factible tanto a nivel técnico como a nivel funcional y legal; sin dejar de mencionar que una evolución en la tecnología Li-Fi permitiría un incremento en la calidad del servicio ofrecido y una mayor accesibilidad al mismo.

Respecto del presupuesto, una vez finalizado el horizonte del proyecto se obtiene una ganancia de U\$S15.000 y el recupero de la inversión se efectúa durante los primeros meses del cuarto año. Si bien no produce una rentabilidad cuantiosa, la presente solución ofrece dos beneficios intangibles de suma importancia: por un lado, ofrece una herramienta novedosa de la cual la empresa puede valerse como argumento comercial para diferenciarse de sus competidores y por otro lado, aporta un mecanismo de seguridad inherente que incrementa sensiblemente la salvaguarda de los datos sensibles de los pacientes y evita la pérdida de imagen y confianza que hoy se tiene de la institución.

Finalmente, como beneficio más importante, la solución ofrece una plataforma de gestión de información segura, desacoplada y de fácil implementación para cualquier sistema que gestione datos sensibles, ya que no sólo puede ser aplicada en el ámbito de la medicina sino dentro de cualquier entorno que tenga a la confidencialidad en el manejo de información entre sus requerimientos más importantes.

## CONCLUSIONES

Ya expuestos los modelos de negocio y sus respectivos análisis, se presentan las conclusiones del presente PFI:

- En primer término, se planteó el interrogante de si era posible la creación de servicios útiles y novedosos utilizando información geo-posicionada.

En base a los modelos de negocio presentados, queda demostrada la posible creación de dichos servicios; más allá de su viabilidad económica. Por un lado, en lo que refiere a servicios novedosos, se ha expuesto en este PFI un servicio cuyo concepto es disruptivo y ofrece reemplazar el paradigma de “biblioteca” tradicional por el de mediateca digital, libre de contenidos en formato físico; además se ha presentado otro servicio de información vial en tiempo real respecto del cual no se tiene conocimiento de una aplicación similar (no por lo menos con el mismo nivel de precisión que el servicio propuesto).

Por otra parte, se ha visto cómo la implementación de estos modelos de negocio puede contribuir al incremento de la calidad de servicios existentes, como en el caso del servicio de asistencia al usuario de subterráneos; o cómo es posible reemplazar servicios que ya se encuentran implementados por otros más eficientes, como lo es la implementación de gestión de precios, o que agregan características adicionales como el servicio de historia clínica electrónica el cual aporta seguridad inherente.

En resumen, se ha visto cómo se presentan un conjunto de modelos de negocio que utilizan información geo-posicionada, que operan en diferentes ámbitos y dan respuesta a problemáticas enmarcadas dentro de diferentes contextos.

- Siguiendo con las hipótesis planteadas, se pidió validar la idoneidad de la tecnología Li-Fi para la implementación de servicios basados en información geo-posicionada frente a otras tecnologías inalámbricas que también podrían aplicar para la prestación de los



mismos; y se mencionó como principales características de la tecnología Li-Fi su bajo costo, simplicidad, seguridad y velocidad.

Respecto de este punto, y siempre hablando dentro de contextos donde la transmisión de información a través de luz visible se torne viable, se concluye que en el estado actual de maduración de la tecnología Li-Fi (por lo menos en lo referido a equipamiento comercial) no cubre las necesidades del mercado de manera tal de fabricar dispositivos a un costo razonable y con características técnicas que se acerquen a las que se alcanzan en las pruebas de laboratorio.

Dicho de otra manera, en base a la investigación realizada y a los presupuestos de los modelos de negocio presentados, se concluye que no es una tecnología tan económica como a priori parece ser y que tampoco tiene características técnicas tan sobresalientes (apuntando particularmente a su ancho de banda y al alcance emisor-receptor) como los equipos utilizados en pruebas experimentales. Sin embargo, si esta observación se entiende en el contexto de que es una tecnología joven y en franco desarrollo, es probable que dentro de algunos años los problemas descritos queden solventados; es decir, que sus características técnicas mejoren y que su costo disminuya.

Las características que hacen inexpugnable a esta tecnología son aquellas ligadas a la naturaleza de su funcionamiento y no pueden ser reemplazadas, al menos hasta la fecha, por cualquier otra tecnología de transmisión de datos inalámbrica existente; estamos hablando de la seguridad inherente y la inocuidad sobre la salud de las personas.

- Otra proposición a contrastar, es la referida a la utilización de la tecnología Li-Fi para complementar o reemplazar servicios existentes que utilicen otras tecnologías inalámbricas.

Como se ha mencionado en el primer punto de estas conclusiones, dentro de los modelos de negocio propuestos fue posible plantear una alternativa al servicio de gestión de precios en supermercados; el cual tiene una implementación vigente usando comunicación inalámbrica Wi-Fi, y pudo comprobarse satisfactoriamente la factibilidad

técnica para el desarrollo del mismo servicio utilizando tecnología Li-Fi. Lamentablemente, también se vio luego del análisis económico que para el modelo de negocio planteado, la aplicación de esta tecnología se vuelve costosa, al menos utilizando el equipamiento Li-Fi comercial existente a la fecha.

Sumado a lo anterior, en el modelo de negocio que implementa el servicio de consulta de Historia Clínica Electrónica pudo dilucidarse cómo la aplicación de esta nueva tecnología puede reemplazar y agregar valor a la consulta de información, respecto de la utilización de redes inalámbricas de radiofrecuencia (como es el caso del Wi-Fi), gracias a su característica de seguridad inherente la cual es muy apropiada para la gestión de datos sensibles.

- Respecto de la validez de la tecnología Li-Fi para implementar servicios relacionados con el Internet de las cosas (IoT), en la implementación de gestión de precios de supermercados se vio cómo a través de Internet es posible la comunicación bidireccional, y en algunas circunstancias desatendida, entre distintos dispositivos ESL y su respectivo centro de monitoreo a través de Internet.

En esta implementación, la tecnología Li-Fi actúa como medio de comunicación entre ambas partes y se ha visto que, a través de la arquitectura de implementación ofrecida, no se encuentra ningún impedimento para su realización.

Por otra parte, en el apartado “actualidad de la tecnología Li-Fi” ubicado en la sección de estado del arte de este PFI, se ha comentado el desarrollo por parte de Disney Research de luminarias capaces de interactuar con juguetes infantiles modificando su comportamiento a través de instrucciones transmitidas por luz visible.

Por lo cual, si tomamos por un lado el hecho de poder implementar Internet de las Cosas utilizando tecnología Li-Fi existente en la actualidad y por otro la labor en investigación y desarrollo que se está llevando a cabo en este campo de la tecnología, se estima que a mediano plazo podrían encontrarse más implementaciones en la vida real de este concepto novedoso, utilizando la tecnología propuesta.

- Finalmente, se propuso como parte de las conclusiones de este PFI realizar una evaluación de la tecnología Li-Fi a nivel macro; una visión general sobre sus aptitudes como medio de transmisión inalámbrico de datos de cara a convertirse en un estándar de la industria y las posibilidades de su utilización para el reemplazo de la tecnología Wi-Fi.

Respecto de este punto se dirá que la tecnología Li-Fi, como medio de transmisión de datos inalámbrico, es de uso obligado en contadas ocasiones; es decir, en aquellos contextos donde las ondas electromagnéticas no se propagan o donde se requiere una delimitación geográfica para el acceso a la información (como es el caso de los modelos de negocio propuestos, donde se utiliza información geo-posicionada).

Si se la pone a competir con otras tecnologías de transmisión de datos inalámbricas actuales (como Wi-Fi o Bluetooth) en el mismo contexto donde éstas últimas ya operan actualmente, su uso se torna opcional en algunos casos, como podría ser el montaje de una red de datos ad-hoc para descongestionar el tráfico de datos de otra red que opera actualmente con Wi-Fi, y en otros casos se tornará poco o directamente no recomendable; como en los casos donde la transmisión de información se realice en un ambiente donde abunda la luz solar.

Por lo expuesto, es difícil pensar que la implementación de tecnología Li-Fi torne obsoleta la utilización de otros tipos de tecnología de comunicación inalámbrica que llevan varios años en el mercado; pero sin embargo, y basado en las pruebas de laboratorio que de forma paulatina van aumentando la performance de dicha tecnología, sí es posible pensar en su explotación masiva en los ámbitos donde aplique su funcionamiento; debido a que su ancho de banda es cuantiosamente más generoso que el alcanzado hasta la fecha por cualquier otra tecnología que tenga la misma finalidad.

En resumen, se concluye que la tecnología Li-Fi va camino a convertirse en una tecnología de nicho, de aplicación obligatoria en cada ámbito donde esté comprobado su correcto funcionamiento y donde se presenten modelos de negocio con características similares a los expuestos en este PFI; pero no se espera un recambio masivo de tecnología que migre hacia soluciones basadas en Li-Fi debido a que la naturaleza de funcionamiento



de esta tecnología impide su aplicación en una gran cantidad de contextos en los que otras soluciones actualmente implementadas con Wi-Fi, o cualquier otra tecnología que utilice ondas electromagnéticas, sí lo permiten.

## GLOSARIO

**3G:** Tercera generación de tecnología de telecomunicaciones móviles inalámbricas. Se basa en un conjunto de normas utilizadas para servicios de telecomunicaciones móviles que cumplen las especificaciones de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000 (IMT-2000) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**5G:** Refiere a la quinta generación de tecnologías de telefonía móvil. Es la sucesora de la tecnología 4G y actualmente se encuentra sin estandarizar. Se prevé su uso común en el año 2018.

**Access Point (Punto de acceso):** Es un dispositivo que permite conectar otros dispositivos inalámbricos a una red de datos.

**ACK (Acknowledgement - Acuse de recibo):** Refiere a un tipo de señal de respuesta que se envía entre procesos o dispositivos que están estableciendo un diálogo, en el marco de una comunicación digital.

**Ad-Hoc:** En telecomunicaciones, una red ad-hoc es una red de datos des-centralizada que no depende de la infraestructura preexistente como routers, switches, access points u otros dispositivos de red.

**Bandwidth (Ancho de banda):** Extensión del espectro o gama de frecuencias comprendidas en cierta banda. En el contexto de una transmisión digital de datos, es la medida de datos y recursos de comunicación disponible o consumida expresados en bit por segundo o múltiplos de él.

**Backbone (columna vertebral):** Cableado troncal o principal sobre el cual se montan los distintos segmentos de una red de datos.

**Beacon (baliza):** En telecomunicaciones, es una señal que contiene información sobre una red inalámbrica y es transmitida periódicamente por un Access Point para anunciar la presencia de dicha red en el entorno.

**Bit (Binary Digit - Dígito binario):** Es la unidad de datos más pequeña que puede manejar un dispositivo informático. Se maneja a través del sistema binario, es decir, puede tener dos estados: "0" o "1".

**Bluetooth:** Protocolo de comunicación utilizado para la interconexión inalámbrica de diferentes dispositivos electrónicos (ordenadores, smartphones, auriculares, etc.). Permite la transferencia de datos entre los dispositivos que lo soportan.

**Broadcast (Difusión):** Tipo de comunicación de datos en la que una sola transmisión puede ser recibida por múltiples receptores.

**Byte:** Unidad de información digital formada generalmente por ocho bits. En sistemas informáticos, un byte representa un símbolo correspondiente a una letra, un número u otros símbolos.

**Canal:** En telecomunicaciones, es el medio a través del cual se transmite una señal con la información de intercambio entre emisor y receptor.

**CIF:** En comercio internacional, este término refiere al costo, seguro y flete de la logística marítima o fluvial que tanto el vendedor como el comprador de una transacción comercial deben respetar y negociar.

**Codificación:** Es el proceso por el cual, la información de una fuente es convertida en símbolos para ser comunicada. En otras palabras, es la aplicación de las reglas de un código. Su proceso inverso es la decodificación, que es la conversión de esos símbolos a información que pueda ser entendida por el receptor.

**Corriente alterna (CA):** Corriente eléctrica que periódicamente alterna su dirección de flujo. En un ciclo, una alternancia comienza en cero, sube a un nivel negativo máximo, retorna a cero para luego subir a un nivel positivo máximo y regresar a cero. El número de ciclos completos por segundo se denomina frecuencia de corriente alterna.

**Corriente continua (CC):** Corriente eléctrica que siempre fluye en una sola dirección.

**Corriente eléctrica:** La corriente eléctrica es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de las cargas (normalmente electrones) en el interior de dicho material. Su unidad es el Amper (A).

**Data rate (velocidad de datos):** En telecomunicaciones, se refiere a la velocidad a la que se transmiten los datos durante una operación de transferencia de información.

**Datagrama:** Paquete de datos que constituye el mínimo bloque de información a transmitirse dentro de una red.

**Diodo:** Componente electrónico que permite el paso de la corriente eléctrica en un solo sentido.

**Direccionamiento:** En telecomunicaciones, el direccionamiento proporciona un mecanismo para la asignación de identificadores únicos a cada dispositivo conectado a una red.

**Dongle:** Dispositivo electrónico que permite añadir características a un dispositivo informático (PC, notebook, smartphones, etc.) que no fue construido teniendo en cuenta dicha funcionalidad. Generalmente se conectan al dispositivo vía interface USB.

**Driver LED:** Fuente de corriente continua que se utiliza para alimentar un conjunto de lámparas LED tomando como entrada la corriente alterna brindada por la red eléctrica domiciliaria.

**Electrodo:** Punto, cuerpo o terminal de un circuito o dispositivo que entrega electricidad o al cual se le aplica electricidad.

**Encabezado:** En telecomunicaciones, es la primera sección o agrupamiento de datos en un datagrama; contiene campos para el direccionamiento y proceso del mismo.

**ESL (Electronic Shelf Label - Etiqueta electrónica de precio):** Dispositivo electrónico destinado al muestreo de precios que posee un display que puede utilizar tecnología de segmentos o tinta electrónica para el muestreo de los datos. La información a mostrar puede actualizarse en el dispositivo de manera inalámbrica; ya sea utilizando tecnología RFID, infrarroja, bluetooth, etc.

**Espectro lumínico:** Banda de frecuencias de radiación electromagnética que el ojo humano percibe en forma de luz.

**Ethernet [Protocolo]:** Estándar diseñado para la comunicación de dispositivos informáticos conectados a una red de datos de área local, con acceso al medio por detección de la onda portadora y detección de colisiones (CSMA/CD).

**FEC (Forward Error Correction - corrección de errores hacia adelante):** Tipo de mecanismo de corrección de errores que permite la corrección en el receptor, sin la necesidad de retransmitir la información original.

**Flujo Luminoso:** Es la medida de la potencia luminosa percibida. Su unidad es el lumen (lm).

**FOB (Free On Board - Libre a bordo):** En comercio internacional, este término refiere a que es obligación del vendedor correr con los gastos y costos de movilización de la mercancía hasta el puerto de origen o puerto más cercano al vendedor o productor, excepto los gastos por concepto de seguro y flete; lo que significa que una vez llegada la mercancía al buque, la responsabilidad de ésta es trasladada al comprador.

**Footer (Pie de página):** En telecomunicaciones, es la última sección o agrupamiento de datos en un datagrama; habitualmente contiene campos para corrección de errores en la comunicación y anuncia la finalización del mismo.

**Fotón:** Partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas y las ondas de radio.



**Foto-receptor:** Dispositivo capaz de convertir la energía óptica de la luz que incide sobre una superficie sensora en energía eléctrica, mediante un proceso que se denomina transducción.

**Frame (trama):** En telecomunicaciones, corresponde a una unidad de envío de datos. Es una serie sucesiva de bits, organizados en forma cíclica, que transportan información y que permiten en la recepción extraer esta información.

**Geo-localización:** Término estrechamente relacionado con el uso de sistemas de posicionamiento, pero puede distinguirse de éstos por un mayor énfasis en la determinación de una posición significativa (por ejemplo, una dirección de una calle) y no sólo por un conjunto de coordenadas geográficas.

**GPS (Global Positioning System - Sistema de posicionamiento global):** Sistema que permite determinar la posición de un objeto ubicado en cualquier parte del planeta, con una precisión de hasta centímetros, aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión.

**GSM (Global System for Mobile communications - Sistema global para comunicaciones móviles):** Sistema estándar para telefonía móvil digital. Permite enviar y recibir mensajes por correo electrónico, faxes, navegar por Internet y acceder con seguridad a la red informática de una compañía, así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el servicio de mensajes cortos (SMS) o mensajes de texto. Se considera, por su velocidad de transmisión y otras características, un estándar de segunda generación (2G).

**Handover (Entrega):** En telecomunicaciones, es la transferencia del servicio de una fuente de información a otra, cuando la calidad del enlace establecido con el receptor es insuficiente en una de las fuentes. Este mecanismo garantiza la realización del servicio cuando el dispositivo receptor de la información se traslada a lo largo de su zona de cobertura.

**HCE (Historia clínica electrónica):** También denominada Historia Clínica Informatizada (HCI) es el registro mecanizado de los datos sociales, preventivos y médicos de un paciente, obtenidos de forma directa o indirecta y constantemente actualizados.

**HTML (Hyper Text Mark-up Language - Lenguaje de marcas de hipertexto):** Lenguaje de programación utilizado para modelar texto y agregarle funciones especiales. Es la base para la creación de páginas Web tradicionales.

**IFFT (Inverse Fast Fourier Transform - Transformada rápida de Fourier):** Operación matemática que permite convertir un conjunto de datos muestreados en tiempo y espacio a datos muestreados en frecuencia y viceversa.

**Iluminancia:** Es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. Su unidad es el lux, que equivale a  $1 \text{ lm/m}^2$ .

**IoT (Internet Of Things - Internet de las cosas):** Concepto que refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos a través de internet.

**IP (Internet Protocol - Protocolo de Internet):** Protocolo de comunicación de datos. Su función principal es el uso bidireccional en origen o destino de comunicación para transmitir datos mediante un protocolo no orientado a conexión que transfiere paquetes conmutados a través de distintas redes físicas previamente enlazadas según la norma OSI de enlace de datos.

**Javascript:** Lenguaje de programación interpretado, orientado a objetos, débilmente tipado y dinámico. Se utiliza principalmente del lado de la aplicación cliente implementado como parte de un navegador Web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas Web dinámicas. Su utilización en aplicaciones externas a la Web, por ejemplo aplicaciones de escritorio o documentos PDF, también es significativa.

**LAN (Local Area Network - Red de área local):** Interconexión de dispositivos informáticos para formar una red dentro de una empresa u hogar, limitada generalmente a un edificio.

**LED (Light-Emitting Diode - Diodo emisor de luz):** Diodo semiconductor que puede servir como fuente luminosa cuando se le aplica una corriente eléctrica.

**Li-Fi (Light Fidelity):** Sistema de comunicaciones inalámbricas que permite la transmisión de datos entre dispositivos informáticos utilizando como medio de transferencia el espectro lumínico visible.

**Longitud de onda:** Longitud de una onda completa de una alternancia o fenómeno vibratorio, que generalmente se mide cresta a cresta o valle a valle de ondas sucesivas.

**Luminancia:** Cantidad de luz emitida o dispersa por una superficie; se expresa en candelas por metro cuadrado (cd/m<sup>2</sup>).

**Luminaria:** Receptor eléctrico que transforma una energía eléctrica en otra luminosa. Desde un punto de vista más técnico, se distingue entre dos objetos: la lámpara es el dispositivo que produce la luz mientras que la luminaria es el aparato que le sirve de soporte.

**MAC (Media Access Control - Control de acceso al medio):** Conjunto de mecanismos y protocolos de comunicación a través de los cuales varios interlocutores (dispositivos en una red, como computadoras, teléfonos móviles, etc.) se ponen de acuerdo para compartir un medio de transmisión común (por lo general, un cable eléctrico o fibra óptica, o en comunicaciones inalámbricas el rango de frecuencias asignado a su sistema).

**Medio:** En telecomunicaciones, es el soporte o forma de conexión que posibilita la transferencia de datos entre dos dispositivos o nodos en una red.

**MIMO (Multiple-In/Multiple-Out - Entrada múltiple/Salida múltiple):** En telecomunicaciones, refiere a un sistema de comunicación que posee múltiples canales de entrada de información y múltiples de salida.

**Modem:** Dispositivo capaz de transformar información en formato digital en una señal analógica utilizando alguna técnica de modulación. También puede realizar el procedimiento contrario; recuperar la información digital de una señal analógica.

**Modulación:** Proceso por el cual se modifica la amplitud, frecuencia o fase de una señal portadora de acuerdo con una señal que transporta información. Este proceso permite un mejor aprovechamiento del canal de comunicación (es decir, se transmite mayor cantidad de información en forma simultánea) y se mejora la resistencia de la señal contra posibles interferencias. El proceso inverso se denomina demodulación.

**OWC (Optical Wireless Communication - Comunicación inalámbrica óptica):** Tipo de comunicación óptica en la que se utiliza luz visible, infrarroja o ultravioleta a través de un medio no guiado para transportar una señal.

**Padding (relleno):** En telecomunicaciones, refiere a métodos de codificación que introducen información irrelevante con cierto objetivo. Dependiendo del contexto, el esquema de relleno será distinto para cumplir con el objetivo apropiado que responde a ese contexto.

**Palabra:** Unidad de datos que utiliza un procesador en particular para trabajar. Es una pieza de datos de tamaño fijo tratado como una unidad por el hardware del procesador.

**Paridad [código]:** Los códigos de paridad se usan en telecomunicaciones para detectar, y en algunos casos corregir, errores en la transmisión. Para ello, se añade en origen un bit extra llamado "bit de paridad" a los 'n' bits que forman el carácter original.

**Payload (Carga útil):** Es la parte del datagrama que contiene los datos del protocolo subyacente encapsulado o la información del mensaje a enviar, si es que no hay más protocolos involucrados, durante una transmisión.

**PDA:** Término genérico utilizado para referirse a cualquier dispositivo electrónico portátil que posea un sistema de reconocimiento de escritura. Un teléfono inteligente, tablet o agenda electrónica son ejemplos de este tipo de dispositivos.

**PDU (Protocol Data Unit - Unidad de datos de protocolo):** Unidad de intercambio de información utilizada en el marco de una comunicación bajo un protocolo determinado.

**PHP (Hypertext Pre-Processor - Preprocesador de hipertexto):** Lenguaje de programación utilizado generalmente en la creación de sitios Web. Es un lenguaje interpretado especialmente diseñado para crear contenido dinámico Web y aplicaciones para servidores.

**PIC:** Término genérico que corresponde a cualquier dispositivo electrónico miembro de una familia de micro-controladores.

**Polarizador:** Material que transmite de forma selectiva una determinada dirección de oscilación del campo eléctrico de una onda electromagnética como la luz, bloqueando el resto de "planos de polarización".

**Portadora:** Onda electromagnética generada por un transmisor cuando no existe señal de modulación.

**Potencia:** Energía eléctrica por segundo que se suministra a un dispositivo o que éste suministra. Su unidad es el watt.

**Protocolo:** En telecomunicaciones, es un conjunto de reglas formales que permite comunicar nodos dentro de una red de datos.

**QAM (Quadrature Amplitude Modulation – Modulación por amplitud en cuadratura):**

Es una técnica de modulación en la que dos señales a transmitir son moduladas en amplitud y en fase dando como resultado una única señal portadora. Para esta técnica, la información a transmitir es cuantizada, formando grupos de bits, generando "N" estados de modulación; de allí que se hable de "N-QAM" (8-QAM, 16-QAM, etc) y de acuerdo a la cantidad de estados obtenidos, se altera la fase y la amplitud de la portadora a transmitir.

**Radiofrecuencia (RF):** Frecuencia a la cual es posible la radiación de energía electromagnética con el propósito de comunicación.

**Redundancia:** Almacenamiento de la misma información en diversas locaciones a modo de resguardo.

**Reflexión:** Retorno o cambio en la dirección de una señal que incide en una superficie o que pasa de un medio a otro.

**Retardo:** Intervalo entre el instante en que una fuerza o señal se aplica o extrae y el instante en el que un circuito o sistema responde de forma específica.

**RFID (Radio Frequency Identification - Identificación por radiofrecuencia):** Sistema de comunicación que permite transmitir de forma inalámbrica datos, utilizando campos electromagnéticos de radiofrecuencia. El propósito es identificar y rastrear etiquetas adheridas a objetos. Las etiquetas contienen información almacenada electrónicamente, que puede ser leída, grabada o reescrita.

**R-GSM (Railway-GSM - GSM para ferrocarril):** Sistema de comunicación digital inalámbrico desarrollado específicamente para la comunicación ferroviaria. Provee a los trenes de radiotelefonía y línea de datos.

**RIFS (Reduced Inter-Frame Space):** Es la cantidad de tiempo (en microsegundos) por la cual se separan las transmisiones múltiples que parten de una sola fuente de información; se utiliza cuando no se esperan tramas de respuesta desde el receptor. Es la diferencia de tiempo entre el primer símbolo de la trama de respuesta en el aire y el último símbolo de la trama recibida en el aire.

**RLL (Run-length limited):** Técnica de codificación de información que se utiliza para el envío de datos arbitrarios a través de un canal de comunicaciones con ancho de banda limitado.

**Router (Enrutador):** Dispositivo utilizado para la interconexión de redes de datos que opera en la capa tres (nivel de red) del modelo OSI. Enruta paquetes de datos entre distintos segmentos de una red tomando como base la información de la capa de red que éstos contienen y toma decisiones respecto de cuál es la mejor ruta para el envío de datos; luego redirige los paquetes hacia el segmento y el puerto de salida adecuados.

**Seguridad inherente:** En seguridad informática, un proceso inherentemente seguro tiene un bajo nivel de peligro incluso si las cosas funcionan en forma incorrecta.

**Semiconductor:** Cuerpo sólido cuya resistividad está comprendida entre la de los conductores y la de los aislantes.

**SIFS (Short Inter-Frame Space):** Es la cantidad de tiempo (en microsegundos) requerida para que una interfaz de red inalámbrica procese una trama recibida y responda con una trama de respuesta. Es la diferencia de tiempo entre el primer símbolo de la trama de respuesta en el aire y el último símbolo de la trama recibida en el aire.

**Símbolo:** Cualquier carácter, conjunto de caracteres o cifra, aceptados como representativos de alguna cantidad.

**SISO (Single In/Single Out - única entrada/única salida):** En telecomunicaciones, refiere a un sistema de comunicación que posee únicamente un canal de entrada de información y otro de salida.

**SMD (Surface Mount Device - Dispositivo de montaje superficial):** Componente electrónico cuyo montaje está pensado para realizarse sobre la superficie del circuito que lo utiliza. En este tipo de tecnología, las conexiones se realizan mediante contactos planos, una matriz de esferas en la parte inferior del encapsulado, o terminaciones metálicas en los bordes del componente.

**Streaming:** Término que hace referencia al hecho de transmitir datos remotamente a través de una red en tiempo real sin necesidad de descargar el archivo completo.

**Switch:** Dispositivo utilizado para la interconexión de segmentos de una misma red de datos que opera en la capa dos del modelo OSI. Su funcionamiento se basa en la lectura de las direcciones MAC de origen y destino de las tramas que lo atraviesan.

**TCMS (Train Control/Management System - Sistema de control/administración para ferrocarriles):** Plataforma de desarrollo destinada a la comunicación, control y monitoreo en ferrocarriles.

**TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol):** Modelo utilizado para comunicaciones en redes de datos que describe un conjunto de guías generales de operación para permitir que un equipo pueda comunicarse dentro de una red. TCP/IP provee conectividad de extremo a extremo especificando cómo los datos deberían ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el destinatario.

**Tensión eléctrica:** También denominada voltaje, es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. Su unidad es el Volt (V).

**Topología:** En telecomunicaciones, es el mapa físico o lógico de una red de datos; es la forma en que está diseñada la red, sea en el plano físico o lógico.

**Transductor:** Dispositivo destinado a recibir la potencia de un sistema mecánico, electromagnético, acústico, etc., y a transmitirla a otro, generalmente en forma distinta; como por ejemplo un micrófono o un altavoz.

**Transmitancia Óptica:** Es la fracción de luz incidente, a una longitud de onda específica, que pasa a través de un cuerpo.

**USB (Universal Serial Bus - Bus serial universal):** Tipo de interfaz que permite la conexión de periféricos a diversos dispositivos, entre los cuales se encuentran los ordenadores y los teléfonos móviles.

**VLAN (Virtual LAN - LAN virtual):** Refiere a una red de datos lógica que está montada sobre una red física y es totalmente independiente de otras redes lógicas montadas sobre la misma infraestructura.

**VLC (Visible Light Communication - Comunicación por luz visible):** Tipo de comunicación óptica que utiliza el espectro de luz visible a través de un medio no guiado para la comunicación de datos.

**WAN (Wide Area Network - Red de Área Extensa):** Se refiere a una red de datos de gran tamaño, generalmente dispersa en un área metropolitana, a lo largo de un país o incluso a nivel mundial.





**Wi-Fi (Wireless Fidelity):** Conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11, creado para redes locales inalámbricas, pero que también se utiliza para acceso a internet.

**XLIFF (XML Localization Interchange File Format - Formato de intercambio de archivos de localización en XML):** Formato basado en XML creado para estandarizar localización. Su objetivo es facilitar la interoperabilidad entre diferentes herramientas de localización.

## SIMBOLOS Y PREFIJOS DE UNIDADES DE MEDIDA

Símbolo	Nombre
°C	Grado centígrado
A	Ampere
b	Bit
B	Byte
g	Gramo
h	Hora
hH	Hora hombre
Hz	Hertz
K	Kelvin
lx	Lux
lm	Lumen
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
s	Segundo
u	Unidad
V	Volt
W	Watt

Tabla XIII: Tabla de símbolos de unidades de medida

Símbolo	Nombre	Magnitud
n	Nano	$1 \times 10^{-9} = 0,000000001$
μ	Micro	$1 \times 10^{-6} = 0,000001$
m	Mili	$1 \times 10^{-3} = 0,001$
c	Centi	$1 \times 10^{-2} = 0,01$
k	Kilo	$1 \times 10^3 = 1.000$
M	Mega	$1 \times 10^6 = 1.000.000$
G	Giga	$1 \times 10^9 = 1.000.000.000$
T	Tera	$1 \times 10^{12} = 1.000.000.000.000$

Tabla XIV: Tabla de prefijos para unidades de medida

## BIBLIOGRAFIA

01NETTV. *Le Li-Fi s'invite au musée pour une visite guidée* [YouTube]. 15 feb. 2016. <<https://www.youtube.com/watch?v=KNSGSshVVnc>>.

AFZAL, Sonia. Where are the discounts? Carrefour's LED supermarket lighting from Philips will guide you. *Philips News* [en línea]. 2015. [Consulta 11 sep. 2016]. <<http://www.philips.com/a-w/about/news/archive/standard/news/press/2015/20150521-Where-are-the-discounts-Carrefours-LED-supermarket-lighting-from-Philips-will-guide-you.html>>.

ALCARAZ, Isabel. Codificación Manchester y Manchester Diferencial. *Blog de la Universidad de Colima* [en línea]. [Consulta 7 sep. 2016]. <[http://docente.ucol.mx/al000408/public\\_html/CODIGO%20MANCHESTER.html](http://docente.ucol.mx/al000408/public_html/CODIGO%20MANCHESTER.html)>.

ALEGSA. Diccionario de informática. *Comunidad informática Alegsa* [en línea]. [Consulta 10 abr. 2017]. <<http://www.alegsa.com.ar/Dic/a.htm>>.

ALVAREZ FERREZ, Alberto, CAÑERO MORERA, Víctor. Codificación Convolutiva. *Página personal de Alberto Álvarez Férez* [en línea]. [Consulta 7 sep. 2016]. <<http://ma.alvarez0005.eresmas.net/trabajos/ccvsatelite/teoria.html>>.

AMERICA LIFI [en línea]. ©2014. [Consulta 28 jul. 2016]. <<http://www.americalifi.com/wp/>>.

ARQUINETPOLIS. Lo que necesitas saber para calcular el C.O.S y el C.U.S de tu Proyecto. *Arquínépolis* [en línea]. [Consulta 15 nov. 2016]. <<http://arquinetpolis.com/lo-que-necesitas-saber-para-calcular-el-c-o-s-y-c-u-s-de-tu-proyecto/>>.

ASTS [en línea]. ©2016. [Consulta 13 oct. 2016]. <<http://asts.es/>>.

AYYASH, Moussa, ELGALA, Hany, KHREISHAH, Abdallah, JUNGNICHEL, Volker, LITTLE, Thomas, SHAO, Sihua, RAHAIM, Michael, SCHULZ, Dominic, HILT, Jonas, FREUND, Ronald. Coexistence of WiFi and LiFi Toward 5G: Concepts, Opportunities, and Challenges. *IEEE Communications Magazine*. Vol. LIV, Nro. 2, pp 64-71. 2016.

BARRIOS, Ignacio. Empleados de Comercio: Escala salarial 2017. *Blog Ignacio Online* [en línea]. 2017. [Consulta 20 mar. 2017].

<<http://www.ignacioonline.com.ar/2017/03/empleados-de-comercio-escala-salarial-2017.html>>.

BASIC6 [en línea]. [Consulta 20 jul. 2016]. <<http://www.basic6.com/>>.

BASTIDAS, José L. Codificación PAM 5, 8B10B, 64B66B. *Prezi* [en línea]. 2016. [Consulta 5 sep. 2016]. <<https://prezi.com/6el0hzd3ky-a/codificacion-pam-5-8b10b-64b66b/>>.

BORGHELLO, Cristian. La industria de la salud, blanco de delincuentes informáticos. *Blog Segu-info* [en línea]. 11 jul. 2016. [consulta 1 abr. 2017].

<<http://blog.segu-info.com.ar/2016/07/la-industria-de-la-salud-blanco-de.html>>.

CECARM. Tipos de Licencias para Contenidos Digitales. *CECARM* [en línea]. 2011. [Consulta 6 dic. 2016]. <<http://www.cecarm.com/emprendedor/puesta-en-marcha/tipos-de-licencias-para-contenidos-digitales-32010>>.

CHARBAX. *OLEDComm Shows Li-Fi, 10mbitps Internet by Light* [YouTube]. 8 ene. 2014. <<https://www.youtube.com/watch?v=NZTw-5nFUyY>>.

CIEZA PEREZ, Joselito. Desarrollo de la nueva tecnología Li-Fi para las telecomunicaciones en Perú. *Universidad Inca Garcilazo de la Vega – Facultad de Ingeniería de Sistemas de Cómputo y Telecomunicaciones*. 2015. <<https://es.slideshare.net/josepreto/desarrollo-de-la-nueva-tecnologia-li-fi-para-implementar-en-peru>>.

CIVILGEEK. Hoja Excel para cálculo de luminarias interiores. *Civilgeeks.com* [en línea]. [Consulta 20 oct. 2016].

<<http://civilgeeks.com/2014/06/06/hoja-excel-para-calculo-de-luminarias-interiores/>>.

DIOQUAL. TCMS - Sistema de Operación y Control de Tren. *Blog Palo Staff* [en línea]. 2015. [Consulta 2 ene. 2017]. <<http://diocual.blogspot.com.ar/2015/06/tcms-sistema-de-operacion-y-control-de.html>>.

DISPLAYDATA. *Displaydata Dynamic Solution* [YouTube]. 3 dic. 2014.

<<https://www.youtube.com/watch?v=3YX7UeLhy5w>>.

EL CRONISTA. El Gobierno multó a grandes cadenas de supermercados por incumplir acuerdo de precios. *El Cronista* [en línea]. 27 feb. 2016. [consulta 20 oct. 2016].

<<https://www.cronista.com/economiapolitica/El-Gobierno-multo-a-grandes-cadenas-de-supermercados-por-incumplir-acuerdo-de-precios-20160227-0004.html>>.

ENELSUBTE.COM. Así son los nuevos trenes Alstom para la línea H. *Blog enelsubte.com* [en línea]. 25 mar. 2015. [consulta 3 ene. 2017]. <<http://enelsubte.com/noticias/asi-son-los-nuevos-trenes-alstom-para-la-linea-h/>>.

ESCANDAR, Adrián. Cómo es el Puesto Central de Operaciones del Subte. *Infobae* [en línea]. 1 dic. 2015. [consulta 2 ene. 2017]. <<http://www.infobae.com/2015/12/01/1773530-como-es-el-puesto-central-operaciones-del-subte/>>.

ESPITIA JUAREZ, Jesús. Codificador Reed-Solomon en Software. *Instituto Politécnico Nacional – Escuela Superior de Ingeniería Mecánica*. 2012.

<<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/11486/44.pdf>>.

ESTUARDO PEÑAFIEL PEÑAFIEL, Jesús. Análisis de la tecnología Li-Fi: Comunicaciones por luz visible como punto de acceso a Internet, una alternativa a la transmisión de datos en las comunicaciones inalámbricas. *Universidad Politécnica Salesiana*. Feb. 2015. <<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7770/1/UPS-CT004629.pdf>>.

GARCIA FERNANDEZ, Javier. Cálculo de instalaciones de alumbrado. *Blog Docente de la Universidad Politécnica de Cataluña* [en línea]. [Consulta 8 abr. 2017]. <<http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>>.

GCS COMERCIAL. Costos de importación. *GCS Comercial* [en línea]. [Consulta 15 nov. 2016]. <<http://www.gcscomercial.com.ar/index.php?uid=129>>.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. Alumbrado público. *Buenosaires.gob.ar* [en línea]. [Consulta 20 ene. 2017]. <<http://www.buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/manualdedisenourbano/equipamiento/alumbrado/alumbrado-publico>>.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. La Ciudad moderniza su alumbrado público con tecnología LED. *Buenosaires.gob.ar* [en línea]. 17 nov. 2014. [consulta 20 ene. 2017]. <<http://www.buenosaires.gob.ar/noticias/plan-de-reconversion-del-alumbrado-publico-luminarias-led>>.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. Más de 75.000 lámparas LED iluminan las calles porteñas. *Buenosaires.gob.ar* [en línea]. 14 jun. 2016. [consulta 20 ene. 2017]. <<http://www.buenosaires.gob.ar/noticias/1%C3%A1mparas-led-calles-porte%C3%B1as>>.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. Visita al Centro de Control de Telegestión del Alumbrado Público. *Buenosaires.gob.ar* [en línea]. 14 jun. 2016. [consulta 20 ene. 2017].

<<http://www.buenosaires.gob.ar/noticias/horacio-rodriguez-larreta-visito-el-centro-de-control-de-telegestion-del-alumbrado-publico>>.

GOMEZ, Ariel, SHI, Kai, QUINTANA, Crisanto, SATO, Masaki, FAULKNER, Grahame, THOMSEN, Benn C., O'BRIEN, Dominic. Beyond 100-Gb/s Indoor Wide Field-of-View Optical Wireless Communications. *IEEE Photonics Technology Letters*. Vol. XXVII, Nro. 4, pp 367-370. 2015.

GONZALEZ MONTANER, Berto. Avanza el recambio de las luminarias de la ciudad por tecnología LED. *Clarín* [en línea]. 9 nov. 2016. [consulta 20 ene. 2017].

<[https://www.clarin.com/arg/construccion/avanza-luminarias-caba-tecnologia-led\\_0\\_ryCmltgn.html](https://www.clarin.com/arg/construccion/avanza-luminarias-caba-tecnologia-led_0_ryCmltgn.html)>.

GOOGLE ADSENSE [en línea]. [Consulta 20 abr. 2017].

<<https://support.google.com/adsense/>>.

HAAS, Harald. Wireless data on every light bulb. *TED.com* [en línea]. jul. 2011. [Consulta 15 may. 2016].

<[https://www.ted.com/talks/harald\\_haas\\_wireless\\_data\\_from\\_every\\_light\\_bulb#t-150308](https://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb#t-150308)>.

HAAS, Harald. LiFi: Interference Management in Optical Attocell Networks. *University of Edinburgh* [en línea]. jun. 2015. [Consulta 3 may. 2016].

<<https://www.eng.ed.ac.uk/postgraduate/research/projects/lifi-interference-management-optical-attocell-networks>>.

HAAS, Harald, YIN, Liang, WANG, Yunlu, CHEN, Cheng. What is LiFi?. *Journal of Lightwave Technology*. Vol. XXXIV, Nro. 6, pp 1533-1544. 2016.

HIDALGO, Mario. Factibilidad de sistemas: Técnica, económica y Operativa. *Blog ApoyoTI* [en línea]. 24 abr. 2013. [Consulta 7 sep. 2016]. <<http://www.apoyoti.com/factibilidad-de-sistemas/>>.

ICONTAINERS [en línea]. [Consulta 20 ene. 2017]. <<http://www.icontainers.com/es/>>.

INFOLEG [en línea]. ©2015. [Consulta 15 oct. 2016]. <<http://www.infoleg.gob.ar/>>.

JAIMOVICH, Desiree Arrancó la era del Li-Fi, la conexión a través de la luz 100 veces más rápida que el Wi-Fi. *Infobae* [en línea]. 27 dic. 2016. [consulta 30 abr. 2016]. <<http://www.infobae.com/2016/01/27/1785900-arranco-la-era-del-li-fi-la-conexion-traves-la-luz-100-veces-mas-rapida-que-el-wi-fi/>>.

LA NACION. Los 6 cambios que traen los nuevos subtes de la línea H. *La Nación* [en línea]. 5 jul. 2016. [consulta 3 ene. 2017]. <<http://www.lanacion.com.ar/1915544-los-6-cambios-que-traen-los-nuevos-subtes-de-la-linea-h>>.

LA WEB DEL PROGRAMADOR. Diccionario informático. *Comunidad informática La Web del Programador* [en línea]. [Consulta 10 abr. 2017]. <<http://www.lawebdelprogramador.com/diccionario/>>.

LI-FI CENTRE [en línea]. [Consulta 25 abr. 2016]. <<http://www.lifi-centre.com/>>.

LI-FI CONSORTIUM [en línea]. ©2015. [Consulta 30 abr. 2016]. <<http://www.lificonsortium.org/>>.

LIFI STORE [en línea]. [Consulta 20 jul. 2016]. <<http://lifistore.com/fr/>>.

LIGHTINGCONTROLSASSN. *Philips Starsense Wireless Control System* [YouTube]. 12 oct. 2012. <<https://www.youtube.com/watch?v=B3vVuOzATe4>>.



LOPEZ CAMACHO, Adolfo. Modulador Espacial de Luz. *Blog del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Córdoba* [en línea]. [Consulta 7 sep. 2016]. <<http://rabfis15.uco.es/diacel/Tutorial/html/modulador%20espacial%20de%20luz.htm#fig1.31>>.

LUX REVIEW. World's first office to open in Paris. *Lux Review Magazine* [en línea]. 27 jun. 2016. [consulta 18 sep. 2016]. <<http://luxreview.com/article/2016/06/world-s-first-li-fi-office-to-open-in-paris>>.

MEDEIROS RUIZ, María C. Modelo de gestión de cajas de un supermercado utilizando datos transaccionales. *Universidad de Chile – Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas – Departamento de Ingeniería Industrial*. Abr. 2012. <[http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111286/cf-medeiros\\_mr.pdf;sequence=3](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111286/cf-medeiros_mr.pdf;sequence=3)>.

METROVIAS. *Puesto Central de Operaciones (PCO)* [YouTube]. 7 oct. 2015. <<https://www.youtube.com/watch?v=ILGQdF5-ITs>>.

MONZON BAEZA, Víctor, SANCHES-FERNANDEZ, Matilde, GARCIA ARMADA, Ana, ROYO, Antonio. Testbed for a LiFi System integrated in Streetlights. *2015 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*. París, Francia. Pp 517-521. 2015.

MORELLI, María P. Consideraciones sobre el delito de reprografía (Ley 25.446). *Biblioteca Jurídica Argentina* [en línea]. 2006. [Consulta 2 mar. 2017]. <<http://bibliotecajuridicaargentina.blogspot.com.ar/2006/11/consideraciones-sobre-el-delito-de.html>>.

OLED COMM [en línea]. ©2015. [Consulta 25 abr. 2016]. <<http://www.oledcomm.com/>>.

OLED COMM FRANCE LIFI. *GeoLiFi LED Lighting Solution – OLEDCOMM* [YouTube]. Jul. 2016. <<https://www.youtube.com/watch?v=noPMDI8zrDE>>.

PAGANO, María. La ingeniería detrás de la voz del subte. *La Nación* [en línea]. 12 may. 2015. [consulta 3 ene. 2017]. <<http://www.lanacion.com.ar/1791922-la-ingenieria-detras-de-la-voz-del-subte>>.

PEREZ GRAU, Luís. El LiFi: Un nuevo avance tecnológico. *Blog El LiFi* [en línea]. 2013. [Consulta 16 may. 2016]. <<http://ellifiultimatecnologia.blogspot.com.ar/>>.

PHILIPS LIGHTING HOLDING. Indoor Positioning White paper: Unlocking the value of retail apps with lighting. 2016. <<http://1zkq0n152z6rnp4v81tnk1zh.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/07/Philips-Whitepaper-Indoor-Positioning.pdf>>.

PHILIPS LIGHTING HOLDING [en línea]. [Consulta 20 abr. 2016]. <<http://www.lighting.philips.com/main/>>.

PHILIPS LIGHTING HOLDING. Indoor positioning for superior customer service at Carrefour. *Philips Success Cases* [en línea]. [Consulta 11 sep. 2016]. <<http://www.lighting.philips.com/main/cases/cases/food-and-large-retailers/carrefour-lille.html>>.

PHILIPS LIGHTING HOLDING. Buenos Aires: Pioneering future-proof connected lighting. *Philips Success Cases* [en línea]. [Consulta 20 mar. 2017]. <<http://www.lighting.philips.com/main/cases/cases/road-and-street/citytouch-buenos-aires.html>>.

PHILIPSLIGHTING. *Philips reveals mobile location analytics at Light & Building tradeshow* [YouTube]. 19 abr. 2016. <[https://www.youtube.com/watch?v=bEYgCfsP7\\_8&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=bEYgCfsP7_8&feature=youtu.be)>.

PONEMON, Larry. Nearly 90 Percent of Healthcare Organizations Suffer Data Breaches, New Ponemon Study Shows. *Ponemon Institute* [en línea]. 12 may. 2016. [consulta 12 abr. 2017]. <<http://www.ponemon.org/blog/sixth-annual-benchmark-study-on-privacy-security-of-healthcare-data?s=six>>.

PONEMON INSTITUTE. 6th. Annual Benchmark Study on Privacy & Security of Healthcare Data. May. 2016.  
<<https://media.scmagazine.com/documents/232/sixth-annual-benchmark-study-o-57783.pdf>>.

PRICER [en línea]. ©2015. [Consulta 13 oct. 2016]. <<http://www.pricer.com/en/>>.

PURE LIFI [en línea]. ©2014. [Consulta 24 abr. 2016]. <<http://purelifi.com/>>.

RAJAGOPAL, Sridhar, ROBERTS, Richard D., LIM, Sang-Kyu. IEEE 802.15.7 Visible Light Communication: Modulation Schemes and Dimming Support. *IEEE Communications Magazine*. Vol. L, Nro. 3, pp 72-82. 2012.

RF WIRELESS WORLD. LiFi MAC Layer Basics. *RF Wireless World* [en línea]. [Consulta 20 abr. 2016]. <<http://www.rfwireless-world.com/Tutorials/LiFi-PHY-MAC-layer-frame-structures.html>>.

RF WIRELESS WORLD. LiFi Physical Layer Basics. *RF Wireless World* [en línea]. [Consulta 20 abr. 2016].  
<<http://www.rfwireless-world.com/Tutorials/LiFi-Physical-Layer.html>>.

RF WIRELESS WORLD. LiFi Tutorial – LiFi network, protocol, PHY, MAC, bands, modulation. *RF Wireless World* [en línea]. [Consulta 20 abr. 2016]. <<http://www.rfwireless-world.com/Tutorials/LiFi-tutorial.html>>.

RICH, Motoko. Los desafíos en el préstamo de libros digitales. *La Nación* [en línea]. 18 oct. 2009. [consulta 3 mar. 2017]. <<http://www.lanacion.com.ar/1187212-los-desafios-en-el-prestamo-de-libros-digitales>>.

RTL INFO. Liège: Le Li-Fi débarque au musée du Grand Curtiu. *Blog RTL Info* [en línea]. 25 oct. 2015. [Consulta 10 sep. 2016]. <<http://www.rtl.be/info/video/553853.aspx>>.

SAVLOFF, Judith. Santa Fe y el subte H sumó la combinación con la línea D. *Clarín* [en línea]. 12 jul. 2016. [consulta 28 dic. 2016]. <[https://www.clarin.com/ciudades/abrio-santa-fe-combinacion-linea\\_0\\_HkHDLFGD.html](https://www.clarin.com/ciudades/abrio-santa-fe-combinacion-linea_0_HkHDLFGD.html)>.

SCHMID, Stefan, BOURCHAS, Theodoros, MANGOLD, Stefan, GROSS, Thomas R. Linux Light Bulbs: Enabling Internet Protocol Connectivity for Light Bulb Networks. *Disney Research Publications*. Sept. 2015.

SERVICIO NACIONAL DEL CONSUMIDOR (SERNAC). Ranking de Reclamos en Grandes Tiendas Comerciales: Multitiendas, Supermercados y Cadenas de Hogar y Construcción. 2015.  
<<http://www.sernac.cl/wp-content/uploads/2015/03/Ranking-de-Reclamos-en-Grandes-Tiendas-Comerciales.pdf>>.

SES-IMAGOTAG. *Corporate presentation of Store Electronic Systems – Electronic Shelf Labels (ESLs)* [YouTube]. 17 abr. 2013.  
<<https://www.youtube.com/watch?v=06i7RGhxo10>>.

SES-IMAGOTAG. *Connected Stores by SES – ESL & NFC – 2014* [YouTube]. 21 ene. 2014.  
<[https://www.youtube.com/watch?v=66Ze\\_X1TdJc](https://www.youtube.com/watch?v=66Ze_X1TdJc)>.

SI-SOFT [en línea]. ©2016. [Consulta 20 jul. 2016]. <<http://si-soft.com.mx/>>.

SIMBOLOGIA ELECTRONICA. Diccionario básico de electrónica. *Blog Simbología electrónica* [en línea]. [Consulta 11 abr. 2017].

<[http://www.simbologia-electronica.com/diccionario-electronica/diccionario-electronica\\_A.htm](http://www.simbologia-electronica.com/diccionario-electronica/diccionario-electronica_A.htm)>.

SINDICATO DE EDUCADORES DE BUENOS AIRES (SEDEBA). Grilla salarial docente – Agosto 2016. *Página del Sindicato de Educadores de Buenos Aires* [en línea]. 2016. [Consulta 12 mar. 2017]. <<http://www.sedeba.org.ar/home/grilla-salarial-2016/>>.

SWISS MEDICAL GROUP [en línea]. [Consulta 20 mar. 2017].

<<https://www.swissmedical.com.ar/smgnewsite/prepaga/>>.

TELECRISTY. ¿Qué es OFDM? – Telecomunicaciones. *Blog CodeJobs* [en línea]. 2014. [Consulta 7 abr. 2017].

<<https://www.codejobs.biz/es/blog/2014/02/16/que-es-ofdm-telecomunicaciones>>.

TOMINO, Pablo. La hora pico del tránsito se extiende cada vez más. *La Nación* [en línea]. 18 may. 2014. [consulta 25 mar. 2017]. <<http://www.lanacion.com.ar/1692330-la-hora-pico-del-transito-se-extiende-cada-vez-mas>>.

UNIVERSIDAD TECNICA DE MANCHALA. Sistema informático de Gestión Contable de Rutas Orenses: Estudio de Factibilidad. *Blog de la Universidad Técnica de Machala* [en línea]. 2010. [Consulta 9 sep. 2016]. <<http://grupoaoodoc.blogspot.com.ar/p/estudio-de-factibilidad.html>>.

VADILLO, Mario, N. Formulario de reclamo incumplimiento en la oferta de los “precios cuidados” (convenio 2/2014). *Protectora, asociación de defensa del consumidor* [en línea]. 2014. [Consulta 20 oct. 2016].

<<http://www.protectora.org.ar/formularios-reclamos/formulario-de-reclamo-incumplimiento-en-la-oferta-de-los-precios-cuidados-publicidad-enganosa/24235/>>.



VISIBLE LIGHT COMMUNICATIONS [en línea]. [Consulta 30 abr. 2016].

<<http://visiblelightcomm.com/>>.

## ANEXOS

### **Anexo A: Detalles del estándar IEEE 802.15.7**

#### **Detalles del funcionamiento de la capa física**

##### Funcionamiento del modelo PHY I

En este modelo, los bits recibidos a la entrada de la transmisión por el dispositivo emisor son codificados utilizando codificación Reed Solomon (RS) y posteriormente rellenos con “ceros” a modo de padding, obteniendo así un intercalador entre símbolos. La salida de este proceso se hace pasar por un codificador convolucional. El objetivo de aplicar estas técnicas de tipo FEC, además de optimizar el flujo de datos, es corregir posibles errores de canal durante la transmisión.

Posteriormente, la salida se hace pasar por un codificador RLL (Run-length limited) aplicando la técnica Manchester o 4B6B para transformar los datos en un conjunto de símbolos donde cada símbolo está compuesto por 2, 4 o 6 bits. La finalidad de este último proceso es proveer un mecanismo simple de sincronización de la transmisión, y además permite detectar retardos en la señal y controlar el ancho de banda de la transmisión.

Una vez que la señal está codificada, se procede a su modulación. Para este modelo, la norma prevé la utilización de dos tipos de modulación: La técnica OOK (On-Off Keying) y la técnica VPPM (Variable Pulse Position Modulation).

En el receptor, se procede a la demodulación y decodificación de la señal, aplicando el proceso descrito pero en orden inverso.

A continuación, en la figura 30, se presenta el diagrama en bloques correspondiente al funcionamiento del transmisor y receptor para este modelo:

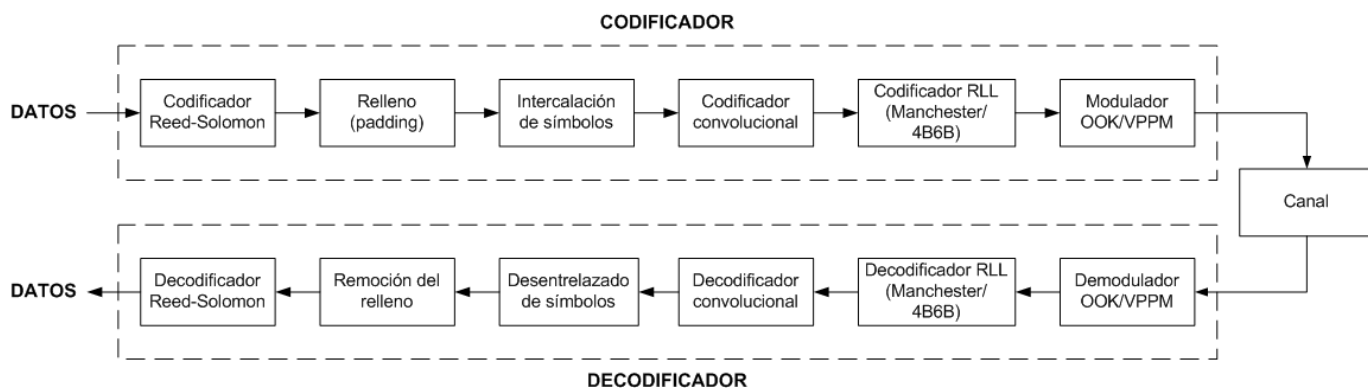


Figura 30: Diagrama de bloques del modelo PHY I

En la tabla XV pueden verse los distintos modos de operación para la capa PHY I de acuerdo a los parámetros utilizados para su implementación:

Modo de operación	Tasa de transferencia	Modulación	Codificación	Frecuencia del reloj óptico	FEC	
					Código de salida (Reed-Solomon)	Código de entrada (Convolutional)
PHI I.a	11,67 kb/s	OOK	Manchester	200,00 KHz	(15,7)	1/4
PHI I.b	24,44 kb/s				(15,11)	1/3
PHI I.c	48,89 kb/s				(15,11)	2/3
PHI I.d	73,30 kb/s				(15,11)	
PHI I.e	100,00 kb/s					
PHI I.f	35,56 kb/s	VPPM	4B6B	400,00 KHz	(15,2)	
PHI I.g	71,11 kb/s				(15,4)	
PHI I.h	124,40 kb/s				(15,7)	
PHI I.i	266,60 kb/s					

Tabla XV: Características del modelo PHY I<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Fuente: <http://www.rfwireless-world.com/Tutorials/LiFi-Physical-Layer.html>



### Funcionamiento del modelo PHY II

En este esquema se suprime el relleno de caracteres y la codificación convolucional; es más sencillo que el modelo anterior. Las técnicas de modulación a utilizar son las mismas que en PHY I.

En la figura 31 se presenta el diagrama en bloques correspondiente al funcionamiento del transmisor y receptor para este modelo:

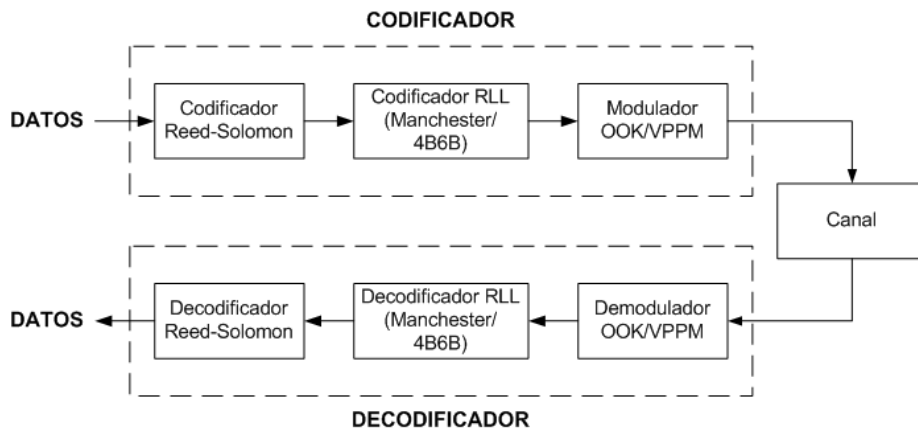


Figura 31: Diagrama de bloques de del modelo PHY II

En la tabla XVI, pueden verse los distintos modos de operación para el modelo PHY II de acuerdo a los parámetros utilizados para su implementación:

Modo de operación	Tasa de transferencia	Modulación	Codificación	Frecuencia del reloj óptico	FEC
PHI II.a	1,25 Mb/s	VPPM	4B6B	3,75 MHz	RS(64,32)
PHI II.b	2,00 Mb/s				RS(160,128)
PHI II.c	2,50 Mb/s			7,50 MHz	RS(64,32)
PHI II.d	4,00 Mb/s				RS(160,128)
PHI II.e	5,00 Mb/s				
PHI II.f	6,00 Mb/s	OOK	8B10B	15,00 MHz	RS(64,32)
PHI II.g	9,60 Mb/s				RS(160,128)
PHI II.h	12,00 Mb/s			30,00 MHz	RS(64,32)
PHI II.i	19,20 Mb/s				RS(160,128)
PHI II.j	24,00 Mb/s			60,00 MHz	RS(64,32)
PHI II.k	38,40 Mb/s				RS(160,128)
PHI II.l	48,00 Mb/s			120,00 MHz	RS(64,32)
PHI II.m	76,80 Mb/s				RS(160,128)
PHI II.n	96,00 Mb/s				

Tabla XVI: Características del modelo PHY II<sup>14</sup>

### Funcionamiento del modelo PHY III

En este modelo, los datos de entrada ingresan a un codificador Reed-Solomon que transforma la cadena de bits en tramas cortas que luego serán nuevamente codificadas con Reed-Solomon.

Como norma general, el espectro de luz visible puede dividirse en 7 grupos (rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta); y a cada grupo puede asignársele un código específico de la forma [x - y]. El modulador CSK trabaja con 3 de esos 7 grupos (mejor dicho con sus códigos correspondientes) y forma ternas de códigos que representan los vértices de un triángulo dentro de una constelación de valores posibles.

<sup>14</sup> Fuente: <http://www.rfwireless-world.com/Tutorials/LiFi-Physical-Layer.html>

Los datos que ingresan al modulador son analizados con la función “Log(M)”, donde “M” representa el tamaño de la modulación. Los datos de entrada son tomados de a 3 y mapeados cada uno a un valor de [x - y] y posteriormente pasados a valores RGB. Por último, se normaliza la intensidad de cada color y se procede a la transmisión.

En el dispositivo receptor, se encuentran 3 foto-receptores donde cada uno detectará un color diferente (más precisamente, detectará las longitudes de onda correspondientes a cada color). Entonces, se procede a realizar un trabajo inverso del que se realizó en el transmisor, transformando las longitudes de onda en las ternas [x - y] correspondientes para cada color y a la recuperación de cada símbolo correspondiente dentro de la constelación. Finalmente, la información se decodifica dos veces con el método Reed-Solomon y se recupera la información enviada.

En la figura 32 se presenta el diagrama en bloques correspondiente al funcionamiento del transmisor y receptor para este modelo:

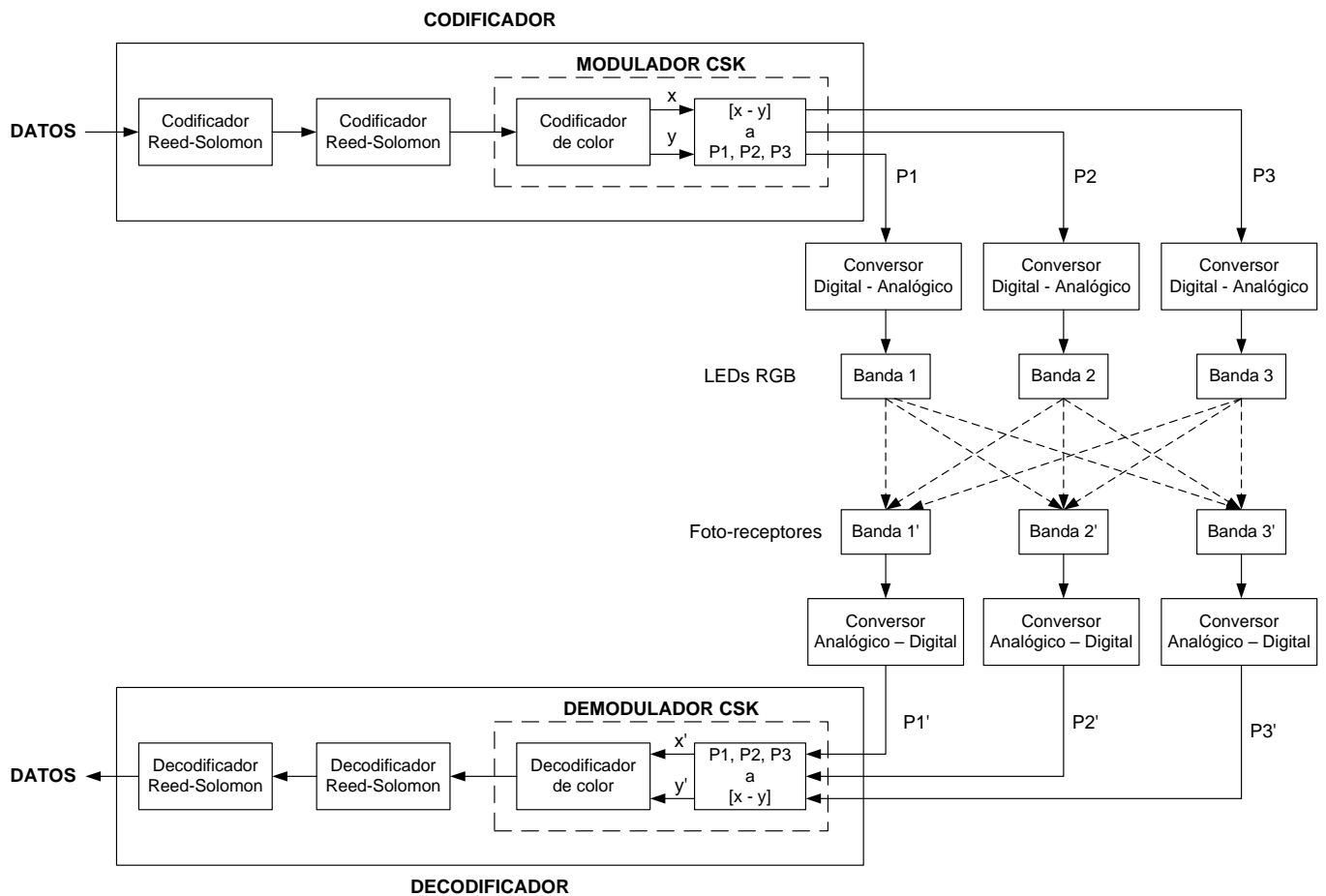


Figura 32: Diagrama de bloques de del modelo PHY III

En la tabla XVII pueden verse los distintos modos de operación para el modelo PHY III de acuerdo a los parámetros utilizados para su implementación:

Modo de operación	Tasa de transferencia	Modulación	Frecuencia del reloj óptico	FEC
PHI III.a	12,00 Mb/s	4-CSK	12,00 MHz	RS(64,32)
PHI III.b	18,00 Mb/s	8-CSK		RS(64,32)
PHI III.c	24,00 Mb/s	4-CSK	24,00 MHz	RS(64,32)
PHI III.d	36,00 Mb/s	8-CSK		RS(64,32)
PHI III.e	48,00 Mb/s	16-CSK		RS(64,32)
PHI III.f	72,00 Mb/s	8-CSK		
PHI III.g	96,00 Mb/s	16-CSK		

Tabla XVII: Características del modelo PHY III<sup>15</sup>

En el [anexo B “Técnicas de Codificación”](#) puede encontrarse la explicación de las técnicas de codificación de tipo FEC mencionadas (Reed-Solomon y codificación convolucional) y además la explicación de las técnicas de codificación de tipo RLL mencionadas (Manchester, 4B6B y 8B10B).

En el [anexo C “Técnicas de modulación”](#) puede encontrarse la explicación de las técnicas de modulación mencionadas (OOK y VPPM).

<sup>15</sup> Fuente: <http://www.rfwireless-world.com/Tutorials/LiFi-Physical-Layer.html>

### La trama PHY

Una trama PHY de Li-Fi está compuesta por un encabezado de sincronización (Synchronization Header o SHR), un encabezado PHY (PHY Header o PHY) y la carga útil o payload.

El encabezado de sincronización permite que el dispositivo receptor sincronice el reloj óptico y se posicione en la ráfaga de bits recibida; contiene dentro de él el delimitador de comienzo de trama.

El encabezado PHY contiene información sobre la transmisión, como ser el número de canal de la transmisión, el modelo PHY utilizado, la velocidad de transferencia (data rate), el tamaño del PDU, etc.

Por último, en el payload se transmiten los datos útiles de la trama PHY, como podría ser un frame de la capa MAC.

Un esquema representativo de la estructura de la trama PHY con sus distintas partes puede verse en la figura 33:

<b>PREAMBULO</b>	<b>ENCABEZADO PHY</b>	<b>HCS</b>	<b>CAMPOS OPCIONALES</b>	<b>PDU</b>
<b>SHR</b>	<b>PHR</b>			<b>PHY Payload</b>

Figura 33: Estructura de una trama PHY en Li-Fi

### **Detalles del funcionamiento de la capa de control de acceso al medio (MAC)**

#### Descripción de los distintos modos de la capa MAC

**Modo sencillo o individual (single mode):** En esta modalidad, se transporta una sola unidad de datos (Protocol Data Unit o PDU) por trama; y se utiliza para la comunicación de datos “cortos”, como puede ser un acuse de recibo (ACK) o una señal de baliza (beacon).

**Modo empaquetado (packed mode):** En esta modalidad, se transportan varios PDU por trama, los cuales están destinados a una misma dirección de destino. De esta manera, se incrementa la eficiencia de la capa MAC, ya que se eliminan los encabezados PHY y MAC repetitivos para el mismo destino.

**Modo de ráfaga (burst mode):** En esta modalidad, la trama utiliza un preámbulo reducido luego de enviar la primera trama; y además, se utiliza un separador RIFS (Reduced Inter-Frame Space) en lugar de un separador SIFS (Short Inter-Frame Space) para separar las tramas, por lo cual, este modo incrementa la eficiencia y también mejora el rendimiento.

**Modo On-Off Keying regulado (dimmed OOK mode):** Se utiliza para la transmisión de datos en aplicaciones de calibración de intensidad luminosa.

En la siguiente figura 34 se encuentra la comparación entre las distintas tramas MAC, según el modo utilizado. El modo OOK regulado no se incluye, ya que no transporta datos; sólo se utiliza para calibración de la señal.

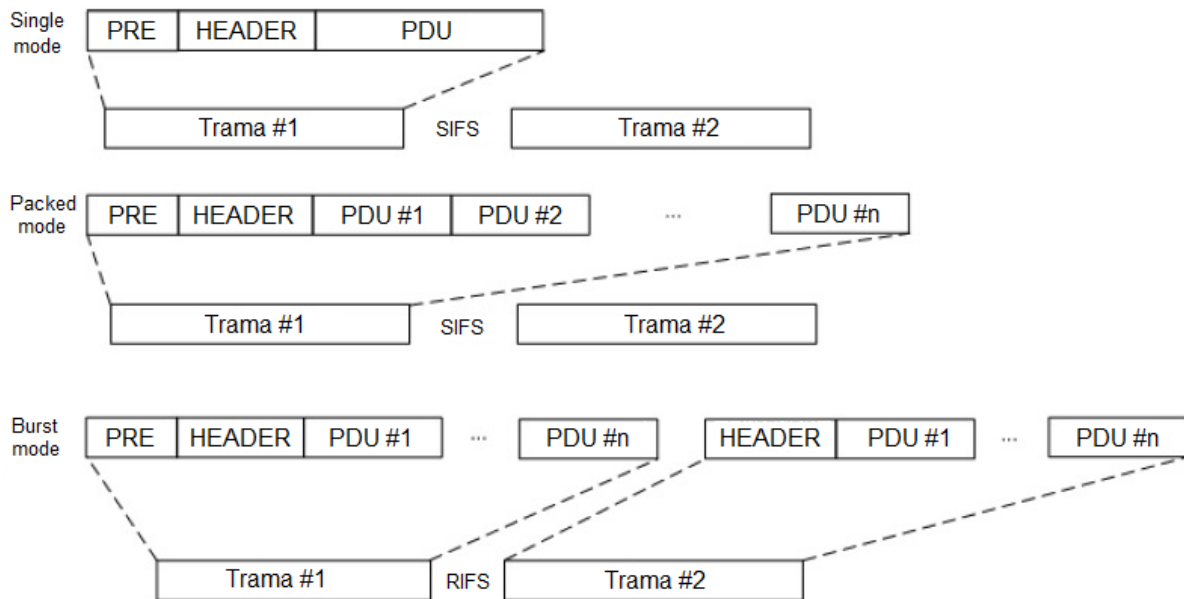


Figura 34: Modos de trabajo de la capa MAC en Li-Fi<sup>16</sup>

### La trama MAC

Una trama MAC de Li-Fi está compuesta por un encabezado (MAC Header o MHR), una unidad de datos (MAC Service Data Unit o MSDU) y un pie de página (MAC Footer o MFR).

El encabezado está compuesto por distintos campos que brindan información respecto del tipo de trama (datos, beacon, ACK, etc), secuenciamiento y direcciones físicas de origen y destino.

La unidad de datos contiene el payload de la trama, es decir, los datos del protocolo subyacente.

<sup>16</sup> Fuente: <http://www.rfwireless-world.com/Tutorials/LiFi-PHY-MAC-layer-frame-structures.html>



Por último, el footer contiene información para mecanismos destinados al control de integridad de la trama.

Un esquema representativo de la estructura de la trama MAC con sus distintas partes puede verse en la figura 35:

Control de trama	Número de secuencia	identificador VPAN de destino	Dirección de destino	identificador VPAN de origen	Dirección de origen	Encabezado auxiliar	Payload de la trama	FCS
Campos de direccionamiento								
<b>MHR</b>							<b>MSDU</b>	<b>MFR</b>

Figura 35: Estructura de una trama MAC en Li-Fi

## **Anexo B: Técnicas de codificación**

### **Técnicas de codificación FEC (Forward Error Correcting)**

Las técnicas de tipo FEC son aquellas técnicas de codificación que poseen un mecanismo de corrección de errores tal, que permiten corregir datos inválidos en una transmisión sin necesidad de retransmitirla; esta corrección es realizada en el dispositivo receptor.

Es habitual encontrarlas en dispositivos que manejan información en tiempo real, donde no se puede esperar la retransmisión para mostrar los datos.

#### Codificación Reed-Solomon

En este tipo de codificación, se procesan bloques de símbolos a los que se les agrega redundancia para producir bloques de símbolos codificados.

La configuración a utilizar en un código Reed Solomon se especifica como RS(n, k) con símbolos de “s” bits; el algoritmo toma “k” símbolos de “s” bits y añade símbolos de paridad para formar una palabra codificada de “n” símbolos.

Al ser recibida la información codificada, el decodificador puede corregir hasta “t” símbolos que contienen errores en una palabra codificada, donde  $2t = n - k$ .

#### Ejemplo:

RS(255, 223) con  $s = 8$  bits. ( $n = 255$ ,  $k = 223$ ,  $s = 8$ ,  $t = 16$ )

En este caso, cada palabra codificada contiene 255 bytes, de los cuales 223 bytes son datos y 32 bytes son paridad.

El decodificador podrá corregir entonces cualquier error de 16 símbolos en la palabra codificada; es decir, se pueden corregir errores de hasta 16 bytes en cualquier lugar de la palabra codificada.

### Codificación convolucional

A diferencia de Reed-Solomon, este tipo de codificación no es por bloques sino lineal (también llamada “codificación de canal”); los códigos convolucionales tienen una forma estructural diferente a los “por bloques” y se utilizan otras propiedades para corregir errores.

En este tipo de codificación, se utiliza el concepto de “memoria”, la codificación actual depende de los datos que se envían ahora y que se enviaron en el pasado.

Sin embargo, al igual que en la codificación por bloques, aquí también se añade redundancia en los datos para corregir errores.

Un código convolucional queda especificado por 3 parámetros:

- Número de entradas “k”, que corresponden a los bits de información
- Número de salidas “n”, que corresponden a la secuencia codificada de información, u están compuestas por los bits de información más los bits de redundancia
- Memoria del código “m”

Existe un cuarto parámetro denominado memoria de código “R”, que viene dado por el cociente  $k/n$ .

Se utilizará el siguiente ejemplo para explicar su funcionamiento, consideremos un codificador convolucional con los siguientes parámetros:

$k = 1$  (entradas);  $n = 2$  (salidas);  $m = 3$  (cantidad de registros o “memoria”);  $R = k/n = 1/2$

$S_1, S_2, \dots, S_n$  = cantidad de registros de memoria (en este caso 3). Al principio, se considera que el valor de todos los registros es igual a “0”

$O_1, O_2, \dots, O_n$  = cantidad de salidas (en este caso 2)

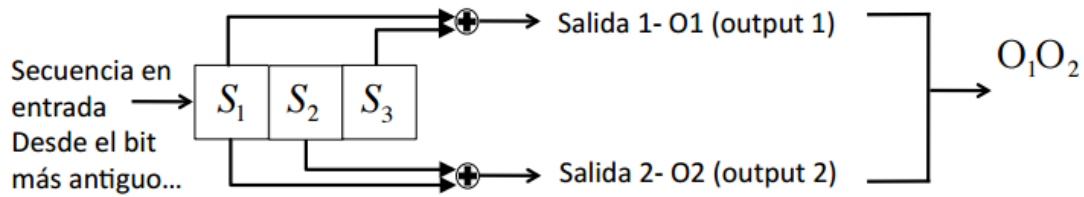


Figura 36: Esquema del codificador convolucional para el ejemplo dado

A continuación, se demostraran los pasos para la codificación de la secuencia de datos “1010” con el codificador convolucional propuesto. Es importante tener en cuenta que hay que dar vuelta la secuencia de entrada para empezar desde el bit más antiguo; es decir, los datos ingresarán al codificador en la forma “0101”.

En la figura 37 se muestra el estado inicial del codificador:

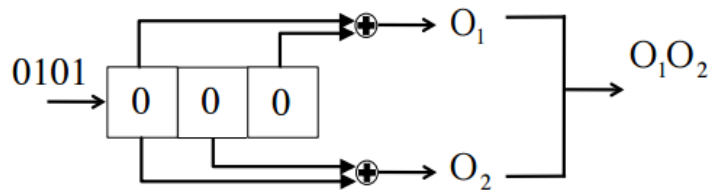


Figura 37: Estado inicial del codificador convolucional

Como primer paso, en la figura 38, el primer bit entra al codificador y produce como resultado el bit de salida “11”:

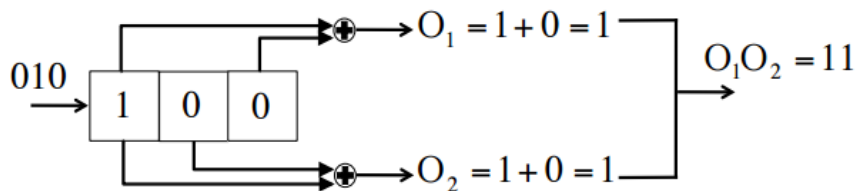


Figura 38: Paso 1 del ejemplo de codificación convolucional

En el segundo paso, en la figura 39, desplazamos un bit más y obtenemos ahora la salida parcial “01-11”

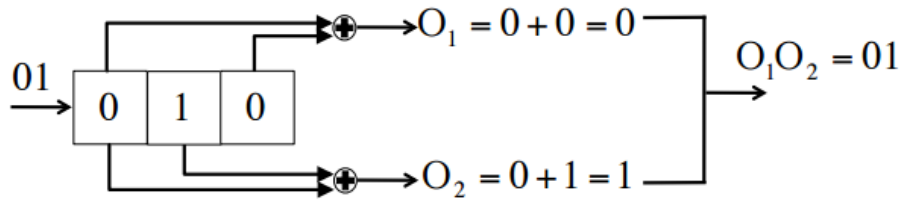


Figura 39: Paso 2 del ejemplo de codificación convolucional

En el tercer paso, en la figura 40, desplazamos un bit más y obtenemos ahora la salida parcial “01-01-11”

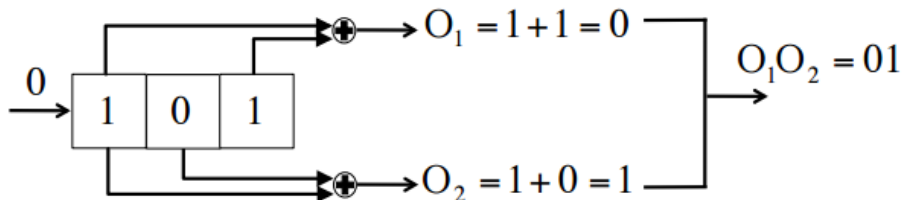


Figura 40: Paso 3 del ejemplo de codificación convolucional

Y finalmente, en el paso 4 de la figura 41, se obtiene la salida codificada “01-01-01-11”

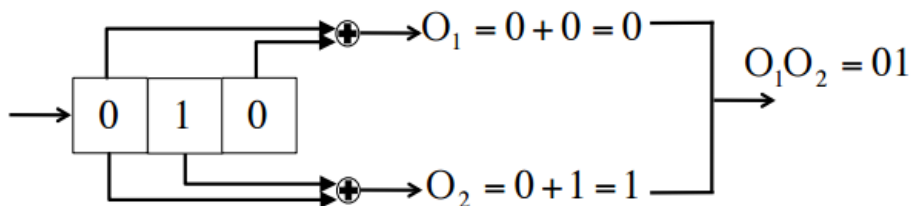


Figura 41: Paso 4 del ejemplo de codificación convolucional

En resumen, el código de entrada “1010” codificado con el codificador convolucional propuesto produce la salida codificada “01010111”.

### **Técnicas de codificación RLL (Run Length Limited)**

Las técnicas de codificación RLL se utilizan para la compresión de datos sin pérdida de información. Su funcionamiento está basado en la acción de almacenar una secuencia de datos de igual valor como un único valor más su recuento.

Por ejemplo, la siguiente cadena: “AAABBCDDDD” quedaría almacenada de la siguiente manera: “3A2B1C4D”.

Como puede apreciarse, la información codificada queda formada por una cadena más corta y sin pérdida de datos.

### **Codificación Manchester**

En la codificación Manchester, el período de transmisión de cada bit se divide en dos intervalos iguales. Un bit binario de valor “1” se transmite con un valor de tensión alto en el primer intervalo y un valor bajo en el segundo; y para transmitir un bit de valor “0” se procede a la inversa, con un valor de tensión bajo en el primer intervalo y un valor alto en el segundo.

Gracias a este esquema, se asegura que todos los bits representan una transición en la parte media, proporcionando así un excelente sincronismo entre transmisor y receptor.

A continuación, en la figura 42, se presenta un breve ejemplo de codificación Mánchester:

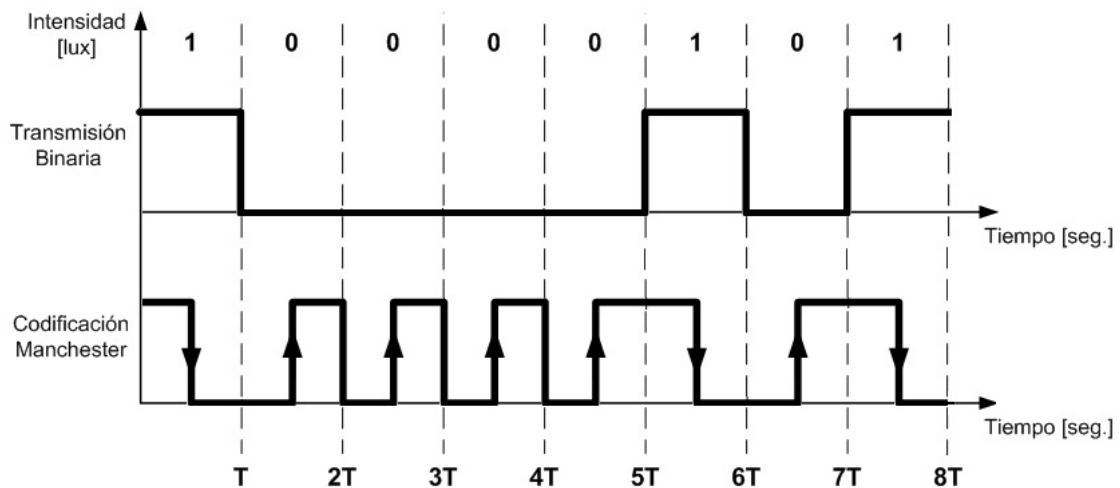


Figura 42: Ejemplo de codificación Manchester

### Codificación 8B10B

Este tipo de codificación por bloques transforma cada cadena de 8 bits recibida en una cadena de 10 bits antes de su transmisión, teniendo en cuenta que no puede haber más de cinco ceros o cinco unos seguidos. La transformación de la cadena se realiza mediante tablas de conversión, que simplemente buscan el nuevo valor de la cadena a transmitir.

Debido a que la comunicación se lleva a cabo a una velocidad muy elevada, el tiempo de bit es muy pequeño y se requieren relojes muy precisos para sincronizar la comunicación. Al aplicar esta técnica, se transforma cada cadena de 8 bits (de hasta 256 valores posibles) en cadenas de 10 bits (con 1024 valores posibles) y el sistema sólo utiliza aquellos valores que tienen un número similar de ceros y unos, existiendo 3 posibilidades:

- 5 unos y 5 ceros: códigos con disparidad neutra
- 6 unos y 4 ceros: códigos con disparidad positiva
- 4 unos y 6 ceros: códigos con disparidad negativa

De esta manera, se logra mantener un equilibrio en el valor medio de la señal (a largo plazo, la cantidad de ceros y unos transmitidos tiende a equipararse) y la disparidad se anula; lo que previene la atenuación de la señal.

El procedimiento para la conversión es el siguiente:

- Se codifican los primeros 5 bits el octeto en un proceso 5B6B (se transforma una cadena de 5 bits en 6 bits mediante una tabla de 32 valores)
- Se codifican los 3 bits restantes en un proceso 3B4B (se transforma una cadena de 3 bits en 4 bits mediante una tabla de 8 valores)
- Ambos procesos tienen en cuenta el valor de disparidad, que incluye la tasa de resultantes de ceros o unos de la última codificación

	Disparidad = -1	Disparidad = +1		Disparidad = -1	Disparidad = +1
5B (entrada)	6B (salida)		5B (entrada)	6B (salida)	
00000	100111	011000	10000	011011	100100
00001	011101	100010	10001	100011	
00010	101101	010010	10010	010011	
00011	110001		10011	110010	
00100	110101	001010	10100	001011	
00101	101001		10101	101010	
00110	011001		10110	011010	
00111	111000	000111	10111	111010	000101
01000	111001	000110	11000	110011	001100
01001	100101		11001	100110	
01010	010101		11010	010110	
01011	110100		11011	110110	001001
01100	001101		11100	001110	
01101	101100		11101	101110	010001
01110	011100		11110	011110	100001
01111	010111	101000	11111	101011	010100

Tabla XVIII: Tabla de conversión 5B6B<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Fuente: <https://prezi.com/6el0hzd3ky-a/codificacion-pam-5-8b10b-64b66b/>



	Disparidad = -1	Disparidad = +1
3B (entrada)	4B (salida)	
000	1011	0100
001	1001	
010	0101	
011	1100	0011
100	1101	0010
101	1010	
110	0110	
111	1110	0001

 Tabla XIX: Tabla de conversión 3B4B<sup>18</sup>

Disparidad del bloque anterior	Disparidad de la palabra codificada	Disparidad elegida	Disparidad del próximo bloque
-1	0	0	-1
-1	±2	2	1
1	0	0	1
1	±2	-2	-1

 Tabla XX: Tabla de resolución de disparidad en 8B10B<sup>19</sup>

Gracias a esta técnica de codificación, no es necesario disponer de relojes tan precisos; ya que la sincronización entre emisor y receptor se realiza ayudándose de los bits que son transmitidos entre ellos.

<sup>18</sup> Fuente: <https://prezi.com/6el0hzd3ky-a/codificacion-pam-5-8b10b-64b66b/>

<sup>19</sup> Fuente: <https://prezi.com/6el0hzd3ky-a/codificacion-pam-5-8b10b-64b66b/>

### Codificación 4B6B

En este esquema de codificación, cada bloque de 4 bits de entrada es transformado en un bloque codificado de 6 bits mediante la utilización de una tabla de conversión. De esta manera, la suma de los valores binarios de cada símbolo codificado es siempre igual a 3; esto posibilita el equilibrio del valor medio de la señal, evitando la atenuación, y se logra la correcta sincronización entre emisor y receptor mediante la prolongación del tiempo de transmisión de cada símbolo.

4B (Entrada)	6B (Salida)	Hexadecimal
0000	001110	0
0001	001101	1
0010	010011	2
0011	010110	3
0100	010101	4
0101	100011	5
0110	100110	6
0111	100101	7
1000	011001	8
1001	011010	9
1010	011100	A
1011	110001	B
1100	110010	C
1101	101001	D
1110	101010	E
1111	101100	F

Tabla XXI: Tabla de conversión 4B6B<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Fuente: <https://prezi.com/6el0hzd3ky-a/codificacion-pam-5-8b10b-64b66b/>

## **Anexo C: Técnicas de modulación**

### **Técnica de modulación OOK (On/Off Keying)**

En este sencillo pero efectivo método de modulación, los LEDs se encuentran encendidos o apagados dependiendo si los bits a transmitir representan “1” o “0” respectivamente; con la aclaración de que para transmitir un “0” no es obligatorio apagar por completo el LED, sino que alcanza con que se baje la intensidad lumínica hasta un nivel en que pueda diferenciarse claramente respecto de un punto de mayor intensidad.

La transmisión de datos mediante modulación OOK puede lograrse de dos maneras: o bien redefiniendo los niveles de encendido y apagado de cada símbolo OOK, con lo que se obtiene una intensidad promedio más baja; o bien pueden conservarse estos niveles y cambiar el ciclo de trabajo promedio de la onda modulada mediante la inserción de “tiempo de compensación” en la modulación. El tiempo de compensación puede realizarse apagando o encendiendo la fuente de luz el tiempo suficiente como para producir atenuación. Esto permite determinar la intensidad que debe ser añadida a la onda lumínica a través de la fuente de luz. Por ejemplo, si el brillo del dato a transmitir es del A% durante el período T1 y los símbolos de compensación tienen un brillo promedio de B% con período T2, el brillo promedio resultante (N) viene dado por la ecuación (1):

$$N = \frac{AT_1 + BT_2}{T_1 + T_2} \quad (1)$$

Los dos métodos a utilizar impactan en la performance de diferentes maneras: con el primer método se obtiene una tasa de bits constante, pero el rango de valores posibles es acotado, lo cual conlleva a aumentar el tiempo de bit para poder trabajar con más símbolos y produce la reducción de la tasa de bits de la transmisión; mientras que con el segundo método, la inserción de tiempo de compensación es lo que provoca una tasa de bits más baja.

### **Técnica de modulación VPPM (Variable Pulse Position Modulation)**

En esta técnica de modulación, se cambia el ciclo de trabajo de cada símbolo óptico para codificar los bits. Los símbolos ópticos en VPPM se distinguen por la posición del pulso y el valor de intensidad lumínica en un ciclo de tiempo dado. En la figura 43 puede verse un ejemplo básico en donde se transmiten ceros y unos con 75% de ancho de pulso a intensidad fija.

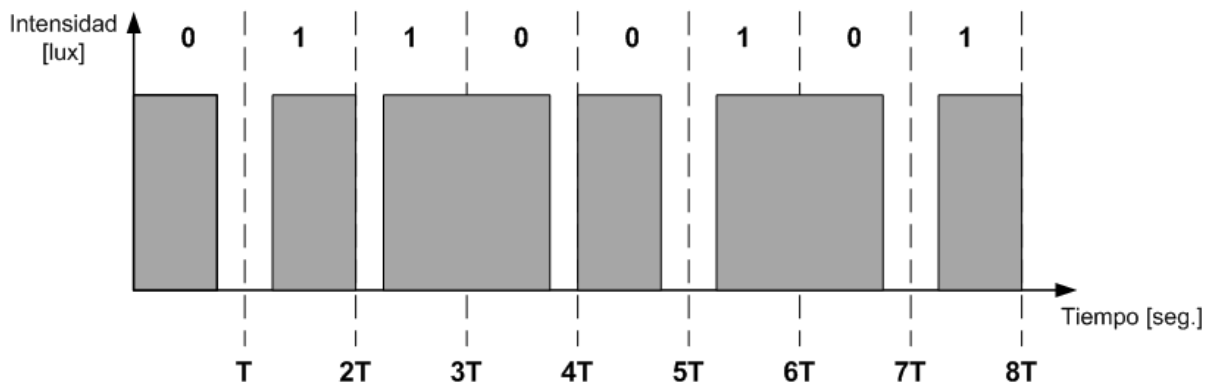


Figura 43: Ejemplo de codificación VPPM

La versatilidad en la regulación de estos dos parámetros queda sujeta a las condiciones de la implementación ya que, por ejemplo, cuanto mayor es la distancia entre emisor y receptor, el ajuste del ancho del pulso deberá tender al 50% para evitar posibles errores de lectura; y por otra parte, la segmentación de los niveles de brillo a utilizar quedarán sujetos a la sensibilidad del dispositivo receptor, quien será el encargado de interpretarlos.

### **Técnica de modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexation)**

La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales es una técnica utilizada en comunicaciones digitales para la transmisión de información, tanto sobre medios inalámbricos como ópticos u alámbricos.

Consiste en la división de un canal de comunicación, el cual contará con un determinado espectro de frecuencias de trabajo, en varios sub-canales o bandas de frecuencia equiespaciadas donde cada banda transmite una señal subportadora que a su vez transporta una porción de la información del usuario. La particularidad de esta técnica, es que cada subportadora es ortogonal al resto y permite que el espectro de cada una esté solapado y no exista interferencia; por lo cual aumenta de manera eficiente el uso del espectro, debido a que no se utilizan bandas de separación entre subportadoras.

La técnica trabaja de la siguiente manera: Se toma un flujo de datos y se lo divide en “N” flujos de datos paralelos., cada uno con una tasa de frecuencia igual a 1/N respecto de la tasa original. Luego, cada flujo es mapeado en una subportadora y combinado utilizando la transformada rápida de Fourier (IFFT), dando como resultado una señal en función del tiempo a transmitir, con subportadoras moduladas en frecuencias ortogonales.

El concepto fundamental de OFDM es que las subportadoras son ortogonales en frecuencia, lo cual se define por la ecuación (2):

$$\int_{T_0}^{T_0+t} f_1(t) f_2(t) dt = 0 \quad (2)$$

Donde  $f_1(t)$  y  $f_2(t)$  son las frecuencias de las subportadoras, que se suponen ortogonales durante el tiempo “t”.  $T_0$  corresponde al momento inicial en el tiempo.

### **Técnica de modulación SLM (Spacial Light Modulation)**

En esta técnica de modulación, el haz lumínico a transmitir es modulado por la posición de incidencia de un haz inicial sobre un medio. En la figura 44 se muestra un esquema de lo explicado:

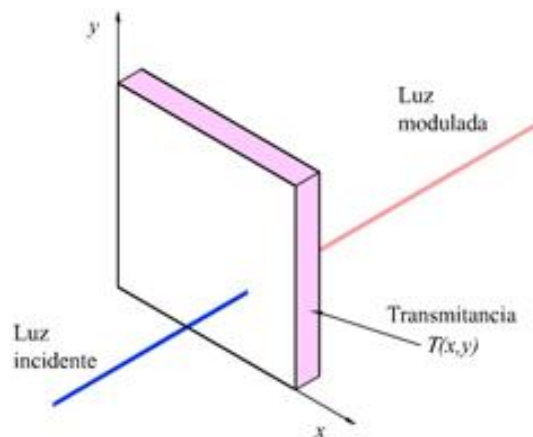


Figura 44: Esquema de modulación SLM<sup>21</sup>

Cada coordenada [x, y] del medio contiene un valor distinto de información a transmitir (transmitancia), y la posición del medio sobre la cual impacta el haz inicial varía mediante un campo eléctrico aplicado.

Los valores de intensidad a transmitir quedan entonces relacionados por la ecuación (3):

$$I_0(x, y) = T(x, y) * I_i(x, y) \quad (3)$$

Donde:

- $I_i(x,y)$  es la intensidad del haz incidente en cada punto del material
- $T(x,y)$  es la transmitancia del modulador
- $I_0(x,y)$  es la intensidad del haz transmitido

<sup>21</sup> Fuente: <http://rabfis15.uco.es/diacel/Tutorial/imagen/Fig%201.31.jpg>



Resta agregar que “el medio” puede estar compuesto por una grilla de pequeñas celdas electro-ópticas, de micrones de anchura, colocadas entre polarizadores cruzados. Sobre estas celdas se colocan unos finísimos electrodos transparentes con los que, aplicando valores de tensión en los puntos del espacio  $(x_i, y_i)$  se logra modificar la transmitancia unitaria de cada una de las celdas.

Como no se tiene una única celda, sino multitud de ellas con sus correspondientes electrodos, la transmitancia conjunta del sistema se aproximará a  $T(x,y)$ , obteniéndose así un dispositivo de transmitancia variable y controlable eléctricamente en cada punto del espacio.

## Anexo D: Cálculo de luminarias por método de los lúmenes

### Explicación del método de los lúmenes

El método de los lúmenes es un procedimiento utilizado para calcular, en base a un conjunto de parámetros de entrada, la cantidad y disposición de luminarias a utilizar para obtener un valor de iluminancia media buscada dentro de un recinto.

Los parámetros de entrada necesarios para realizar el cálculo son los siguientes:

- **Dimensiones del recinto:** Largo y ancho del recinto, además de la altura del plano de las luminarias, es decir, a qué distancia del suelo están suspendidas las luminarias. Todas las medidas expresadas en metros.
- **Nivel de iluminancia media (E):** Se refiere al nivel de iluminancia media que se requiere obtener en el recinto (medida en lux por metro cuadrado) y depende del tipo de actividad a realizar. Estos valores están tabulados en las normas IRAM AADL J20-06 “Iluminación artificial de interiores” y puede verse en la tabla XXII:

AMBIENTES	ILUMINANCIA EN SERVICIO (lux)	CALIDAD
<u>Áreas generales en edificios</u>		
Pasillos, corredores	100	D – E
Baños	100	C – D
Almacenes en tiendas	100	D – E
Escaleras	150	C – D
<u>Líneas de ensamblaje</u>		
Trabajo pesado (ensamble de maquinarias)	300	C – D
Trabajo normal (industria liviana)	500	B – C
Trabajo fino (ensambles electrónicos)	750	A – B
Trabajo muy fino (ensamble de instrumentos)	1500	A – B
<b>Industrias químicas y plásticos</b>		
En procesos automáticos	150	D – E
Plantas al interior	300	C – D
Salas de laboratorios	500	C – D
Industria farmacéutica	500	C – D
Industrias del caucho	500	C – D
Inspección	750	A – B
Control de colores	1000	A – B



<u>Fábricas de vestimenta</u>		
Planchado	500	A – B
Costura	750	A – B
Inspección	1000	A – B
<u>Industrias eléctricas</u>		
Fabricación de cables	300	B – C
Bobinados	500	A – B
Ensamblaje de partes pequeñas	1000	A – B
Pruebas y ajustes	1000	A – B
Ensamble de elementos electrónicos	1500	A – B
<u>Industrias alimentarias</u>		
Procesos automáticos	200	D – E
Áreas de trabajo general	300	C – D
Inspección	500	A – B
<u>Trabajos en vidrio y cerámica</u>		
Salas de almacén	150	D – E
Áreas de mezclado y moldeo	300	C – D
Áreas de acabados manuales	300	B – C
Áreas de acabados mecánicos	500	B – C
Revisión gruesa	750	A – B
Revisión fina – Retoques	1000	A – B
<u>Trabajos en hierro y acero</u>		
Plantas automáticas	50	D – E
Plantas semi – automáticas	200	D – E
Zonas de trabajo manual	300	D – E
Inspección y control	500	A – B

AMBIENTES	ILUMINANCIA EN SERVICIO (lux)	CALIDAD
<b>Industrias de cuero</b>		
Áreas de trabajo en general		
Prensado, curtiembre, costura	300	B – C
Producción de calzados	750	A – B
Control de calidad	1000	A - B
<b>Trabajos de maquinado ( forjado – torno )</b>		
Forjado de pequeñas piezas	200	D – E
Maquinado en tornillo de banco	400	B – C
Maquinado simple en torno	750	A – B
Maquinado fino en torno e inspección de pequeñas partes	1500	A – B
<u>Talleres de pintado</u>		
Preparación de superficies	500	C – D
Pintado general	750	B – C
Pintado fino, acabados, control	1000	A – B
<u>Fábricas de papel</u>		
Procesos automáticos	200	D – E
Elaboración semi automática	300	C – D
Inspección	500	A – B
<u>Imprentas – Construcción de libros</u>		
Salas de impresión a máquina	500	C – D
Encuadernado	500	A – B
Composición, edición, etc.	750	A – B
Retoques	1000	A – B
Reproducciones e impresiones a color	1500	A – B
Grabados en acero y cobre	2000	A – B
<u>Industrias textiles</u>		
Área de desembalaje	200	D – E
Diseño	300	D – E
Hilados, cardados, teñidos	500	C – D
Hilados finos, entrelazados	750	A – B
Cosido, inspección	1000	A – B
<u>Industrias en madera</u>		
Aserradero	200	D – E
Ensamble en tornillo de banco	300	C – D
Trabajo con máquinas	500	B – C
Acabados	750	A – B
Inspección control calidad	1000	A – B
<u>Oficinas</u>		
Archivos	200	C – D
Salas de conferencia	300	A – B
Oficinas generales y salas de cómputo	500	A – B
Oficinas con trabajo intenso	750	A – B
Salas de diseño	1000	A – B
<u>Centros de enseñanza</u>		
Salas de lectura	300	A – B
Salones de clase, laboratorios, talleres, gimnasios	500	A – B

<b>AMBIENTES</b>	<b>ILUMINANCIA EN SERVICIO (lux)</b>	<b>CALIDAD</b>
<u>Tiendas</u>		
Tiendas convencionales	300	B – C
Tiendas de autoservicio	500	B – C
Tiendas de exhibición	750	B – C
<u>Edificios Públicos</u>		
Salas de cine	150	B – C
Salas de conciertos y teatros	200	B – C
Museos y galerías de arte	300	B – C
Iglesias		
- nave central	100	B – C
- altar y púlpito	300	B – C
<u>Viviendas</u>		
Dormitorios		
- general	50	B – C
- cabecera de cama	200	B – C
Baños		
- general	100	B – C
- área de espejo	500	B – C
Salas		
- general	100	B – C
- área de lectura	500	B – C
Salas de estar	100	B – C
Cocinas		
- general	300	B – C
- áreas de trabajo	500	B – C
Área de trabajo doméstico	300	B – C
Dormitorio de niños	100	B – C
<u>Hoteles y restaurantes</u>		
Comedores	200	B – C
Habitaciones y baños		
- general	100	B – C
- local	300	B – C
Áreas de recepción, salas de conferencia	300	B – C
Cocinas	500	B – C
<u>Subestaciones eléctricas al interior</u>	200	
Alumbrado general	500	B – C
Alumbrado local	50	A – B
<b><u>Alumbrado de emergencia</u></b>		B – C

AMBIENTES	ILUMINANCIA EN SERVICIO (lux)	CALIDAD
<b>Hospitales – Centros Médicos</b>		
Corredores o pasillos		
- durante la noche	50	A – B
- durante el día	200	A – B
Salas de pacientes		
- circulación nocturna	1	A – B
- observación nocturna	5	A – B
- alumbrado general	150	A – B
- exámenes en cama	300	A – B
Salas de exámenes		
- alumbrado general	500	A – B
- iluminación local	1000	A – B
Salas de cuidados intensivos		
- cabecera de cama	50	A – B
- observación local	750	A – B
Sala de enfermeras	300	A – B
Salas de operaciones		
- sala de preparación	500	A – B
- alumbrado general	1000	A – B
- mesa de operaciones	100000	A – B
Salas de autopsias		
- alumbrado general	750	A – B
- alumbrado local	5000	A – B
Laboratorios y farmacias		
- alumbrado general	750	A – B
- alumbrado local	1000	A – B
Consultorios		
- alumbrado general	500	A – B
- alumbrado local	750	A – B

 Tabla XXII: Tabla de iluminancia por actividad según norma IRAM AADL J20-06<sup>22</sup>

CALIDAD	TIPO DE TAREA VISUAL O ACTIVIDAD
A	Tareas visuales muy exactas
B	Tareas visuales con alta exigencia. Tareas visuales de exigencia normal y de alta concentración
C	Tareas visuales de exigencia y grado de concentración normales; y con un cierto grado de movilidad del trabajador.
D	Tareas visuales de bajo grado de exigencia y concentración, con trabajadores moviéndose frecuentemente dentro de un área específica.
E	Tareas de baja demanda visual, con trabajadores moviéndose sin restricción de área.

 Tabla XXIII: Tabla de calidad lumínica por actividad según norma IRAM AADL J20-06<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Fuente: <http://civilgeeks.com/2014/06/06/hoja-excel-para-calculo-de-luminarias-interiores/>

- **Reflexión de elementos:** Se refiere a colores o acabados de los materiales del techo, paredes y suelo del recinto. Los valores admitidos por el método son BLANCO, CLARO y MEDIO para el techo, CLARO, MEDIO y OSCURO para paredes y CLARO u OBSCURO para el suelo.
- **Mantenimiento del local:** Se refiere al grado de suciedad ambiental del recinto. Los valores admitidos por el método son LIMPIO o SUCIO.
- **Tipo lámpara a utilizar:** Tipo de lámpara (incandescente, fluorescente, halógena, LED, etc.) la cual trae asociada un valor de luminancia (medida en lúmenes) y una potencia de trabajo (medida en watt).
- **Luminarias por punto:** Refiere a la cantidad de lámparas a utilizar por luminaria (plafón).

Los parámetros utilizados por el método, que se calculan utilizando los parámetros de entrada, son los siguientes:

- **Índice del recinto (k):** Se calcula en base a la geometría del recinto. Es un número comprendido entre 1 y 10, y a pesar de que pueden obtenerse valores mayores de 10, no se consideran ya que la diferencia entre usar 10 o un número mayor es despreciable. Se calcula mediante la ecuación (4):

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (4)$$

Donde:

- k es el índice del recinto
- a corresponde al ancho del recinto
- b corresponde al largo del recinto
- h corresponde a la altura desde el suelo hasta el plano de las luminarias

---

<sup>23</sup> Fuente: <http://civilgeeks.com/2014/06/06/hoja-excel-para-calculo-de-luminarias-interiores/>

- Factor de reflexión ( $\rho$ ):** Se refiere al índice de reflexión de la luz en techo, paredes y suelo del recinto. En base a las características del recinto (materiales, color de la pintura, etc.) puede determinarse, mediante valores tabulados (ver tabla XXIV), el factor de reflexión en cada uno de estos elementos que componen el recinto.

	Color	Factor de reflexión ( $\rho$ )
Techo	BLANCO o MUY CLARO	0,7
	CLARO	0,5
	MEDIO	0,3
Paredes	CLARO	0,5
	MEDIO	0,3
	OSCURO	0,1
Suelo	CLARO	0,3
	OSCURO	0,1

 Tabla XXIV: Tabla de factores de reflexión según color de los elementos<sup>24</sup>

Como valores por defecto, el método ofrece tomar 0,5 para el techo, 0,3 para las paredes y 0,1 para el suelo.

<sup>24</sup> Fuente: <http://civilgeeks.com/2014/06/06/hoja-excel-para-calculo-de-luminarias-interiores/>

- Factor de utilización ( $\eta$ ):** En base al índice del recinto y a los factores de reflexión es posible determinar el factor de utilización del recinto. Estos valores se encuentran tabulados en la tabla XXV de triple entrada y generalmente son provistos por los fabricantes de las luminarias. Si no se puede obtener el valor por lectura directa en la tabla, será necesario interpolar.

k	Factor de utilización ( $\eta$ )								
	Factor de reflexión del techo								
	0,3			0,5			0,7		
	Factor de reflexión de las paredes								
	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5
1	0,16	0,22	0,26	0,16	0,22	0,25	0,16	0,22	0,28
1,2	0,20	0,27	0,30	0,20	0,27	0,30	0,20	0,27	0,31
1,5	0,26	0,33	0,36	0,26	0,33	0,36	0,26	0,33	0,39
2	0,35	0,40	0,44	0,35	0,40	0,44	0,35	0,40	0,45
2,5	0,41	0,46	0,49	0,41	0,46	0,49	0,41	0,46	0,52
3	0,45	0,50	0,53	0,45	0,50	0,53	0,45	0,50	0,54
4	0,52	0,56	0,58	0,52	0,56	0,59	0,52	0,56	0,61
5	0,56	0,60	0,62	0,56	0,60	0,63	0,56	0,60	0,63
6	0,60	0,63	0,65	0,60	0,63	0,66	0,60	0,63	0,68
8	0,64	0,67	0,68	0,64	0,67	0,69	0,64	0,67	0,71
10	0,67	0,70	0,71	0,67	0,70	0,71	0,67	0,70	0,72

 Tabla XXV: Tabla de factores de utilización según índice de recinto y factores de reflexión de paredes y techo<sup>25</sup>

- Factor de mantenimiento ( $f_m$ ):** Este coeficiente depende del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de limpieza del recinto. Para una limpieza periódica anual, se pueden tomar los valores que figuran en la tabla XXVI:

Ambiente	Factor de mantenimiento ( $f_m$ )
LIMPIO	0,8
SUCIO	0,6

 Tabla XXVI: Tabla de factores de mantenimiento según nivel de suciedad del ambiente<sup>26</sup>
<sup>25</sup> Fuente: <http://civilgeeks.com/2014/06/06/hoja-excel-para-calculo-de-luminarias-interiores/>
<sup>26</sup> Fuente: <http://civilgeeks.com/2014/06/06/hoja-excel-para-calculo-de-luminarias-interiores/>

**Cálculos del método:**

1º) Cálculo del flujo luminoso total necesario ( $\Phi_{\tau}$ ). Se obtiene aplicando la ecuación (5):

$$\Phi_{\tau} = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m} \quad (5)$$

Donde:

- $\Phi_{\tau}$  es el flujo luminoso total
- E es la iluminancia media deseada
- S es la superficie del plano de trabajo (ancho por largo del recinto, en metros cuadrados)
- $\eta$  es el factor de utilización
- $f_m$  es el factor de mantenimiento

2º) Cálculo del número de luminarias. Se obtiene aplicando la ecuación (6):

$$N = \frac{\Phi_{\tau}}{n \cdot \Phi_L} \quad (6)$$

Donde:

- N es el número de luminarias
- $\Phi_{\tau}$  es el flujo luminoso total
- $\Phi_L$  es el flujo luminoso de una lámpara
- n es el número de lámparas por luminaria

Si el resultado no es un número entero, se redondea por exceso.



3º) Cálculo del emplazamiento de las luminarias. Se obtiene aplicando las ecuaciones (7) y (8):

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}} \quad (7)$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left( \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \right) \quad (8)$$

Donde:

- $N_{\text{ancho}}$  es el número de luminarias a colocar a lo ancho del recinto
- $N_{\text{largo}}$  es el número de luminarias a colocar a lo largo del recinto

Una vez determinada la cantidad de luminarias a instalar a lo ancho y largo del recinto, puede determinarse la distancia de separación entre las mismas; teniendo en cuenta que la separación entre una pared y una luminaria debe ser la mitad de la distancia que entre luminarias; como puede verse en la figura 45:

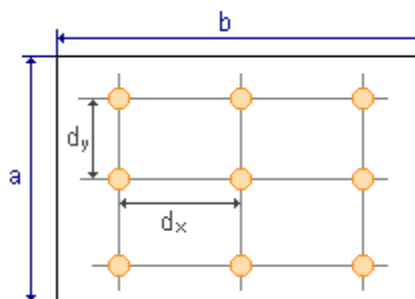


Figura 45: Esquema de distribución de luminarias, según su disposición

Donde:

- $a$  corresponde al ancho del recinto
- $b$  corresponde al largo del recinto
- $d_x$  es la distancia de separación entre luminarias a lo largo del recinto
- $d_y$  es la distancia de separación entre luminarias a lo ancho del recinto

## Resultados del cálculo de luminarias para los modelos de negocio propuestos

### Modelo de negocio N°1: Gestión de precios y datos de productos en supermercados

#### Parámetros de entrada:

Parámetro	Valor
Ancho del recinto	100,00 m
Largo del recinto	100,00 m
Superficie	10.000,00 m <sup>2</sup>
Altura desde el suelo hasta el plano de las luminarias	4,00 m
Nivel de iluminancia requerida "E"	500,00 lx/ m <sup>2</sup>
Reflexión de techo	MEDIO
Reflexión de paredes	CLARO
Reflexión de suelo	OSCURO
Mantenimiento del local	LIMPIO
Tipo de luminaria a utilizar	HIGH BAY LED 150W, 20.550 lm
Cantidad de lámparas por luminaria	1 u

Tabla XXVII: Parámetros de entrada para el cálculo de luminarias del modelo de negocio N°1

#### Parámetros del método:

Parámetro	Valor obtenido	Valor a utilizar
Índice del recinto "k"	12,50	10,00
Factor de reflexión "ρ" en techo	0,30	0,30
Factor de reflexión "ρ" en paredes	0,50	0,50
Factor de reflexión "ρ" en suelo	0,10	0,10
Factor de utilización "η"	0,71	0,71
Factor de mantenimiento "f <sub>m</sub> "	0,80	0,80

Tabla XXVIII: Parámetros del método de los lúmenes para el modelo de negocio N°1

Resultados del método:

Parámetro	Valor obtenido	Valor a utilizar
Flujo luminoso total " $\Phi_r$ "	8.802.816,90 lx	8.802.817,00 lx
Flujo luminoso local " $\Phi_l$ "	20550,00 lx	20550,00 lx
Número de luminarias "N"	428,36 u	429,00 u
Cantidad de luminarias a lo ancho ( $N_{\text{ancho}}$ )	20,71 u	21,00 u
Cantidad de luminarias a lo largo ( $N_{\text{largo}}$ )	20,71 u	21,00 u
Cantidad efectiva de luminarias a utilizar	441,00 u	441,00 u
Distancia inter-luminaria a lo largo ( $d_x$ )	4,76 m	4,76 m
Distancia inter-luminaria a lo ancho ( $d_y$ )	4,76 m	4,76 m

Tabla XXIX: Resultados del método de los lúmenes para el modelo de negocio N°1

Modelo de negocio N°2: Servicio de asistencia a pasajeros de subterráneo

Parámetros de entrada:

Parámetro	Valor
Ancho del recinto	20,00 m
Largo del recinto	220,00 m
Superficie	4400,00 m <sup>2</sup>
Altura desde el suelo hasta el plano de las luminarias	3,50 m
Nivel de iluminancia requerida "E"	200,00 lx/m <sup>2</sup>
Reflexión de techo	BLANCO
Reflexión de paredes	MEDIO
Reflexión de suelo	OSCURO
Mantenimiento del local	LIMPIO
Tipo de luminaria a utilizar	Tubeo LED T8 24W, 2.184 lm
Cantidad de lámparas por luminaria	2 u

Tabla XXX: Parámetros de entrada para el cálculo de luminarias del modelo de negocio N°2

Parámetros del método:

Parámetro	Valor obtenido	Valor a utilizar
Índice del recinto "k"	5,24	5,00
Factor de reflexión "ρ" en techo	0,70	0,70
Factor de reflexión "ρ" en paredes	0,50	0,50
Factor de reflexión "ρ" en suelo	0,10	0,10
Factor de utilización "η"	0,60	0,60
Factor de mantenimiento "f <sub>m</sub> "	0,80	0,80

Tabla XXXI: Parámetros del método de los lúmenes para el modelo de negocio N°2

Resultados del método:

Parámetro	Valor obtenido	Valor a utilizar
Flujo luminoso total " $\Phi_T$ "	1.833.333,33 lx	1.833.333,00 lx
Flujo luminoso local " $\Phi_L$ "	2.184,00 lx	2.184,00 lx
Número de luminarias "N"	419,72 u	420,00 u

Tabla XXXII: Resultados del método de los lúmenes para el modelo de negocio N°2

Modelo de negocio N°4: Mediateca desatendida
Parámetros de entrada:

Parámetro	Valor
Ancho del recinto	20,00 m
Largo del recinto	20,00 m
Superficie	400,00 m <sup>2</sup>
Altura desde el suelo hasta el plano de las luminarias	2,60 m
Nivel de iluminancia requerida "E"	500,00 lx/m <sup>2</sup>
Reflexión de techo	BLANCO
Reflexión de paredes	CLARO
Reflexión de suelo	OSCURO
Mantenimiento del local	LIMPIO
Tipo de luminaria a utilizar	Panel LED 48W, 4.200 lm
Cantidad de lámparas por luminaria	1 u

Tabla XXXIII: Parámetros de entrada para el cálculo de luminarias del modelo de negocio N°4

Parámetros del método:

Parámetro	Valor obtenido	Valor a utilizar
Índice del recinto “k”	3,85	3,00
Factor de reflexión “ρ” en techo	0,70	0,70
Factor de reflexión “ρ” en paredes	0,50	0,50
Factor de reflexión “ρ” en suelo	0,10	0,10
Factor de utilización “η”	0,54	0,54
Factor de mantenimiento “f <sub>m</sub> ”	0,80	0,80

Tabla XXXIV: Parámetros del método de los lúmenes para el modelo de negocio N°4

Resultados del método:

Parámetro	Valor obtenido	Valor a utilizar
Flujo luminoso total “ $\Phi_T$ ”	462.962,96 lx	462.963,00 lx
Flujo luminoso local “ $\Phi_l$ ”	4.200,00 lx	4.200,00 lx
Número de luminarias “N”	110,23 u	111,00 u
Cantidad de luminarias a lo ancho (N <sub>ancho</sub> )	10,54 u	11,00 u
Cantidad de luminarias a lo largo (N <sub>largo</sub> )	10,54 u	11,00 u
Cantidad efectiva de luminarias a utilizar	121,00 u	121,00 u
Distancia inter-luminaria a lo largo (d <sub>x</sub> )	1,82 m	1,82 m
Distancia inter-luminaria a lo ancho (d <sub>y</sub> )	1,82 m	1,82 m

Tabla XXXV: Resultados del método de los lúmenes para el modelo de negocio N°4

Se aclara que los cálculos representan la instalación en uno de los pisos de la mediateca.

**Modelo de negocio N°5:** Servicio de consulta de historia clínica electrónica con seguridad inherente

Parámetros de entrada:

Parámetro	Valor
Ancho del recinto	4,00 m
Largo del recinto	6,00 m
Superficie	24,00 m <sup>2</sup>
Altura desde el suelo hasta el plano de las luminarias	3,50 m
Nivel de iluminancia requerida "E"	750,00 lx/m <sup>2</sup>
Reflexión de techo	BLANCO
Reflexión de paredes	CLARO
Reflexión de suelo	CLARO
Mantenimiento del local	LIMPIO
Tipo de luminaria a utilizar	Panel LED 48W, 4.200 lm
Cantidad de lámparas por luminaria	1 u

Tabla XXXVI: Parámetros de entrada para el cálculo de luminarias del modelo de negocio N°5

Parámetros del método:

Parámetro	Valor obtenido	Valor a utilizar
Índice del recinto "k"	0,69	1,00
Factor de reflexión "ρ" en techo	0,70	0,70
Factor de reflexión "ρ" en paredes	0,50	0,50
Factor de reflexión "ρ" en suelo	0,30	0,30
Factor de utilización "η"	0,28	0,28
Factor de mantenimiento "f <sub>m</sub> "	0,80	0,80

Tabla XXXVII: Parámetros del método de los lúmenes para el modelo de negocio N°5

Resultados del método:

Parámetro	Valor obtenido	Valor a utilizar
Flujo luminoso total " $\Phi_T$ "	80.357,14 lx	80.357,00 lx
<b>Flujo luminoso local "<math>\Phi_L</math>"</b>	4.200,00 lx	4.200,00 lx
<b>Número de luminarias "N"</b>	19,13 u	20,00 u
<b>Cantidad de luminarias a lo ancho (<math>N_{\text{ancho}}</math>)</b>	3,65 u	4,00 u
<b>Cantidad de luminarias a lo largo (<math>N_{\text{largo}}</math>)</b>	5,48 u	5,00 u
<b>Cantidad efectiva de luminarias a utilizar</b>	20,00 u	20,00 u
<b>Distancia inter-luminaria a lo largo (<math>d_x</math>)</b>	1,20 m	1,20 m
<b>Distancia inter-luminaria a lo ancho (<math>d_y</math>)</b>	1,00 m	1,00 m

Tabla XXXVIII: Resultados del método de los lúmenes para el modelo de negocio N°5

Se aclara que los cálculos representan la instalación en una sola suite de la unidad de cuidados intensivos del sanatorio Agote.

Para la realización de los cálculos, se tuvo en cuenta la siguiente equivalencia:  $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ .



**Anexo E:** Detalle de costos e ingresos en los modelos de negocio presentados

**Detalle de costos e ingresos del modelo de negocio N°1:** Gestión de precios y datos de productos en supermercados

COSTO INICIAL										
Ítem	Descripción	Precio USD/Euro	Precio \$	Fuente	Cant. Req.	UM	Observaciones	Importe ítem USD/Euro	Importe \$	Importe USD
<b>MATERIALES</b>										
<b>Router Li-Fi</b>	Router OLEDComm LIFINET INTRA 150W	\$166,00	\$ 2.647,70	América Li-Fi (www.americalfi.com)	485	u	44u. (~10%) extra	\$80.510,00	\$ 1.284.134,50	\$ 80.510,00
<b>Módulo receptor Li-Fi</b>	Transductor OLEDComm	\$6,00	\$ 95,70	América Li-Fi (www.americalfi.com)	15.300	u	300u. (2%) extra	\$91.800,00	\$ 1.464.210,00	\$ 91.800,00
<b>Costos de importación AMERICA LI-FI (CHILE)</b>								\$36.743,89	\$ 586.065,05	\$ 36.743,89
<b>Dispositivo ESL</b>	ESL Pricer SmartTAG HD Small	17,00 €	\$ 305,15	Pricer filial España	15.300	u	300u. (2%) extra	260.100,00 €	\$ 4.668.795,00	\$ 292.714,42
<b>Costos de importación PRICER (ESPAÑA)</b>								\$93.003,59	\$ 1.483.407,26	\$ 93.003,59
<b>Luminaria LED</b>	Plafón Philips Highbay 121P G3		\$ 9.875,00	La casa de las 100.000 lámparas	485	u	44u. (~10%) extra		\$ 4.789.375,00	\$ 300.274,29
<b>Switch 16 bocas</b>	Switch 10/100 TP-LINK TL-SF1016 - 16 bocas		\$ 605,00	OFIT (Mercado Libre)	4	u	1u. Extra		\$ 2.420,00	\$ 151,72
<b>Switch 48 bocas</b>	Switch 10/100 TP-LINK TL-SF1048 - 48 bocas		\$ 1.890,00	OFIT (Mercado Libre)	12	u	2u. Extra		\$ 22.680,00	\$ 1.421,94
<b>Cable UTP</b>	Cable UTP Bypronet Cat.5 Rollo x 305m		\$ 1.070,00	Dataycom (Mercado Libre)	55	u			\$ 58.850,00	\$ 3.689,66
<b>Ficha RJ45</b>	Terminal para cable UTP x100u		\$ 170,00	High Tec Electronics (Mercado Libre)	10	u			\$ 1.700,00	\$ 106,58
<b>Rack</b>	Minirack mural Quality Teck 19" para 6u.		\$ 2.100,00	AMB Distribuidora IT (Mercado Libre)	6	u			\$ 12.600,00	\$ 789,97





<b>Bandeja pasacable</b>	Bandeja 30cm x 3m (M2)		\$ 364,00	Centiluz (Mercado Libre)	220	u	20u. (10%) Extra		\$ 80.080,00	\$ 5.020,69
<b>Soportes bandeja pasacable</b>	Soporte G + Varilla roscada (pack x 5u)		\$ 193,00	Centiluz (Mercado Libre)	110	u	10u. (10%) Extra		\$ 21.230,00	\$ 1.331,03
<b>MANO DE OBRA</b>										
<b>Instalación infraestructura de red</b>	Cableado y configuración de dispositivos de red		\$ 450,00	Ondra S.R.L.	280	hH			\$ 126.000,00	\$ 7.899,69
<b>Desarrollo de Software</b>	Homologación de interface de dispositivos ESL		\$ 550,00	Mil24 Soluciones y Software S.A.	80	hH			\$ 44.000,00	\$ 2.758,62

<b>MANTENIMIENTO</b>										
Ítem	Descripción	Base USD/Euro	Base \$	Tasa (%)	Observaciones	Importe USD/Euro	Importe \$	Importe USD		
<b>Infraestructura (Materiales)</b>	Dispositivos Li-Fi - 5% anual	\$ 163.206,00	\$2.603.135,70	5	ANUAL	\$ 8.160,30	\$ 130.156,79	\$ 8.160,30		
	<b>Costos de importación AMERICA LI-FI (CHILE)</b>						\$2.090,31	\$ 33.340,44	\$ 2.090,31	
	Dispositivos ESL - 7% anual (+2% por vandalismo y rotura)	255.000,00 €	\$4.577.250,00	7	ANUAL	17.850,00 €	\$ 320.407,50	\$ 20.088,24		
	<b>Costos de importación PRICER (ESPAÑA)</b>						\$7.296,74	\$ 116.383,00	\$ 7.296,74	
	Resto de materiales - 5% anual		\$ 185.965,00	5	ANUAL		\$ 9.298,25	\$ 582,96		
<b>Mantenimiento de infraestructura</b>	30% anual		\$ 126.000,00	30	ANUAL		\$ 37.800,00	\$ 2.369,91		
<b>Mantenimiento del software</b>	1° año - 25%		\$ 44.000,00	25	1° AÑO		\$ 11.000,00	\$ 689,66		
	Siguientes 4 años - 15% anual		\$ 44.000,00	15	2° A 5° AÑO		\$ 6.600,00	\$ 413,79		



INGRESOS									
Ítem	Descripción	Precio USD/Euro	Precio \$	Fuente	Cant. Req.	UM	Observaciones	Importe \$	Importe USD
<b>Ahorro de papel</b>	Resma Papel tipo obra 90g/m2 - Resma por 500hojas A4		\$ 350,00	Gráfica Eldorado SRL	98	u	ANUAL	\$ 34.300,00	\$ 2.150,47
<b>Ahorro de tóner</b>	Cartucho Tóner color negro HP 26A		\$ 2.428,00	HP Argentina (Tienda Online)	16	u	ANUAL	\$ 38.848,00	\$ 2.435,61
<b>Recambio de impresoras</b>	HP Laserjet Pro M402dn - Blanco y negro		\$ 6.000,00	HP Argentina (Tienda Online)	2	u	CADA 2,5 AÑOS	\$ 12.000,00	\$ 752,35
<b>Ahorro en mano de obra</b>	Sobre la base de 1 cambio de etiqueta por semana		\$ 106,23	Valor hora repositor (SEC)	4.334	hH	ANUAL	\$ 460.400,82	\$ 28.865,26
<b>Ahorro de energía eléctrica</b>	Valor ahorrado por hora de funcionamiento de las luminarias		\$ 60,39	Sobre la base de 36,83kW de ahorro por hora, a un precio de \$1,64 el kW/h	6.534	horas	ANUAL	\$ 394.588,26	\$ 24.739,08
<b>Ahorro en multas y apercibimientos</b>	Ingreso generado por no tener que pagar multas ni apercibimientos por inconsistencias en los precios exhibidos/Informados		\$ 77.200,00	Ley Nacional de defensa del consumidor N°22.240	4	reclamos	ANUAL	\$ 308.800,00	\$ 19.360,50

Costos de importación desde Chile en la compra inicial:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	\$172.310,00
COSTOS DE ENVIO	\$772,00
SEGURO	\$1.730,82

Transporte desde Santiago de Chile  
vía terrestre (~ 300kg)  
1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	10,50%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital  
Artículos de Informática  
Artículos para consumo final  
El doble de lo normal por no tener CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$174.812,82
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$861,55
Base IVA	\$175.674,37
IVA	\$18.445,81
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$10.540,46
Ingresos Brutos	\$2.635,12
Comisión Despachante	\$1.748,13
TOTAL en Destino	\$209.053,89
<b>Costos de importación</b>	<b>\$36.743,89</b>

FOB + ENVIO + SEGURO  
FOB \* % DDII  
FOB \* % Tasa Est.  
CIF+DDII+Tasa Est.  
Base IVA \* % IVA  
Base IVA \* % IVA Adic.  
Base IVA \* % Imp. Gan.  
Base IVA \* % IIBB  
CIF \* % Com. Desp.  
CIF+DDII+Tasa Est.+IVA+IVA adic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.  
Total en Destino - FOB

Costos de importación desde Chile en la compra anual para mantenimiento:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	\$8.160,30
COSTOS DE ENVIO	\$320,00
SEGURO	\$84,80

Transporte desde Santiago de Chile  
vía terrestre (hasta 50kg)  
1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	10,50%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital  
Artículos de Informática  
Artículos para consumo final  
El doble de lo normal por no tener CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$8.565,10
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$40,80
Base IVA	\$8.605,90
IVA	\$903,62
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$516,35
Ingresos Brutos	\$129,09
Comisión Despachante	\$85,65
TOTAL en Destino	\$10.250,61
<b>Costos de importación</b>	<b>\$2.090,31</b>

FOB + ENVIO + SEGURO  
FOB \* % DDII  
FOB \* % Tasa Est.  
CIF+DDII+Tasa Est.  
Base IVA \* % IVA  
Base IVA \* % IVA Adic.  
Base IVA \* % Imp. Gan.  
Base IVA \* % IIBB  
CIF \* % Com. Desp.  
CIF+DDII+Tasa est.+IVA+IVAadic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.  
Total en Destino - FOB

Costos de importación desde España en la compra inicial:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	260.100,00 €
COSTOS DE ENVIO	660,00 €
SEGURO	2.607,60 €

Transporte desde Barcelona  
vía marítima (contenedor de 20 pies)  
1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	21,00%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital  
Artículos electrónicos  
Artículos para consumo final  
El doble de lo normal por no tener CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$296.391,75
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$1.463,57
Base IVA	\$297.855,32
IVA	\$62.549,62
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$17.871,32
Ingresos Brutos	\$4.467,83
Comisión Despachante	\$2.963,92
TOTAL en Destino	\$385.718,01
<b>Costos de importación</b>	<b>\$93.003,59</b>

FOB + ENVIO + SEGURO  
FOB \* %DDII  
FOB \* %Tasa Est.  
CIF+DDII+Tasa Est.  
Base IVA \* %IVA  
Base IVA \* %IVA Adic.  
Base IVA \* %Imp. Gan.  
Base IVA \* %IIBB  
CIF \* %Com. Desp.  
CIF+DDII+Tasa Est.+IVA+IVA adic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.  
Total en Destino - FOB

Costos de importación desde España en la compra anual para mantenimiento:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	17.850,00 €
COSTOS DE ENVIO	660,00 €
SEGURO	185,10 €

Transporte desde Barcelona vía marítima  
(contenedor de 20 pies)  
1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	21,00%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital  
Artículos electrónicos  
Artículos para consumo final  
El doble de lo normal por no tener CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$21.039,31
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$100,44
Base IVA	\$21.139,75
IVA	\$4.439,35
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$1.268,39
Ingresos Brutos	\$317,10
Comisión Despachante	\$210,39
TOTAL en Destino	\$27.384,98
<b>Costos de importación</b>	<b>\$7.296,74</b>

FOB + ENVIO + SEGURO  
FOB \* %DDII  
FOB \* %Tasa Est.  
CIF+DDII+Tasa Est.  
Base IVA \* %IVA  
Base IVA \* %IVA Adic.  
Base IVA \* %Imp. Gan.  
Base IVA \* %IIBB  
CIF \* %Com. Desp.  
CIF+DDII+Tasa Est.+IVA+IVA adic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.  
Total en Destino - FOB



**Detalle de costos e ingresos del modelo de negocio N°2:** Servicio de asistencia a pasajeros de subterráneo

COSTO INICIAL										
Ítem	Descripción	Precio USD/Euro	Precio \$	Fuente	Cant. Req.	UM	Observaciones	Importe USD/Euro	Importe \$	Importe USD
<b>MATERIALES</b>										
<b>Router Li-Fi</b>	Router OLEDComm LIFINET 150W	\$90,00	\$ 1.435,50	América Li-Fi (www.americali-fi.com)	462	u	42u. (~10%) extra	\$41.580,00	\$ 663.201,00	\$41.580,00
<b>Costos de importación AMERICA LI-FI (CHILE)</b>								\$9.227,24	\$ 147.174,48	\$9.227,24
<b>Micro-controlador PIC</b>	Arduino Mega 2560 R3		\$ 350,00	Candy-Ho Electronics (www.candy-ho.com)	80	u	8u. (~10%) extra		\$ 28.000,00	\$1.755,49
<b>Sensor de presión</b>	Sensor de ocupación de asiento		\$ 200,00	Candy-Ho Electronics (www.candy-ho.com)	1426	u	130u. (~10%) extra		\$ 285.200,00	\$17.880,88
<b>Switch 16 bocas</b>	Switch Gigabit TP-LINK TL-SG3216 - 16 bocas		\$ 2.825,00	OFIT (Mercado Libre)	3	u	1u. extra		\$ 8.475,00	\$531,35
<b>Switch 48 bocas</b>	Switch Gigabit TP-LINK TL-SG1048D - 48 bocas		\$ 5.400,00	OFIT (Mercado Libre)	16	u	4u. extra		\$ 86.400,00	\$5.416,93
<b>Cable UTP</b>	Cable UTP Bypronet Cat.5 Rollo x 305m		\$ 1.070,00	Dataycom (Mercado Libre)	34	u			\$ 36.380,00	\$2.280,88
<b>Ficha RJ45</b>	Terminal para cable UTP x100u		\$ 170,00	High Tec Electronics (Mercado Libre)	9	u			\$ 1.530,00	\$95,92
<b>Rack</b>	Minirack mural Quality Teck 19" para 6u.		\$ 2.100,00	AMB Distribuidora IT (Mercado Libre)	9	u			\$ 18.900,00	\$1.184,95
<b>Bandeja pasacable</b>	Bandeja 30cm x 3m (M2)		\$ 364,00	Centiluz (Mercado Libre)	184	u	17u. (~10%) Extra		\$ 66.976,00	\$4.199,12
<b>Soportes bandeja pasacable</b>	Soporte G + Varilla roscada (pack x 5u)		\$ 193,00	Centiluz (Mercado Libre)	92	u	8u. (~10%) Extra		\$ 17.756,00	\$1.113,23
<b>MANO DE OBRA</b>										
<b>Instalación de sensores y configuración en formaciones</b>	Instalación de sensores de ocupación de asiento		\$ 850,00	Matesoft Ingeniería	360	hH			\$ 306.000,00	\$19.184,95



<b>Instalación infraestructura de red en estación de subterráneo</b>	Cableado y configuración de dispositivos de red		\$ 650,00	Ondra S.R.L.	250	hH			\$ 162.500,00	\$10.188,09
<b>Desarrollo de Software</b>	Desarrollo de aplicación Mobile		\$ 550,00	Mil24 Soluciones y Software S.A.	320	hH			\$ 176.000,00	\$11.034,48

MANTENIMIENTO									
Ítem	Descripción	Base USD/Euro	Base \$	Tasa (%)	Observaciones	Importe USD/Euro	Importe \$	Importe USD	
<b>Infraestructura (Materiales)</b>	Dispositivos Li-Fi - 5% anual	\$ 37.800,00	\$602.910,00	5	ANUAL	\$ 1.890,00	\$30.145,50	\$1.890,00	
	<b>Costos de importación AMERICA LI-FI (CHILE)</b>						\$787,34	\$12.558,07	\$787,34
	Sensores de presión - 15% anual (+10% por vandalismo y uso intensivo)		\$ 259.200,00	15	ANUAL		\$38.880,00	\$2.437,62	
	Resto de los materiales - 5% anual		\$ 229.460,00	5	ANUAL		\$11.473,00	\$719,31	
<b>Mantenimiento de infraestructura</b>	Mantenimiento en formaciones - 40% anual		\$ 306.000,00	40	ANUAL		\$122.400,00	\$7.673,98	
	Mantenimiento en estaciones - 30% anual		\$ 162.500,00	30	ANUAL		\$48.750,00	\$3.056,43	
<b>Mantenimiento del software</b>	1° año - 25%		\$ 176.000,00	25	1° AÑO		\$44.000,00	\$2.758,62	
	Siguientes 4 años - 20% anual		\$ 176.000,00	20	2° A 5° AÑO		\$ 35.200,00	\$ 2.206,90	

INGRESOS									
Item	Descripción	Precio USD/Euro	Precio \$	Fuente	Cant. Req.	UM	Observaciones	Importe \$	Importe USD
<b>Publicidad en la App</b>	Ingresos por la inclusión de un banner de publicidad en la aplicación mobile	0,20 €	\$ 3,59	Google AdSense	105.600	Clics	1° AÑO	\$ 379.104,00	\$23.768,28
		0,24 €	\$ 4,31		194.040	Clics	2° AÑO	\$ 836.312,40	\$52.433,38
		0,26 €	\$ 4,67		232.848	Clics	3° a 5° AÑO	\$ 1.087.400,16	\$68.175,56



Costos de importación desde Chile en la compra inicial:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	\$41.580,00
COSTOS DE ENVIO	\$480,00
SEGURO	\$420,60

Transporte desde Santiago de Chile  
vía terrestre (~ 80kg)  
1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	10,50%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital  
Artículos de Informática  
Artículos para consumo final  
El doble de lo normal por no tener CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$42.480,60
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$207,90
Base IVA	\$42.688,50
IVA	\$4.482,29
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$2.561,31
Ingresos Brutos	\$640,33
Comisión Despachante	\$424,81
TOTAL en Destino	\$50.807,24
<b>Costos de importación</b>	<b>\$9.227,24</b>

FOB + ENVIO + SEGURO  
FOB \* % DDII  
FOB \* % Tasa Est.  
CIF+DDII+Tasa Est.  
Base IVA \* % IVA  
Base IVA \* % IVA Adic.  
Base IVA \* % Imp. Gan.  
Base IVA \* % IIBB  
CIF \* % Com. Desp.  
CIF+DDII+Tasa Est.+IVA+IVA adic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.  
Total en Destino - FOB

Costos de importación desde Chile en la compra anual para mantenimiento:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	\$1.890,00
COSTOS DE ENVIO	\$320,00
SEGURO	\$22,10

Transporte desde Santiago de Chile  
vía terrestre (hasta 50kg)  
1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	10,50%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital  
Artículos de Informática  
Artículos para consumo final  
El doble de lo normal por no tener CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$2.232,10
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$9,45
Base IVA	\$2.241,55
IVA	\$235,36
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$134,49
Ingresos Brutos	\$33,62
Comisión Despachante	\$22,32
TOTAL en Destino	\$2.677,34
<b>Costos de importación</b>	<b>\$787,34</b>

FOB + ENVIO + SEGURO  
FOB \* %DDII  
FOB \* %Tasa Est.  
CIF+DDII+Tasa Est.  
Base IVA \* %IVA  
Base IVA \* %IVA Adic.  
Base IVA \* %Imp. Gan.  
Base IVA \* %IIBB  
CIF \* %Com. Desp.  
CIF+DDII+Tasa Est.+IVA+IVA adic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.  
Total en Destino - FOB



**Detalle de costos e ingresos del modelo de negocio N°3:** Servicio de información vial a través del alumbrado público

COSTO INICIAL										
Item	Descripción	Precio USD/Euro	Precio \$	Fuente	Cant. Req.	UM	Observaciones	Importe USD/Euro	Importe \$	Importe USD
<b>MATERIALES</b>										
<b>Router Li-Fi</b>	Router OLEDComm LIFINET 150W	\$90,00	\$ 1.435,50	América Li-Fi (www.americalfi.com)	108	u	10u. (~10%) extra	\$9.720,00	\$ 155.034,00	\$9.720,00
<b>Costos de importación AMERICA LI-FI (CHILE)</b>								\$2.414,43	\$ 38.510,16	\$2.414,43
<b>Modem GSM</b>	Modem GSM Huawei E3531		\$ 475,00	Techno Space (Mercado Libre)	108	u	10u. (~10%) extra		\$ 51.300,00	\$3.216,30
<b>Router GSM-USB</b>	Router GSM TP-LINK TL-MR3020		\$ 420,00	Reflex Computación (Mercado Libre)	108	u	10u. (~10%) extra		\$ 45.360,00	\$2.843,89
<b>Cable UTP</b>	Cable UTP Bypronet Cat.5 Rollo x 305m		\$ 1.070,00	Dataycom (Mercado Libre)	1	u			\$ 1.070,00	\$67,08
<b>Ficha RJ45</b>	Terminal para cable UTP x100u		\$ 170,00	High Tec Electronics (Mercado Libre)	3	u			\$ 510,00	\$31,97
<b>Caja estanca de PVC</b>	Caja de pase PVC IP65 Rocker PR1011-108		\$ 610,00	Electro Flores (Mercado Libre)	108	u	10u. (~10%) extra		\$ 65.880,00	\$4.130,41
<b>MANO DE OBRA</b>										
<b>Instalación infraestructura de red en alumbrado público</b>	Cableado y configuración de dispositivos de red		\$ 1.150,00	Ondra S.R.L.	120	hH			\$ 138.000,00	\$8.652,04
<b>Desarrollo de Software</b>	Desarrollo de aplicación Mobile		\$ 550,00	Mil24 Soluciones y Software S.A.	250	hH			\$ 137.500,00	\$441,00



MANTENIMIENTO								
Item	Descripción	Base USD/Euro	Base \$	Tasa (%)	Observaciones	Importe USD/Euro	Importe \$	Importe USD
Infraestructura (Materiales)	Dispositivos Li-Fi - 5% anual	\$ 8.820,00	\$ 140.679,00	5	ANUAL	\$ 441,00	\$ 7.033,95	\$ 441,00
	Costos de importación AMERICA LI-FI (CHILE)					\$ 486,26	\$ 7.755,85	\$ 486,26
	Resto de materiales - 5% anual		\$ 149.070,00	5	ANUAL		\$ 7.453,50	\$ 467,30
Mantenimiento de infraestructura	30% anual		\$ 138.000,00	30	ANUAL		\$ 41.400,00	\$ 2.595,61
	3 operadores (Cat. Administrativo C - SEC)		\$ 15.174,90	3 x 13 sueldos mensuales	ANUAL		\$ 591.821,10	\$ 37.104,77
Mantenimiento del software	1° año - 25%		\$ 137.500,00	25	1° AÑO		\$ 34.375,00	\$ 2.155,17
	Siguientes 4 años - 20% anual		\$ 137.500,00	20	2° A 5° AÑO		\$ 27.500,00	\$ 1.724,14

INGRESOS									
Ítem	Descripción	Precio USD/Euro	Precio \$	Fuente	Cant. Req.	UM	Observaciones	Importe \$	Importe USD
Publicidad en la App	Ingresos por la inclusión de un banner de publicidad en la aplicación mobile	0,20 €	\$ 3,59	Google AdSense	105.600	Clics	1° AÑO	\$ 379.104,00	\$ 23.768,28
		0,24 €	\$ 4,31		194.040	Clics	2° AÑO	\$ 836.312,40	\$ 52.433,38
		0,26 €	\$ 4,67		232.848	Clics	3° a 5° AÑO	\$ 1.087.400,16	\$ 68.175,56

Costos de importación desde Chile en la compra inicial:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	\$9.720,00
COSTOS DE ENVIO	\$320,00
SEGURO	\$100,40

Transporte desde Santiago de Chile  
vía terrestre (hasta 50kg)

1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	10,50%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital

Artículos de Informática

Artículos para consumo final

El doble de lo normal por no tener CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$10.140,40
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$48,60
Base IVA	\$10.189,00
IVA	\$1.069,85
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$611,34
Ingresos Brutos	\$152,84
Comisión Despachante	\$101,40
TOTAL en Destino	\$12.134,43
<b>Costos de importación</b>	<b>\$2.414,43</b>

FOB + ENVIO + SEGURO

FOB \* %DDII

FOB \* %Tasa Est.

CIF+DDII+Tasa Est.

Base IVA \* %IVA

Base IVA \* %IVA Adic.

Base IVA \* %Imp. Gan.

Base IVA \* %IIBB

CIF \* %Com. Desp.

CIF+DDII+Tasa Est.+IVA+IVA adic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.

Total en Destino - FOB

Costos de importación desde Chile en la compra anual para mantenimiento:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	\$441,00
COSTOS DE ENVIO	\$320,00
SEGURO	\$7,61

Transporte desde Santiago de Chile  
vía terrestre (hasta 50kg)

1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	10,50%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital

Artículos de Informática

Artículos para consumo final

El doble de lo normal por no tener  
CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$768,61
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$2,21
Base IVA	\$770,82
IVA	\$80,94
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$46,25
Ingresos Brutos	\$11,56
Comisión Despachante	\$7,69
TOTAL en Destino	\$927,26
<b>Costos de importación</b>	<b>\$486,26</b>

FOB + ENVIO + SEGURO

FOB \* %DDII

FOB \* %Tasa Est.

CIF+DDII+Tasa Est.

Base IVA \* %IVA

Base IVA \* %IVA Adic.

Base IVA \* %Imp. Gan.

Base IVA \* %IIBB

CIF \* %Com. Desp.

CIF+DDII+Tasa Est.+IVA+IVA adic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.

Total en Destino - FOB

**Detalle de costos e ingresos del modelo de negocio N°4: Mediateca desatendida**

COSTO INICIAL										
Ítem	Descripción	Precio USD/Euro	Precio \$	Fuente	Cant. Req.	UM	Observaciones	Importe USD/Euro	Importe \$	Importe USD
<b>MATERIALES</b>										
<b>Router Li-Fi</b>	Router OLEDComm LIFINET INTRA 150W	\$166,00	\$ 2.647,70	América Li-Fi (www.americalifi.com)	62	u	6u. (~10%) extra	\$10.292,00	\$ 164.157,40	\$10.292,00
<b>Tablet Li-Fi</b>	Tablet OLEDComm 8"	\$170,00	\$ 2.711,50	América Li-Fi (www.americalifi.com)	88	u	8u. (~10%) extra	\$14.960,00	\$ 238.612,00	\$14.960,00
<b>Dongle USB Li-Fi</b>	Dongle trans-receptor OLEDComm LI-FINET	\$88,00	\$ 1.403,60	América Li-Fi (www.americalifi.com)	88	u	8u. (~10%) extra	\$7.744,00	\$ 123.516,80	\$7.744,00
<b>Costos de importación AMERICA LI-FI (CHILE)</b>								\$7.251,17	\$ 115.656,16	\$7.251,17
<b>Luminaria LED</b>	Panel Macroled CPS-E4A48-P8-840 48W 4000K		\$ 1.300,00	Lighthouse S.R.L. (Mercado Libre)	267	u	25u. (~10%) extra		\$ 347.100,00	\$21.761,76
<b>Driver LED</b>	Driver PowerSwitch S-350-24 24V 350W		\$ 1.300,00	Lighthouse S.R.L. (Mercado Libre)	91	u	9u. (~10%) extra		\$ 118.300,00	\$7.416,93
<b>Servidor</b>	Hp Proliant ML110 Gen 9 (Intel Xeon Quad Core 8g RAM SDDR4)		\$ 29.000,00	HP Argentina (Tienda Online)	1	u			\$ 29.000,00	\$1.818,18
<b>Memoria RAM</b>	Módulo HP SDDR4 8GB 2400MHz		\$ 5.000,00	HP Argentina (Tienda Online)	3	u			\$ 15.000,00	\$940,44
<b>Almacenamiento</b>	HDD Western Digital Gold Datacenter Storage 4TB		\$ 7.100,00	Western Digital Argentina (Tienda Online)	2	u			\$ 14.200,00	\$890,28
<b>Respaldo</b>	NAS Qnap TS-231 + 2 x Seagate NAS Drive 4TB		\$ 14.500,00	TL Informática (Mercado Libre)	1	u			\$ 14.500,00	\$909,09
<b>UPS</b>	APC BX800CI 800W		\$ 2.911,00	APC Soluciones (Tienda Online)	1	u			\$ 2.911,00	\$182,51
<b>Sistema Operativo</b>	Microsoft Windows Server 2012 R2 Datacenter		\$ 2.500,00	Naga Computación	1	u			\$ 2.500,00	\$156,74



<b>Impresora</b>	HP Laserjet Pro M402dn - Blanco y negro		\$ 6.000,00	HP Argentina (Tienda Online)	10	u	2u. extra		\$ 60.000,00	\$3.761,76
<b>Switch 16 bocas</b>	Switch Gigabit TP-LINK TL-SG3216 - 16 bocas		\$ 2.825,00	OFIT (Mercado Libre)	2	u	1u. Extra		\$ 5.650,00	\$354,23
<b>Switch 24 bocas</b>	Switch Gigabit TP-LINK TL-SG1024 - 24 bocas		\$ 1.948,00	OFIT (Mercado Libre)	6	u	2u. Extra		\$ 11.688,00	\$732,79
<b>Cable UTP</b>	Cable UTP GLC Cat.6 Rollo x 305m		\$ 3.099,00	01 Electrónica (Mercado Libre)	5	u			\$ 15.495,00	\$971,47
<b>Ficha RJ45</b>	Terminal para cable UTP x100u		\$ 170,00	High Tec Electronics (Mercado Libre)	2	u			\$ 340,00	\$21,32
<b>Rack</b>	Minirack mural Quality Teck 19" para 6u.		\$ 2.100,00	AMB Distribuidora IT (Mercado Libre)	3	u			\$ 6.300,00	\$394,98
<b>Bandeja pasacable</b>	Bandeja 30cm x 3m (M2)		\$ 364,00	Centiluz (Mercado Libre)	44	u	4u. (10%) Extra		\$ 16.016,00	\$1.004,14
<b>Soportes bandeja pasacable</b>	Soporte G + Varilla roscada (pack x 5u)		\$ 193,00	Centiluz (Mercado Libre)	22	u	2u. (10%) Extra		\$ 4.246,00	\$266,21
<b>MANO DE OBRA</b>										
<b>Instalación infraestructura de red</b>	Cableado y configuración de dispositivos de red		\$ 450,00	Ondra S.R.L.	80	hH			\$ 36.000,00	\$2.257,05
<b>Desarrollo de Software</b>	Desarrollo de software de búsqueda y consumo de contenidos		\$ 550,00	Mil24 Soluciones y Software S.A.	350	hH			\$ 192.500,00	\$12.068,97





MANTENIMIENTO									
Ítem	Descripción	Base USD/Euro	Base \$	Tasa (%)	Observaciones	Importe USD/Euro	Importe \$	Importe USD	
<b>Infraestructura (Materiales)</b>	Tablet y Dongle Li-Fi - 10% anual (+5% por vandalismo)	\$ 20.640,00	\$329.208,00	10	ANUAL	\$ 2.064,00	\$ 32.920,80	\$ 2.064,00	
	Resto de equipamiento Li-Fi - 5%	\$ 9.296,00	\$148.271,20	5	ANUAL	\$ 464,80	\$ 7.413,56	\$ 464,80	
	<b>Costos de importación AMERICA LI-FI (CHILE)</b>						\$920,09	\$ 14.675,44	\$ 920,09
	Resto de materiales - 5% anual			\$ 177.283,00	5	ANUAL		\$ 8.864,15	\$ 555,75
<b>Mantenimiento de infraestructura</b>	2 técnicos informáticos (Cat. Administrativo C - SEC)		\$ 16.194,63	2 x 13 sueldos mensuales	ANUAL		\$ 421.060,38	\$ 26.398,77	
<b>Mantenimiento del software</b>	1° y 2° año - 25%		\$ 192.500,00	25	1° Y 2° AÑO		\$ 48.125,00	\$ 3.017,24	
	Siguientes 3 años - 20% anual		\$ 192.500,00	20	3° A 5° AÑO		\$ 38.500,00	\$ 2.413,79	



INGRESOS									
Ítem	Descripción	Precio USD/Euro	Precio \$	Detalle	Cant. Req.	UM	Observaciones	Importe \$	Importe USD
<b>Recuperación de espacio</b>	Ingresos por nuevos alumnos que ocuparán el espacio liberado y destinado a aulas		\$ 3.163.520,00	Ganancia generada por la ocupación del aula: 50% del valor de 40 aranceles de combos por turno (el otro 50% se cuenta como costo estructural para el mantenimiento del aula) menos el sueldo de 2 docentes por turno (tarifas vigentes al 03/17)	1	AULA	<b>3° AÑO</b>	\$3.163.520,00	\$198.339,81
			\$ 3.163.520,00		2	AULA	<b>4° AÑO</b>	\$6.327.040,00	\$396.679,62
			\$ 3.163.520,00		3	AULA	<b>5° AÑO</b>	\$9.490.560,00	\$595.019,44
<b>Ahorro de energía eléctrica</b>	Valor ahorrado por hora de funcionamiento de las luminarias		\$ 1,22	Sobre la base de 0,83kW de ahorro por hora, a un precio de \$1,64 el kW/h	4.394,5	horas	<b>ANUAL</b>	\$5.361,29	\$336,13
<b>Ahorro en sueldos de personal de biblioteca</b>	Valor ahorrado en personal de biblioteca por la liberación de un piso al terminar el 3° año (2 x 13 sueldos mensuales)		\$ 20.885,00	Sueldo mensual bruto vigente al 03/17 (Convenio colectivo SEDEBA)			<b>4° y 5° AÑO</b>	\$543.010,00	\$34.044,51

Costos de importación desde Chile en la compra inicial:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	\$32.996,00
COSTOS DE ENVIO	\$320,00
SEGURO	\$333,16

Transporte desde Santiago de Chile  
vía terrestre (hasta 50kg)  
1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	10,50%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital  
Artículos de Informática  
Artículos para consumo final  
El doble de lo normal por no tener CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$33.649,16
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$164,98
Base IVA	\$33.814,14
IVA	\$3.550,48
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$2.028,85
Ingresos Brutos	\$507,21
Comisión Despachante	\$336,49
TOTAL en Destino	\$40.247,17
<b>Costos de importación</b>	<b>\$7.251,17</b>

FOB + ENVIO + SEGURO  
FOB \* %DDII  
FOB \* %Tasa Est.  
CIF+DDII+Tasa Est.  
Base IVA \* %IVA  
Base IVA \* %IVA Adic.  
Base IVA \* %Imp. Gan.  
Base IVA \* %IIBB  
CIF \* %Com. Desp.  
CIF+DDII+Tasa Est.+IVA+IVA adic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.  
Total en Destino - FOB

Costos de importación desde Chile en la compra anual para mantenimiento:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	\$2.528,80
COSTOS DE ENVIO	\$320,00
SEGURO	\$28,49

Transporte desde Santiago de Chile  
vía terrestre (hasta 50kg)  
1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	10,50%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital  
Artículos de Informática  
Artículos para consumo final  
El doble de lo normal por no tener CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$2.877,29
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$12,64
Base IVA	\$2.889,93
IVA	\$303,44
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$173,40
Ingresos Brutos	\$43,35
Comisión Despachante	\$28,77
TOTAL en Destino	\$3.448,89
<b>Costos de importación</b>	<b>\$920,09</b>

FOB + ENVIO + SEGURO  
FOB \* %DDII  
FOB \* %Tasa Est.  
CIF+DDII+Tasa Est.  
Base IVA \* %IVA  
Base IVA \* %IVA Adic.  
Base IVA \* %Imp. Gan.  
Base IVA \* %IIBB  
CIF \* %Com. Desp.  
CIF+DDII+Tasa Est.+IVA+IVA adic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.  
Total en Destino - FOB



**Detalle de costos e ingresos del modelo de negocio N°5:** Servicio de consulta de historia clínica electrónica con seguridad inherente

COSTO INICIAL										
Ítem	Descripción	Precio USD/Euro	Precio \$	Fuente	Cant. Req.	UM	Observaciones	Importe USD/Euro	Importe \$	Importe USD
<b>MATERIALES</b>										
<b>Router Li-Fi</b>	Router OLEDComm LIFINET INTRA 150W	\$166,00	\$ 2.647,70	América Li-Fi (www.americalfi.com)	49	u	5u. (~10%) extra	\$8.134,00	\$ 129.737,30	\$8.134,00
<b>Tablet Li-Fi</b>	Tablet OLEDComm 8"	\$170,00	\$ 2.711,50	América Li-Fi (www.americalfi.com)	33	u	3u. (~10%) extra	\$5.610,00	\$ 89.479,50	\$5.610,00
<b>Dongle USB Li-Fi</b>	Dongle trans-receptor OLEDComm LI-FINET	\$88,00	\$ 1.403,60	América Li-Fi (www.americalfi.com)	33	u	3u. (~10%) extra	\$2.904,00	\$ 46.318,80	\$2.904,00
<b>Costos de importación AMERICA LI-FI (CHILE)</b>								\$3.854,07	\$ 61.472,42	\$3.854,07
<b>Luminaria LED</b>	Panel Macroled CPS-E4A48-P8-840 48W 4000K		\$ 1.300,00	Lighthouse S.R.L. (Mercado Libre)	242	u	22u. (~10%) extra		\$ 314.600,00	\$19.724,14
<b>Driver LED</b>	Driver PowerSwitch S-350-24 24V 350W		\$ 1.300,00	Lighthouse S.R.L. (Mercado Libre)	85	u	8u. (~10%) extra		\$ 110.500,00	\$6.927,90
<b>Switch 16 bocas</b>	Switch Gigabit TP-LINK TL-SG3216 - 16 bocas		\$ 2.825,00	OFIT (Mercado Libre)	2	u	1u. Extra		\$ 5.650,00	\$354,23
<b>Switch 24 bocas</b>	Switch Gigabit TP-LINK TL-SG1024 - 24 bocas		\$ 1.948,00	OFIT (Mercado Libre)	2	u	1u. Extra		\$ 3.896,00	\$244,26
<b>Switch 48 bocas</b>	Switch Gigabit TP-LINK TL-SG1048 - 48 bocas		\$ 5.450,00	OFIT (Mercado Libre)	2	u	1u. Extra		\$ 10.900,00	\$683,39
<b>Cable UTP</b>	Cable UTP GLC Cat.6 Rollo x 305m		\$ 3.099,00	01 Electrónica (Mercado Libre)	5	u			\$ 15.495,00	\$971,47
<b>Ficha RJ45</b>	Terminal para cable UTP x100u		\$ 170,00	High Tec Electronics (Mercado Libre)	2	u			\$ 340,00	\$21,32
<b>Rack</b>	Minirack mural Quality Teck 19" para 6u.		\$ 2.100,00	AMB Distribuidora IT (Mercado Libre)	2	u			\$ 4.200,00	\$263,32
<b>Bandeja pasacable</b>	Bandeja 30cm x 3m (M2)		\$ 364,00	Centiluz (Mercado Libre)	28	u	3u. (~10%) Extra		\$ 10.192,00	\$639,00



<b>Soportes bandeja pasacable</b>	Soporte G + Varilla roscada (pack x 5u)		\$ 193,00	Centiluz (Mercado Libre)	15	u	2u. (~10%) Extra		\$ 2.895,00	\$181,50
<b>MANO DE OBRA</b>										
<b>Instalación infraestructura de red</b>	Cableado y configuración de dispositivos de red		\$ 450,00	Ondra S.R.L.	80	hH			\$36.000,00	\$2.257,05
<b>Desarrollo de Software</b>	Desarrollo de software		\$ 550,00	Mil24 Soluciones y Software S.A.	250	hH			\$137.500,00	\$8.620,69

<b>MANTENIMIENTO</b>								
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Base USD/Euro</b>	<b>Base \$</b>	<b>Tasa (%)</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Importe USD/Euro</b>	<b>Importe \$</b>	<b>Importe USD</b>
<b>Infraestructura (Materiales)</b>	Dispositivos Li-Fi - 5% anual	\$ 15.044,00	\$239.951,80	5	ANUAL	\$ 752,20	\$ 11.997,59	\$ 752,20
	<b>Costos de importación AMERICA LI-FI (CHILE)</b>					\$550,91	\$ 8.787,01	\$ 550,91
	Resto de materiales - 5% anual		\$ 41.867,00	5	ANUAL		\$ 2.093,35	\$ 131,24
<b>Mantenimiento de infraestructura</b>	30% anual		\$ 36.000,00	30	ANUAL		\$ 10.800,00	\$ 677,12
<b>Mantenimiento del software</b>	1° año - 25%		\$ 137.500,00	25	1° AÑO		\$ 34.375,00	\$ 2.155,17
	Siguientes 4 años - 15% anual		\$ 137.500,00	15	2° A 5° AÑO		\$ 20.625,00	\$ 1.293,10



INGRESOS									
Item	Descripción	Precio USD/Euro	Precio \$	Detalle	Cant. Req.	UM	Observaciones	Importe \$	Importe USD
<b>Costo diferencial del servicio</b>	Incremento en la facturación por diferenciarse de sus competidores		\$ 4.000.000.000,00	0,0067% de la facturación anual del Grupo Swiss Medical (correspondiente al año 2016)	0,000067	Porcentaje	ANUAL	\$ 268.000,00	\$ 16.802,51
<b>Ahorro de energía eléctrica</b>	Valor ahorrado por hora de funcionamiento de las luminarias		\$ 1,10	Sobre la base de 0,83kW de ahorro por hora, a un precio de \$1,64 el kW/h	6570	horas	ANUAL	\$ 7.227,00	\$ 453,10
<b>Ahorro de punitivo por pérdida/robo de información</b>	Ingreso generado por no tener que pagar multas por pérdida o robo de datos sensibles		\$ 80.000,00	Valor de multa establecido por la Dirección Nacional de Protección de Datos Personales, cantidad de incidencias basadas en el Sexto Estudio Anual sobre Privacidad y seguridad de los datos de salud del Instituto Ponemon	1	incidente	2° AÑO	\$ 80.000,00	\$ 5.015,67
			\$ 80.000,00		2	incidente	4° AÑO	\$ 160.000,00	\$ 10.031,35

Costos de importación desde Chile en la compra inicial:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	\$16.648,00
COSTOS DE ENVIO	\$320,00
SEGURO	\$169,68

Transporte desde Santiago de Chile  
vía terrestre (hasta 50kg)  
1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	10,50%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital  
Artículos de Informática  
Artículos para consumo final  
El doble de lo normal por no tener CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$17.137,68
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$83,24
Base IVA	\$17.220,92
IVA	\$1.808,20
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$1.033,26
Ingresos Brutos	\$258,31
Comisión Despachante	\$171,38
TOTAL en Destino	\$20.502,07
<b>Costos de importación</b>	<b>\$3.854,07</b>

FOB + ENVIO + SEGURO  
FOB \* %DDII  
FOB \* %Tasa Est.  
CIF+DDII+Tasa Est.  
Base IVA \* %IVA  
Base IVA \* %IVA Adic.  
Base IVA \* %Imp. Gan.  
Base IVA \* %IIBB  
CIF \* %Com. Desp.  
CIF+DDII+Tasa Est.+IVA+IVA adic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.  
Total en Destino - FOB



Costos de importación desde Chile en la compra anual para mantenimiento:

PRODUCTOS	
PRECIO FOB	\$752,20
COSTOS DE ENVIO	\$320,00
SEGURO	\$10,72

Transporte desde Santiago de Chile  
vía terrestre (hasta 50kg)  
1% FOB + Envío

ALICUOTAS	
DERECHOS DE IMPORTACION	0,00%
TASA ESTADISTICA	0,50%
IVA	10,50%
IVA ADICIONAL	0,00%
IMPUESTO A LAS GANANCIAS	6,00%
INGRESOS BRUTOS	1,50%
COMISION DESPACHANTE	1,00%

Por ser bienes de capital  
Artículos de Informática  
Artículos para consumo final  
El doble de lo normal por no tener CVDI

OTROS	
TASA DE OFICIALIZACION DE ADUANA	\$10,00

RESULTADOS	
CIF (Base Imponible)	\$1.082,92
Derechos de Importación	\$0,00
Tasa Estadística	\$3,76
Base IVA	\$1.086,68
IVA	\$114,10
IVA Adicional	\$0,00
Impuesto a las Ganancias	\$65,20
Ingresos Brutos	\$16,30
Comisión Despachante	\$10,83
TOTAL en Destino	\$1.303,11
<b>Costos de importación</b>	<b>\$550,91</b>

FOB + ENVIO + SEGURO  
FOB \* % DDII  
FOB \* % Tasa Est.  
CIF+DDII+Tasa Est.  
Base IVA \* % IVA  
Base IVA \* % IVA Adic.  
Base IVA \* % Imp. Gan.  
Base IVA \* % IIBB  
CIF \* % Com. Desp.  
CIF+DDII+Tasa Est.+IVA+IVA adic.+  
+ImpGan+IIBB+ComDesp+TasaOfic.  
Total en Destino - FOB

## Anexo F: Características técnicas del equipamiento Li-Fi propuesto

### Router LIFINET de OLEDComm

ROUTER LIFINET	
Parámetros eléctricos	
Tensión de entrada	12-95V DC
Tensión de salida	12-95V DC
Corriente mínima de salida	300 mA
Potencia	150 W
Protección eléctrica	Cortocircuito y sobrecarga Protección térmica Sobre voltaje Conexión de entrada inversa Falla Li-Fi
Transmisión de datos	
Ancho de banda	10 Mb/s
Interface de entrada/salida de datos	RJ45 (Ethernet)
Estándar compatible	IEEE 802.15.7
Parámetros mecánicos	
Altura	32 mm
Largo	90 mm
Profundidad	81 mm
Peso	161 g
Temperatura de trabajo	-20°C / 60°C
Humedad de trabajo	10 - 80 %
Nivel de protección	IP54
Otros	
Certificación	CE/GS/CB/RoHS/TUV/SAA

 Tabla XXXIX: Especificaciones técnicas del router LIFINET de OLEDComm<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Fuente: <http://lifistore.com/es/routeurs-lifinet-intra/79-lifinet-data.html>

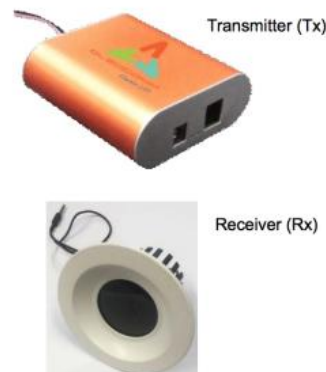

 Figura 46: Router LIFINET de OLEDComm<sup>28</sup>

### Router LIFINET INTRA de OLEDComm

ROUTER LIFINET INTRA	
Parámetros eléctricos	
Tensión de entrada	12-95V DC
Tensión de salida	12-95V DC
Corriente mínima de salida	300 mA
Potencia	150 W
Protección eléctrica	Cortocircuito y sobrecarga Protección térmica Sobre voltaje Conexión de entrada inversa Falla Li-Fi
Transmisión de datos	
Ancho de banda	10 Mb/s (bidireccional)
Interface de entrada/salida de datos	RJ45 (Ethernet)
Alcance del receptor	5 m
Estándar compatible	IEEE 802.15.7
Parámetros mecánicos	
Altura	32 mm
Largo	90 mm
Profundidad	81 mm
Peso	161 g
Temperatura de trabajo	-20°C / 60°C
Humedad de trabajo	10 - 80 %
Nivel de protección	IP54
Otros	
Certificación	CE/GS/CB/RoHS/TUV/SAA

 Tabla XXXX: Especificaciones técnicas del router LIFINET INTRA de OLEDComm<sup>29</sup>

<sup>28</sup> Fuente: <http://static.dnaindia.com/sites/default/files/2016/02/24/429778-oledcomm-lifi.jpg>


 Figura 47: Router LIFINET INTRA de OLEDComm<sup>30</sup>

### Dongle Li-Fi trans-receptor de OLEDComm

DONGLE LI-FI	
Transmisión de datos	
Ancho de banda	1 Mb/s (bidireccional)
Interface de entrada/salida de datos	Micro-USB
Distancia máxima de trabajo	5 m
Estándar compatible	IEEE 802.15.7
Parámetros mecánicos	
Altura	0,6 mm
Largo	5 mm
Profundidad	3 mm
Peso	20 g
Temperatura de trabajo	-20°C / 60°C
Humedad de trabajo	10 - 80 %
Nivel de protección	IP54
Otros	
Certificación	CE/GS/CB/RoHS/TUV/SAA

 Tabla XXXXI: Especificaciones técnicas del dongle Li-Fi trans-receptor de OLEDComm<sup>31</sup>

<sup>29</sup> Fuente: <http://lifistore.com/es/routeurs-lifinet-intra/79-lifinet-data.html>

<sup>30</sup> Fuente: <http://www.oledcomm.com/wp-content/uploads/LiFiNet-router-1-277x300.png>

<sup>31</sup> Fuente: <http://lifistore.com/es/26-accessoires-lifi>



Figura 48: Dongle Li-Fi trans-receptor de OLEDComm<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Fuente: [http://americalfi.com/wp/wp-content/uploads/2014/08/conector\\_usb.jpg](http://americalfi.com/wp/wp-content/uploads/2014/08/conector_usb.jpg)