

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

I. T. Telecomunicación (Sonido e Imagen)

---



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

# “ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA OLED”

***TRABAJO FIN DE CARRERA***

Autor:

**Maria Correcher Sánchez**

Director/es:

***Dr. Jaime García Rupérez***

***GANDIA, 2012***

# ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA OLED

*Autor:* Maria Correcher Sánchez

*Tutor:* Jaime García Rupérez

## *Resumen*

A lo largo del tiempo, la tecnología audiovisual ha avanzado notoriamente, desde el telégrafo hasta las pantallas planas. El descubrimiento de nuevos materiales electroluminiscentes y conductores, han hecho posible la fabricación de pantallas transparentes o flexibles, tanto a gran escala como a pequeña escala. Los dispositivos utilizados hoy en día como el LCD o LED son adecuados con respecto a las necesidades de cada persona pero, también tenemos que tener en cuenta que aunque cubran nuestras necesidades, tendemos a mejorar la tecnología en base al consumo energético, resolución, definición de imagen, variedad de colores y realismo visual en imágenes. El objetivo de este trabajo es ir un paso por delante en las tecnologías actuales y estudiar una nueva tecnología de pantallas que hace posible la creación de dispositivos con menor consumo, menor tamaño, de alta definición y adaptados a cualquier reproductor audiovisual, la tecnología OLED. Dicha innovación se basa en el uso de materiales orgánicos, principalmente polímeros, capaces de generar luz propia mediante un flujo de corriente y tensión. Además, su fabricación puede ser sencilla, ya que se basa en la superposición de capas de diversos materiales y, aunque algunos de estos dispositivos todavía están en fase de pruebas, tanto los dispositivos presentes como futuros prometen abarcar multitud de aplicaciones innovadoras.

Autor: Maria Correcher Sánchez, email: [macorsnc@epsg.upv.es](mailto:macorsnc@epsg.upv.es)

Fecha de entrega: 19-12-2012

**Índice**

<b>1. OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>8</b>
3.1. La luz.....	8
3.1.1. Teoría Corpuscular:.....	9
3.1.2. Teoría Ondulatoria .....	9
3.1.3. Dualidad onda-partícula.....	10
3.1.4. Radiación y materia .....	12
3.1.5. Electroluminiscencia.....	13
3.2. Diodos. ....	13
3.2.1. Semiconductores intrínsecos y extrínsecos. ....	13
3.2.2. Unión p-n. ....	14
a) La unión p-n polarizada.....	15
3.2.3. Diodo semiconductor. ....	17
3.2.4. Ecuación característica.....	17
3.3. Diodos LED.....	18
<b>4. OLED .....</b>	<b>21</b>
4.1. Estructura básica.....	22
4.2. Principio de funcionamiento.....	23
4.3. Metodología empleada para su implementación. ....	25
4.4. Tipos de OLED.....	27
4.4.1. SM-OLED (Small-Molecule OLED). ....	27
4.4.2. PLED (Polymer LED).....	28
4.4.3. TOLED (Transparent OLED) .....	29
4.4.4. SOLED (Stacked OLED).....	31
4.4.5. FOLED (Flexible OLED).....	31
4.4.6. WOLED (White OLED).....	33
<b>5. APLICACIONES.....</b>	<b>36</b>
5.1. Aplicaciones domesticas: .....	36
5.2. Aplicaciones automovilísticas: .....	38
5.3. Aplicaciones medicas: .....	39
5.4. Aplicaciones militares: .....	40
5.5. Otras aplicaciones.....	42
<b>6. PATENTES.....</b>	<b>44</b>
6.1. Eastman Kodak.....	44
6.2. Cambridge Display Technology.....	46
6.3. Universal Display Corporation.....	47
6.4. Dow Chemical.....	48
6.5. Covion.....	48
6.6. Idemitsu Kosan.....	49
6.7. DuPont.....	50

<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.</b> .....	<b>52</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>53</b>
<b>9.</b>	<b>AGRADECIMIENTOS.</b> .....	<b>55</b>

## 1. OBJETIVOS

Este proyecto tiene como objetivo principal el estudio de la tecnología OLED a nivel teórico y estructural. A diferencia de las tecnologías en pantallas conocidas actualmente, este tipo de tecnología está en fase de investigación aunque se hayan desarrollado algunas aplicaciones con su uso.

El éxito o fracaso de este tipo de tecnología dependerá de las ventajas que podría conllevar su uso en aspectos como el precio, calidad, rendimiento, consumo energético y aplicaciones prácticas e innovadoras, en las que este tipo de dispositivos proporcionen ventajas significativas. Estos aspectos se discutirán a lo largo de la exposición de este trabajo.

Además de tratar el campo de la electrónica, se tratará también el campo de la química. Los OLED se caracterizan por estar contruidos por una película orgánica emisora de luz, la cual no está presente en la naturaleza. Por tanto, para su obtención es necesaria una síntesis en un laboratorio, que mediante su dopaje, hace posible la luminiscencia del material a partir de una corriente eléctrica.

La metodología empleada para la realización de este proyecto se basa en la búsqueda bibliográfica en profundidad. Al ser una tecnología en desarrollo, la búsqueda de información es dificultosa tanto en formato digital como en formato escrito. Dicha búsqueda, adquiere especial relevancia en la búsqueda concreta de los materiales utilizados en su fabricación, ya que hay pequeñas variaciones estructurales según la función que vaya a realizar el dispositivo.

El resultado de este proyecto conformará un estudio detallado de la posible fabricación de un dispositivo OLED y podría servir de manual para ello. En cualquier caso, siempre habrá que tener en cuenta las variaciones derivadas de cada tipo de tecnología OLED en particular. La investigación y el desarrollo de los dispositivos aun no son definitivos, pero se intentará reflejar en este proyecto lo que hoy en día se está desarrollando.



## 2. INTRODUCCIÓN

Ni siquiera en los años que lleva la tecnología LED en funcionamiento (desde los años 60) los grandes visionarios del cine, como Steven Spielberg, no pudieron imaginar el alcance de esta tecnología, ya que a lo largo del tiempo, la tecnología audiovisual ha avanzado notoriamente, desde la bombilla de Thomas Edison, pasando por los tubos de rayos catódicos hasta los LEDs, que a día de hoy, han evolucionado hasta el punto de desarrollar nuevas tecnologías de este tipo: la tecnología OLED.

Esta tecnología, tiene una base científica-teórica aplicada en la física de la luz, en la conversión de energía eléctrica en energía lumínica y reacciones químicas en materiales orgánicos electroluminiscente.

La sencillez de fabricación de estos dispositivos y sus ventajas de aplicación ayudan a que cada día se intente dar un paso más hacia delante, además de abordar retos casi inimaginables. No es tan fácil, la búsqueda de recursos compatibles con las funciones y características de estos nuevos dispositivos. Se están investigando futuros usos de los LEDs: con la tecnología OLED se esperan conseguir cristales capaces de volverse ópticamente opacos o capaces de proyectar alguna imagen. También, teniendo en cuenta las propiedades del ITO (Indium Tin Oxide u Óxido de Indio-Estaño), pueden ser relativamente maleables.

Al principio, los LEDs eran únicamente luces piloto indicativas, sin embargo, estas luces ya se aplican a pantallas de gran tamaño con píxeles de esta tecnología en dimensiones microscópicas, pudiendo así, proyectar imágenes en alta definición. La calidad de imagen y aspectos como el brillo y el contraste, muy característicos en dispositivos de este tipo, mejoran nuestra calidad visual a la hora utilizar aplicaciones tanto para uso domestico como para un uso más profesional.

Hoy en día, la realidad supera la ficción. Podemos interactuar en escenarios virtuales, proporcionando ocio y diversión y podemos ver películas de cine saliendo de nuestras pantallas. Todo ello es posible gracias a los avances tecnológicos conseguidos en el área de la comunicación.

Así pues, podríamos tener un reloj de cama y después convertirlo en un reloj de pulsera, que al llegar al coche pudiéramos usarlo como GPS moldeando la forma del dispositivo y cambiando su uso en diferentes situaciones o, simplemente, pudiéramos ver la televisión o navegar por internet a través de una ventana de nuestro hogar.

### 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este apartado se introducirán los fundamentos teóricos más importantes para poder entender al detalle la formación de la luz, sus fundamentos y propiedades, siguiendo por la transducción de energía eléctrica a energía lumínica. Además, se tratará el avance tecnológico que supuso la utilización de materiales semiconductores y su evolución hasta la formación de los LEDs actuales.

#### 3.1. La luz

La luz es la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano. Dentro del espectro radioeléctrico, la luz corresponde al rango de longitudes de onda comprendido entre 400 nm (violeta) y 750 nm (rojo). Esto sitúa a la luz, en frecuencia, entre la radiación ultravioleta e infrarroja, por debajo de la radiación X y por encima de las microondas como se muestra en la Figura 1. Espectro radioeléctrico..

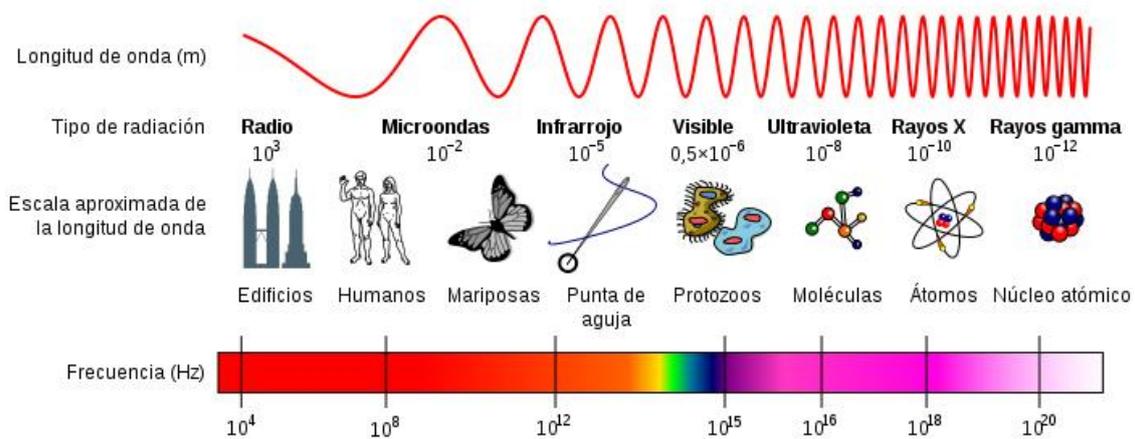


Figura 1. Espectro radioeléctrico.

Su velocidad de propagación es de  $3 \cdot 10^8$  m/s en el vacío. Sin embargo, al propagarse a través de la materia, dicha velocidad disminuye dependiendo de las propiedades dieléctricas del medio por el que se transmita y de la energía de luz generada.

La luz presenta una naturaleza compleja: depende de cómo se observe se manifestará como una onda o como una partícula. Estos dos estados no se excluyen, sino que son complementarios (véase 3.1.3. *Dualidad onda-partícula*). Sin embargo, para obtener un estudio claro y conciso de su naturaleza, podemos clasificar los distintos fenómenos en los que participa según su interpretación teórica:

### 3. 1. 1. *Teoría Corpuscular:*

La teoría corpuscular estudia la luz como si fuera un flujo de partículas sin carga ni masa llamada fotones, capaces de portar todas las formas de radiación electromagnética. Esta teoría surgió debido a que la luz en sus interacciones con la materia, intercambia energía solo en cantidades discretas de energía denominadas cuantos. Este hecho es difícil de combinar con la idea de que la luz se emita en forma de ondas, pero es fácilmente visualizado en fotones.

Varios fenómenos inducen a la idea del carácter corpuscular de la luz. Uno de ellos consiste en la radiación del **cuerpo negro**. Desde el punto de vista teórico, un cuerpo negro es aquel radiador capaz de absorber toda la luz que incide sobre él, emitiendo sólo luz debido a radiación térmica del propio cuerpo. Este emisor ideal permite estudiar el intercambio de energía que existe radiación y materia, desprendiéndose de él conceptos como la temperatura de color.

No obstante, la distribución de frecuencias observadas de la radiación emitida por el cuerpo a una temperatura dada, no correspondían con las predicciones teóricas de la física clásica. Para ello, Max Plank a principios del siglo XX, postuló que para ser correctamente descrito el espectro frecuencial era necesario asumir que la luz es absorbida por múltiplos enteros de un cuanto de energía.

Un experimento que apoya esta teoría se puede realizar dirigiendo haces de luz muy potentes sobre dos espejos situados en los extremos de una barra con capacidad de giro. Debido a la **presión lumínica** o **luminosa** se observa un desplazamiento de los espejos, como si fueran empujados por los haces de fotones.

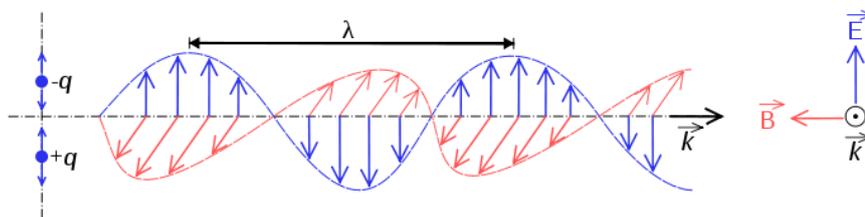
A pesar de los fenómenos de la luz que pueden ser explicados por la teoría corpuscular en cuanto a la interacción discreta con la materia, esta teoría carece de explicación para los efectos de propagación a través de materia (o vacío). Por esta razón, a lo largo de la historia esta teoría fue rivalizando con la teoría ondulatoria, llevando a épocas en las que una de las dos teorías obtenía mayor importancia en función de los hallazgos descubiertos hasta la fecha.

### 3. 1. 2. *Teoría Ondulatoria*

La teoría ondulatoria fue desarrollada formalmente por Christian Huygens como explicación alternativa a la teoría corpuscular defendida por Isaac Newton equivocada en cuanto a propagación a través de la materia. Sin embargo, dado que

no existían métodos de medida y debido a la reputación de Newton en la comunidad científica, su teoría permaneció vigente frente a la de Huygens.

Esta interpretación de la luz la considera como una onda electromagnética, formada por un campo eléctrico variable en el tiempo asociado a otro magnético. Esto es debido a que un campo eléctrico variable genera un campo magnético variable (ley de Ampère), pero a su vez uno magnético genera otro eléctrico (ley de Faraday). Con lo cual, la onda se propaga mediante la realimentación entre campo eléctrico y magnético. Esta cualidad es la que permite a la luz desplazarse sin necesidad de un cuerpo material, el vacío.



**Figura 2:** Vista lateral (izquierda) de una onda electromagnética a lo largo de un instante y vista frontal (derecha) de la misma en un momento determinado. De color rojo se representa el campo magnético y de azul el eléctrico.

Entre las aportaciones a esta teoría destaca la que realizó Michael Faraday en 1845 al descubrir que mediante un campo magnético se podía modificar el ángulo de polarización de la luz, por lo que se demostraba el carácter electromagnético de la luz. Más adelante James Clerk Maxwell, realizó su estudio matemático sobre las ondas electromagnéticas, obteniendo las famosas ecuaciones de Maxwell que pone de manifiesto la relación entre campo eléctrico y magnético. Así, se llegó a la conclusión de que estas ondas se propagaban a una velocidad constante que coincidía con la velocidad de propagación de la luz y de que no necesitaban de un medio físico para propagarse debido a la autoinducción.

Sin embargo, hasta las confirmaciones experimentales de la teoría de Maxwell y la medición de la velocidad de propagación de la luz a través de diversos materiales, no se disiparon las dudas acerca de la naturaleza ondulatoria de la luz.

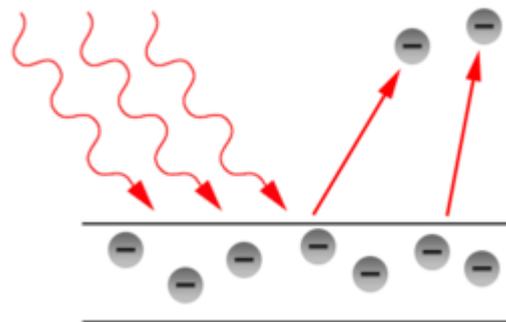
### 3. 1. 3. Dualidad onda-partícula

A finales del siglo XIX, se fueron encontrando nuevos efectos que no se podían explicar suponiendo que la luz fuese una onda, entre ellos se encuentra el **efecto fotoeléctrico**. En él se observa como la energía que transporta la onda

electromagnética interacciona energéticamente con la materia con las propiedades de absorción y emisión conocidas por las partículas.

La manifestación de esta propiedad en distintos experimentos reabrió el debate entre la comunidad científica a cerca de la naturaleza de la luz dado que, cuando se pensaba poder explicarla mediante fenómenos ondulatorios aparece una experiencia que contradice la teoría. Fue Albert Einstein quien consiguió explicar el efecto fotoeléctrico, siendo galardonado por ello con el premio Nobel de física a pesar de no ser su trabajo más relevante en este campo.

El efecto fotoeléctrico se observa en el momento que un haz de luz (radiación electromagnética en general) incide sobre un metal o fibra de carbono y en éste aparecen corrientes de electrones. Los fotones de luz tienen una energía característica determinada por su longitud de onda que al ser absorbida por un átomo puede provocar que determinados electrones se desprendan de su órbita siendo expulsados del material (o canalizados por un conductor).



**Figura 3.** Relación entre rayos de luz y corriente eléctrica (efecto fotoeléctrico).

En un material, todos los electrones pueden ser emitidos por el efecto fotoeléctrico, pero los más emitidos son aquellos que necesitan poca energía para ser expulsados y de los más numerosos que hay en un átomo de ese material.

A partir de este momento, se conocían muchos efectos y propiedades de la luz, algunas de las cuales se podían explicar mediante la teoría ondulatoria y otras mediante la teoría corpuscular exclusivamente. Por lo que, se propuso la naturaleza dual onda-partícula para describir la luz como una onda durante su propagación y como una partícula durante su interacción con la materia.

### 3. 1. 4. Radiación y materia

Una vez postulada la teoría dual onda-partícula, es necesario determinar la relación existente entre la radiación y la materia. Ambas, no son más que manifestaciones de energía.

Teóricamente, Paul Dirac, predijo que era posible crear un par de electrones (uno cargado positivamente y otro negativamente) a partir de un campo electromagnético de alta frecuencia. Más tarde, de forma experimental, se confirmó dicha teoría comparando el número de electrones con carga negativa y el número de electrones con carga positiva (positrones) desprendidos por los rayos  $\gamma$  (alta frecuencia del espectro radioeléctrico) por delgadas láminas de plomo y descubrir que se obtenía la misma cantidad de unos que de los otros.

Pronto se encontraron otras formas de crear pares positrón-electrón y hoy en día se conocen una gran cantidad de métodos:

- Haciendo chocar dos partículas pesadas.
- Haciendo pasar a un electrón a través del campo de un núcleo atómico.
- La colisión directa de dos electrones.
- La colisión directa de dos fotones en el vacío.
- La acción del campo de un núcleo atómico sobre un rayo  $\gamma$  emitido por el mismo núcleo.

Este proceso también ocurre en sentido contrario: al colisionar un electrón y un positrón, los cuales tienden naturalmente a juntarse debido a sus cargas eléctricas opuestas, se combinan convirtiendo toda su masa en energía radiante. Esta radiación se emite en forma de dos fotones de rayos  $\gamma$  dispersados en la misma dirección, pero diferente sentido.

Esta relación entre materia (masa) y radiación está descrita en la famosa ecuación de Einstein:

$$E = mc^2$$

Enmarcada en la teoría de la relatividad especial y que originalmente formuló así:

*Si un cuerpo de masa  $m$  desprende una cantidad de energía  $E$  en forma de radiación, su masa disminuye  $E / c$ .<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Albert Einstein en Zur Elektrodynamik bewegter Körper.

### 3. 1. 5. *Electroluminiscencia.*

Algunas sustancias al absorber luz, sufren cambios químicos en su composición. Utilizan la energía que ésta transfiere para alcanzar niveles energéticos, para reaccionar y obtener una conformación estructural más adecuada para llevar a cabo una reacción o romper enlaces en su estructura (fotólisis).

La electroluminiscencia es un fenómeno electroóptico caracterizado por materiales emisores de luz cuando se le aplica una corriente eléctrica. Este fenómeno es el resultado de la recombinación radiactiva de electrones y huecos en un material, muy a menudo un semiconductor. La excitación de electrones produce su propia energía foto-lumínica. Antes de la recombinación, los electrones y los huecos pueden estar separados por el dopaje del material formando una unión P-N o la excitación por impacto de un campo eléctrico de gran energía.

## 3. 2. *Diodos.*

### 3. 2. 1. *Semiconductores intrínsecos y extrínsecos.*

Un material semiconductor es el material que posee una conductividad mayor que los materiales aislantes y menor que los conductores. Existen diversos materiales semiconductores, pero los más utilizados en la fabricación de componentes electrónicos son el silicio y el germanio. Ambos elementos pertenecen al grupo de los carbonícos, contando con cuatro electrones en la capa de valencia.

Se denomina semiconductor intrínseco cuando el material no contiene átomos extraños al semiconductor, es decir, tiene una estructura perfectamente cristalina. Estos tipos de materiales se comportan como aislante a una temperatura de 0 K y los electrones de la última capa de valencia están unidos al átomo por enlaces covalentes. Al no haber electrones libres en la estructura atómica, no circularía corriente eléctrica al aplicar un campo eléctrico al material. Sin embargo, cuando la temperatura aumenta uno de los electrones puede absorber energía suficiente como para romper el enlace covalente, y al romperse, se genera un electrón libre y además un hueco en el enlace, ionizando así el átomo. En este caso, si se le aplicara un campo eléctrico, sí que se generaría una corriente eléctrica. Por esa razón a los electrones libres se le denomina portadores de corriente.

Por el contrario, se denomina semiconductor extrínseco (o dopado) a aquel material que contiene una serie de impurezas. En estas impurezas, se introduce una cierta cantidad de átomos distintos a los átomos que conforman la estructura cristalina original del material, produciendo así, un desequilibrio de las cargas. Por lo tanto, el nuevo material resultante puede ser diseñado para presentar un desequilibrio negativo, conteniendo mas electrones libres; o positivo, conteniendo más huecos.

Los materiales semiconductores extrínsecos que contienen una mayor cantidad de electrones libres, se denominan semiconductores tipo-n, mientras que los semiconductores que contienen más huecos se denominan semiconductores tipo-p.

### 3. 2. 2. Unión p-n.

La unión p-n consiste en el ensamblaje de un semiconductor tipo-p y otro de tipo-n. Cuando se unen, aparecen diferencias considerables en la concentración de los portadores entre un lado y el otro de la unión. Esta diferencia de concentraciones origina un proceso de difusión donde los electrones libres tienden a ocupar los huecos. La región tipo-p queda cargada negativamente, y la región tipo-n queda cargada positivamente, estableciéndose una barrera de potencial en la unión o región de transición, con su correspondiente campo eléctrico.

Durante el proceso de recombinación de electrones y huecos se estabilizan las fuerzas de campo magnético y se equiparan a las fuerzas de difusión, llegando a un estado de equilibrio. En el estado de equilibrio, la región de transición presenta una diferencia de potencial  $V_\gamma$  que depende del tipo de material

- Silicio:  $V_\gamma = 0.7 \text{ V}$
- Germanio:  $V_\gamma = 0.2 \text{ V}$
- GaAs:  $V_\gamma = 1.3 \sim 1.7 \text{ V}$

El sentido de las fuerzas de arrastre (debidas al campo eléctrico) es el opuesto al de las fuerzas de difusión. Ambas fuerzas se cancelan, y el flujo neto de corriente es nulo.

Las corrientes de difusión son generadas por el movimiento de los portadores mayoritarios. Las corrientes de arrastre son generadas por el movimiento de los portadores minoritarios.

a) *La unión p-n polarizada.*

Se denomina polarización a la aplicación de una tensión continua a un componente para mantenerlo en funcionamiento. Los dispositivos electrónicos pueden funcionar en modos distintos según la polarización que se les aplique.

Si la tensión en la región tipo-p es mayor que en la región tipo-n: Polarización directa

Si la tensión en la región tipo-n es mayor que en la región tipo-p: Polarización inversa.

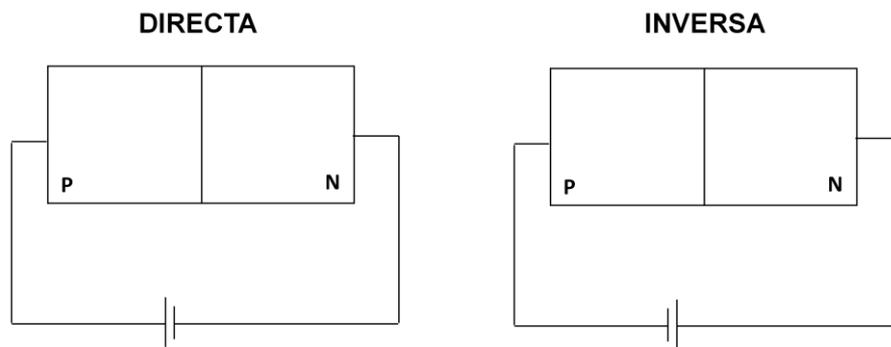


Figura 4. Esquema de polarización directa e inversa.

**Polarización directa:**

La tensión aplicada se invierte en disminuir la barrera de potencial, implicando a su vez una disminución de la región de transición y del campo eléctrico de la unión.

En polarización directa, domina la corriente de difusión sobre la corriente de arrastre.

Cuanto mayor sea la tensión externa aplicada, mayor será la inyección de portadores mayoritarios, aumentando gradualmente el flujo neto de corriente en el sentido de P a N.

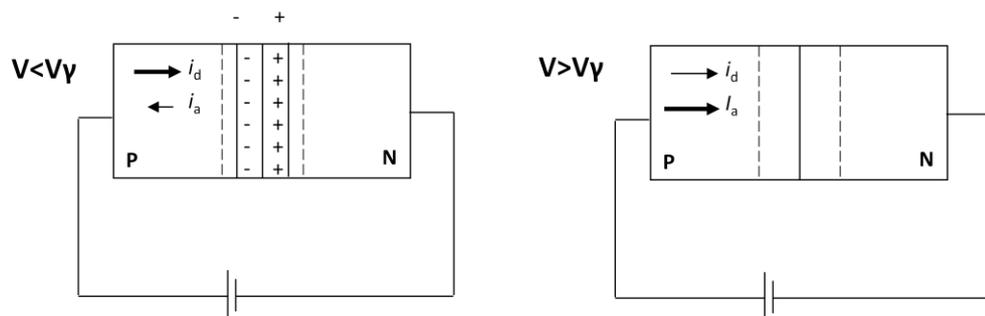


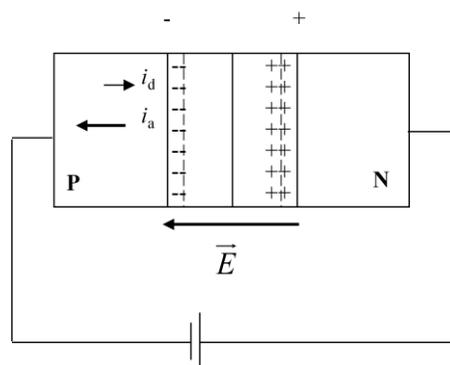
Figura 5. Dirección de las corrientes internas de una unión p-n polarizada directamente.

Si la tensión P-N aplicada supera  $V_\gamma$ , la barrera de potencial desaparece, y los electrones libres de la región N se desplazan hacia la región P, atraídos por el mayor potencial de ésta. Asimismo, los huecos de la región P son arrastrados hacia la región N. La fuerte inyección de portadores mayoritarios da lugar a corrientes muy intensas.

### Polarización inversa:

En polarización inversa, la barrera de potencial aumenta y la región de transición se ensancha. Asimismo, también aumenta la intensidad del campo eléctrico en la unión.

La corriente de arrastre (minoritarios) domina sobre la corriente de difusión.



**Figura 6.** Dirección de las corrientes internas de una unión p-n polarizada inversamente.

La corriente de minoritarios genera corrientes muy débiles en el sentido de la región tipo-n a la región tipo-p, a la que se denomina corriente inversa de saturación  $I_s$ , de valor muy pequeño, del orden de nanoamperios.

### Tensión Inversa de ruptura:

Si la tensión inversa supera un cierto límite, el campo eléctrico es tan intenso que provoca un incremento incontrolado de corriente que termina en la ruptura de la unión.

Puede ser debida a dos mecanismos distintos:

- Efecto avalancha: el electrón que entra en la zona de transición es fuertemente acelerado. Al colisionar con otro electrón, lo arranca del enlace covalente. El proceso se repite, aumentando la corriente exponencialmente y de forma incontrolada.
- Efecto Zener: es el propio campo eléctrico el que arranca los electrones del enlace covalente, pudiendo incluso arrancar electrones de capas más profundas.

Cualquiera de estos dos efectos provoca la destrucción del componente.

### 3. 2. 3. Diodo semiconductor.

El diodo es un dispositivo de dos terminales que tiene un comportamiento no lineal y está formado por la unión p-n, dejando pasar la corriente en un sentido y la bloquea si va en sentido contrario, por lo tanto, el diodo es un dispositivo polarizado. El terminal conectado a la región p se denomina ánodo y el otro terminal, conectado a la terminal n, se denomina cátodo.

Polarización directa:  $V_D > V_\gamma \rightarrow I_D > 0 \rightarrow \text{ON}$

Polarización inversa:  $V_D < V_\gamma \rightarrow I_D \approx 0 \rightarrow \text{OFF}$

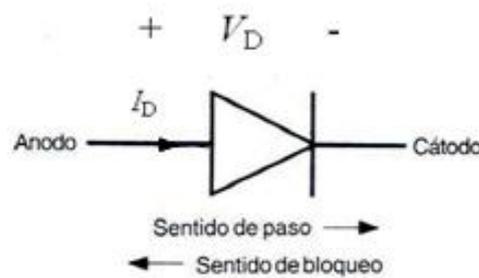


Figura 7. Símbolo eléctrico del Diodo

### 3. 2. 4. Ecuación característica

La tensión e intensidad del diodo vienen relacionadas según las siguientes ecuaciones:

$$I_D = I_S [e^{V_D/V_T} - 1]$$

Siendo:

$$- V_T = \frac{k \cdot T}{q}$$

$$- q = 1.602 \cdot 10^{-14} \text{ C}$$

$$- k = 1.3805 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

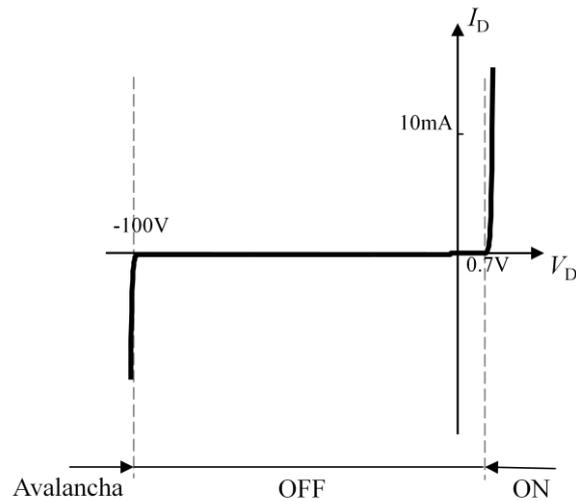
$$- T = T^a(\text{K}), \text{ a temperatura ambiente } (T = 27^\circ \text{ C}) V_T \approx 25 \text{ mV}$$

El diodo no empieza a conducir hasta que no se supera la tensión umbral.

La corriente de saturación depende del material semiconductor.

La tensión umbral está íntimamente relacionada con este parámetro.

Para intensidades del orden de mA,  $V_D \approx V_\gamma$

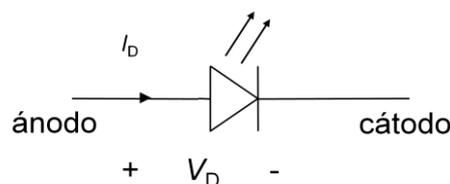


**Figura 8.** Curva característica del diodo semiconductor.

### 3. 3. Diodos LED

El diodo LED (Light Emitting Diode) es un diodo que tiene la característica de emitir luz cuando está en polarización directa. La intensidad de luz emitida es proporcional a la intensidad de corriente que circula por el diodo y la longitud de onda depende del material que este fabricado. También existen LEDs que emiten luz con longitudes de onda fuera del rango visible, como los LEDs de luz infrarroja o luz ultravioleta. En el caso de los diodos LED, la luz emitida se debe a que la energía liberada en la recombinación de un par electrón-hueco se transforma en radiación electromagnética. Este efecto es llamado electroluminiscencia (véase 3. 1. 5. Electroluminiscencia.).

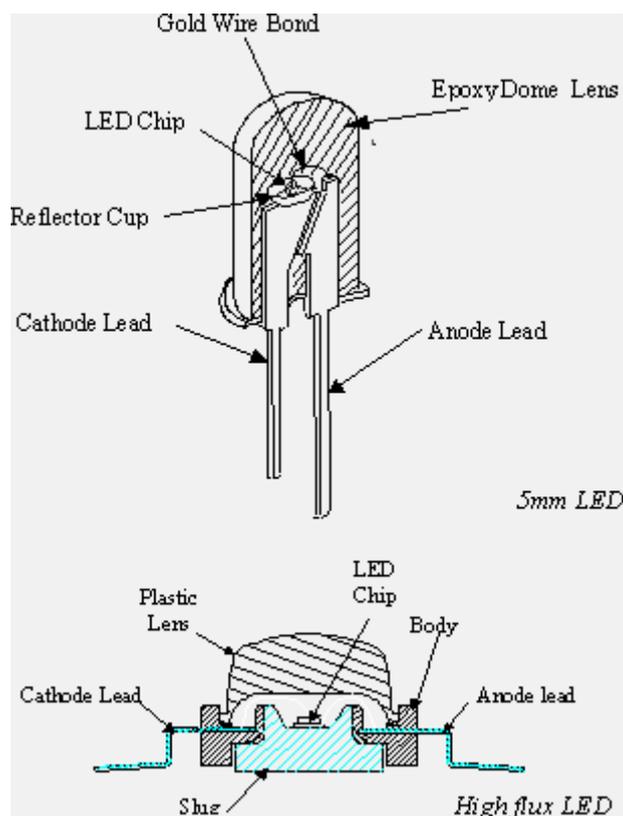
El color de la luz se determina mediante la banda de energía del semiconductor. Además, el área de emisión de un LED es muy pequeña, por lo que se pueden usar componentes ópticos integrados para formar un patrón de radiación específico.



**Figura 9.** Símbolo eléctrico del diodo LED.

La tecnología LED presenta muchas ventajas frente a fuentes de luz incandescente y fluorescente. La más característica es el consumo energético, siendo éste mucho menor

que otros tipos de fuentes. También, tienen un mayor tiempo de vida, menor tamaño, menor coste, resistencia a vibraciones, además de ser un dispositivo resistente y que reducen considerablemente la emisión de calor, parámetro relacionado estrechamente con el consumo energético y la eficiencia. Por otro lado, reducen ruidos en las líneas eléctricas, son especialmente utilizados en sistemas fotovoltaicos y no les afecta el encendido intermitente, con lo cual, no se reduce su tiempo promedio de vida.



**Figura 10.** Esquema interno de un diodo LED básico.

En comparación con la tecnología fluorescente, los dispositivos LED no contienen mercurio, lo cual es especialmente beneficioso ya que este elemento crea inducciones magnéticas radiadas y campos magnéticos altos, levemente perjudiciales para el ser humano y altamente venenosa para el medio ambiente. Otra de las ventajas de este dispositivo es que cuenta con un alto factor de CRI (color rendering index) debido a los filtros de color que se pueden emplear, lo cual permite una gran variedad de color.

En la fabricación de los LEDs, el semiconductor más empleado es el arseniuro de galio (GaAs). Su tensión umbral ( $V_\gamma$ ) difiere a la del silicio, oscilando entre valores  $V_\gamma = 1.5 \sim 2.5 \text{ V}$ .

El primer LED fue desarrollado en 1927 por Oleg Vladimírovich Lósev (1903-1942), sin embargo no se usó en la industria hasta los años sesenta. Solo se podían construir de color rojo, verde y amarillo con poca intensidad de luz y se limitaba su utilización a mandos a distancia (controles remotos) y electrodomésticos para marcar el encendido y apagado. A finales del siglo XX se inventaron los LEDs ultravioletas y azules, lo que dio paso al desarrollo del LED blanco, que es un LED de luz azul con recubrimiento de fósforo que produce una luz amarilla, la mezcla del azul y el amarillo produce una luz blanquecina denominada «luz de luna» consiguiendo alta luminosidad (7 lúmenes) con lo cual se ha ampliado su utilización en sistemas de iluminación.

## 4. OLED

El Organic Light-Emitting Diode (OLED) es un diodo emisor de luz formado por una capa muy fina de polímeros orgánicos, es decir, grandes moléculas compuestas de unidades químicas en cadena que son capaces de convertir energía eléctrica en luz cuando están situadas entre dos electrodos.

Hasta ahora, los LEDs actuales estaban hechos con semiconductores inorgánicos (como el silicio), lo que implicaba una serie de límites en cuanto a rendimiento. Las moléculas semiconductoras orgánicas son complejas y por ello consiguen rendimientos notablemente superiores y agilizan su fabricación.

Las pantallas OLED están basadas en un principio de la fotoquímica por el cual ciertas moléculas orgánicas, al ser excitadas por una corriente eléctrica, emiten luz. Las pantallas basadas en esta tecnología son delgadas y pesan menos ya que no requieren iluminación trasera. Están diseñadas para tener un amplio ángulo visual de aproximadamente 170°. También, generan luz más brillante y solo requieren entre dos y diez voltios para operar.

Actualmente, este tipo de tecnología se está utilizando para el desarrollo de lo que se denomina papel electrónico, es decir, pantallas muy finas y flexibles (el espesor puede variar entre 100 y 500 nanómetros).

El problema actual de esta tecnología es que el tiempo de vida de una pantalla OLED es de 20.000 horas aproximadamente. Los pixeles se deterioran fácilmente y los colores pierden intensidad. Los pixel que tardan menos en deteriorarse son los de color azul, así que las pantallas adquieren un color magenta en las imágenes que se reproduzcan. Comparado con el tiempo de vida de las tecnologías existentes (60.000 horas en pantallas LCD), es poco tiempo, aunque se están desarrollando pantallas de 150.000 horas de tiempo de vida.

Características generales:

- Los OLEDs son extremadamente delgados y muy ligeros.
- Consumen mucha menos energía que la tecnología LEDs o LCD.
- Tienen un tiempo de reacción rápido.
- Son menos susceptibles al calor y al frío.
- Su proceso de fabricación es fácil y se utilizan pocos materiales.
- Son más baratas que las pantallas LCD.
- Conceden mejor calidad visual y no requieren iluminación trasera.

- El tiempo de vida de estos dispositivos es corta y los pixeles se deterioran fácilmente.

#### 4. 1. Estructura básica

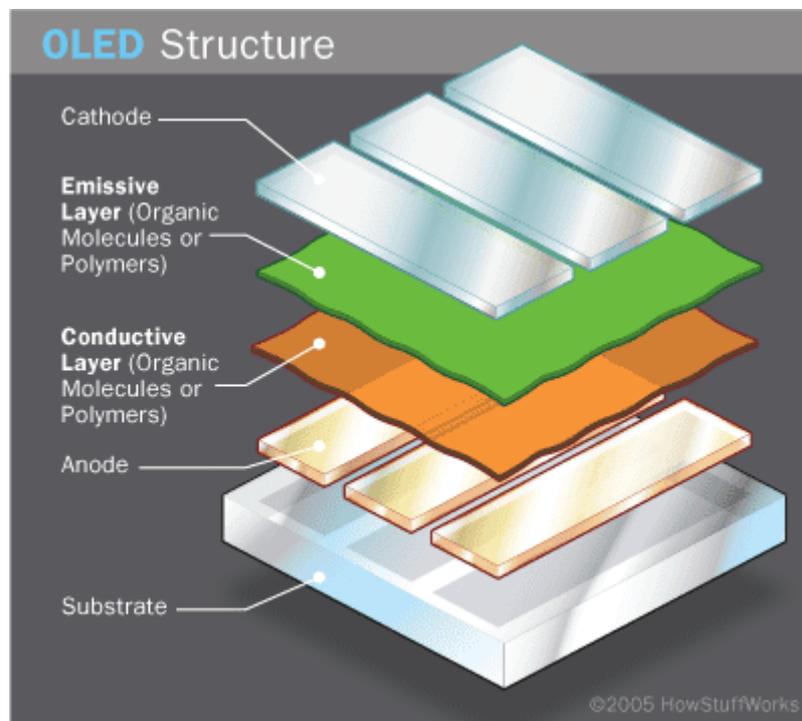
Un dispositivo OLED básico está formado principalmente por capas de ánodo, cátodo y películas orgánicas.

Todos los tipos de OLED poseen la misma estructura, lo que diferencia unos de otros es el material utilizado para las capas de emisión de luz, que más adelante se expondrá al detalle.

La estructura más básica es la siguiente (*véase la Figura 11*):

- El sustrato: Es la parte superior del dispositivo y su función es la de soportar el dispositivo. Según el tipo de dispositivo que se quiera fabricar y su función, los materiales más utilizados son el plástico, para tener la posibilidad de fabricar un dispositivo flexible, o vidrio, para que este tenga un apoyo más rígido y estable.
- El ánodo: Esta capa es la encargada de redirigir los electrones cuando una corriente lo atraviesa. Se caracteriza por poseer huecos que los electrones inyectados tienen que ocupar y por esa razón se forma el ciclo de corriente. El material utilizado debe ser esencialmente transparente, sino, la luz emitida por las capas inferiores no podría reproducirse. El material más común para este cometido suele ser el ITO (Indium Tin Oxide u Óxido de Estaño-Indio) ya que posee las características adecuadas para la función que debe cumplir el ánodo.
- Capas orgánicas: Estas capas tienen un gran abanico de posibilidades de materiales y una determinada distribución de capas según el tipo de dispositivo. Cada tipo de OLED, ya sea más simple o más complejo, posee dos capas básicas, ya sea en capa divididas o no.
  - Capa conductiva: Esta capa está compuesta de polímeros o moléculas pequeñas encargadas de transportar los huecos desde el ánodo. Su función es redirigir los huecos facilitando así la recombinación de electrones. Al haber una atracción entre huecos y electrones, estos suelen acercarse a la frontera entre capas para que la recombinación sea óptima.

- **Capa emisiva:** Esta capa está compuesta por moléculas plásticas orgánicas encargadas del transporte de electrones desde el cátodo. En esta capa se produce la recombinación entre huecos y electrones y de ello se produce la luz.
- **El cátodo:** Esta capa está fabricada por una capa de metal o aleación de metales de baja función de trabajo (es decir, necesitan poca energía para arrancar un electrón de su capa de valencia), como puede ser aluminio, calcio, litio-aluminio, magnesio, plata... etc. Su función es inyectar electrones al sistema. En el caso que se quiera fabricar un OLED transparente, el cátodo también tendría que tener la propiedad de ser transparente y en este caso, el material utilizado sería igual que en el ánodo (ITO).



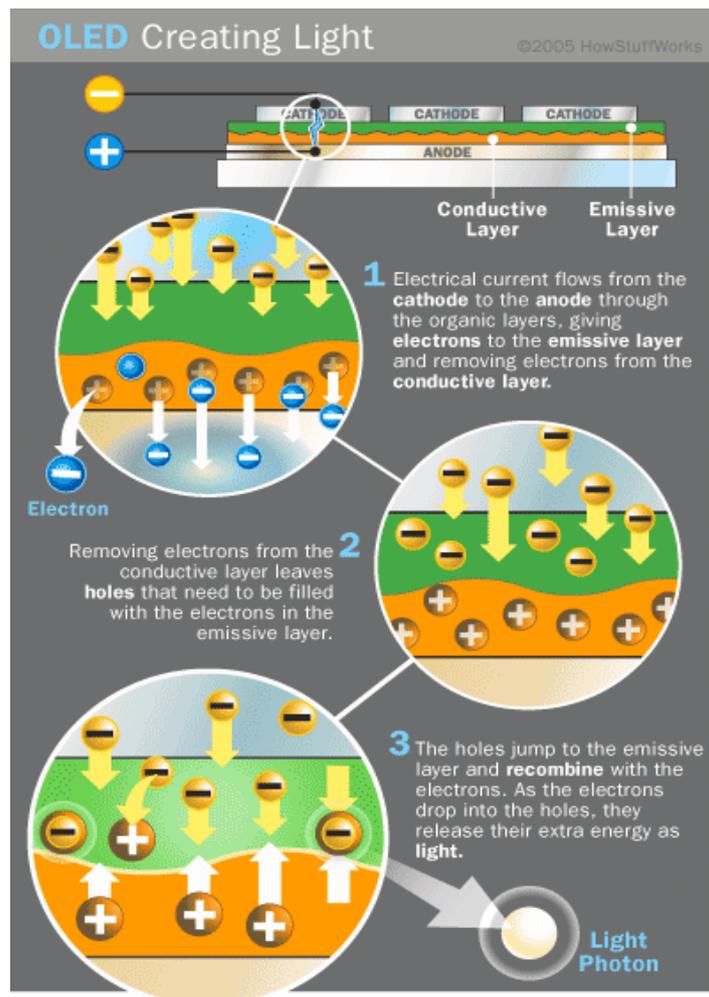
**Figura 11.** Estructura básica de un OLED.

#### 4. 2. Principio de funcionamiento.

Al igual que un dispositivo LED, los dispositivos OLED tienen dos terminales, ánodo-positivo y cátodo-negativo. Aplicando una tensión a sus bornes, se causa una corriente de electrones que fluye en sentido contrario, de cátodo a ánodo. El cátodo inyecta electrones a la capa de emisión y el ánodo completa el ciclo, sustrayéndolos de la capa de conducción.

En el momento en que se conectan los terminales, la capa de emisión se carga negativamente (por exceso de electrones) mientras que la de conducción se carga con huecos (por ausencia de electrones). Las fuerzas electrostáticas atraen los electrones a los huecos, y se recombinan los unos con los otros. Esto sucede más cerca de la capa de emisión, ya que en los semiconductores orgánicos los huecos se mueven más que los electrones, cosa que no ocurre en los semiconductores inorgánicos.

El fenómeno de la recombinación sucede cuando un átomo carente de suficientes electrones y atrapa uno para neutralizarse, es decir, para no estar cargado ni positiva ni negativamente. Dicho electrón pasa de una capa energética mayor a una menor, liberando una energía igual a la diferencia entre la energía inicial y la energía final. Dicha energía se libera en forma de fotones, causando así la emisión de radiación con una longitud de onda visible (un color determinado). Si esta recombinación ocurre de forma simultánea, el conjunto de fotones forma un haz de luz (imagen).



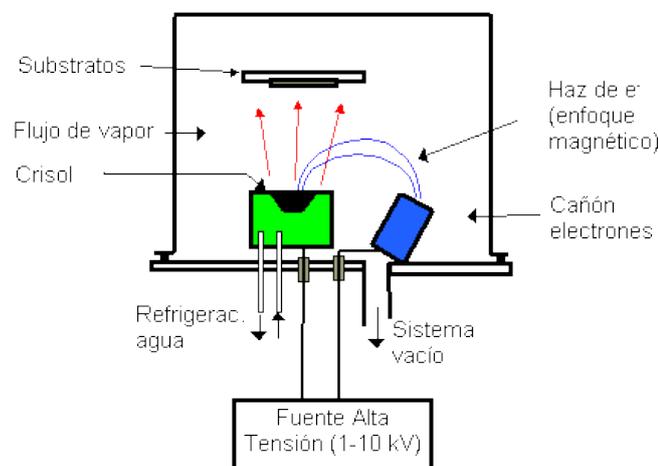
**Figura 12.** Proceso de recombinación hueco-electrón.

#### 4. 3. Metodología empleada para su implementación.

Para implementar los dispositivos OLED, existen diversas maneras para fabricarse. La parte más importante en la fabricación de un OLED se aplica en las capas orgánicas para el sustrato y dependiendo del tipo de dispositivo que se quiera implementar, su fabricación es diferente. Se podría implementar de las siguientes maneras:

- Mediante procesos de deposición al vacío (VTE).

Las tecnologías de evaporación térmica en vacío usadas actualmente, requieren de grandes inversiones y, por tanto, un alto rendimiento para reducir la proporción de los costes de fabricación de producto final. Este proceso consiste en el calentamiento de las moléculas orgánicas sobre el sustrato, haciendo que se evaporen y luego, se condensen como películas finas sobre los sustratos enfriados. Se lleva a cabo en una cámara de vacío requiriendo en todo momento un control preciso de la condiciones de crecimiento para no producir una modificación de la morfología de la capa depositada. Este método de implementación será sustituido parcial o totalmente por otros métodos más rentables y eficientes como la impresión.



**Figura 13.** Mecanismo de deposición al vacío.

- Mediante deposición orgánica por fase de vapor (OVPD).

En una cámara a baja presión y alta temperatura, un gas portador transporta las moléculas orgánicas evaporadas a los sustratos fríos, dejando que se condensen de la misma manera que con la VTE. Al usar gases portadores se incrementa la eficiencia del proceso y se disminuye el coste.

- Deposición de películas mediante rotación del soporte (spin-coating).

Un proceso típico de spin coating consiste en depositar una pequeña gota de la solución que contiene el material orgánico a depositar, mediante una jeringa a la que se le ha incorporado un filtro, sobre el centro de un sustrato. Acto seguido se pone a rotar el sustrato a una frecuencia muy alta (típicamente mayor que 2000 rpm).

La centrifugación hace que la solución cubra parcial o totalmente el sustrato, dejando una película sobre la superficie. El espesor de esta película y otras propiedades dependerán de la naturaleza de la solución (cantidad de solución, concentración de la solución, viscosidad, velocidad de secado, porcentaje de sólidos, tensión superficial, etc.) y de los parámetros escogidos para el proceso de spin.

Finalmente, cuando el proceso de spin coating se ha completado, el sustrato junto con la película se introduce en un horno, y se somete a un proceso de curado típicamente entre 100 C° y 200 C°, para secar y fijar completamente la película por evaporación del solvente.

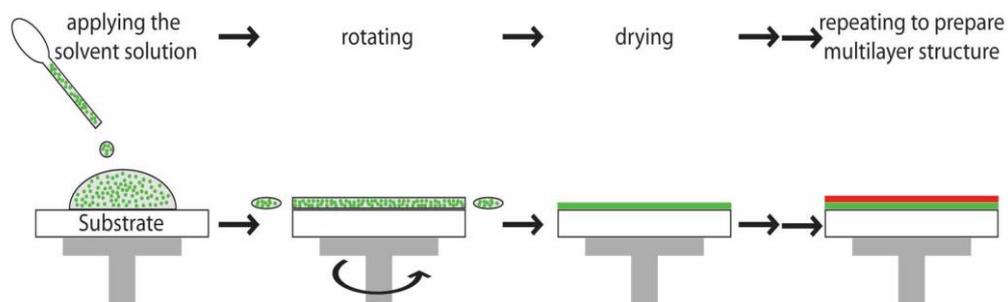


Figura 14. Mecanismo de rotación del soporte (spin-coating).

- Mediante tecnologías de impresión e inyección de tinta.

Consiste inicialmente en la deposición de capas de barrera para reducir el oxígeno y la absorción de humedad en la moléculas orgánicas. El sustrato barrera transparente recubierto con el ánodo se limpia, se quitan las cargas y su energía en superficie mediante el lavado, deionización y tratamiento de plasma. La capa de inyección de huecos, emisión y el cátodo se imprimen sobre el pre-tratamiento del sustrato barrera con el ánodo. Cada una de las capas se seca directamente después

de la impresión, de minimizar la disolución interfacial y la mezcla de la capa subyacente durante la deposición de la capa activa siguiente.

Por último, las capas del OLED en el sustrato se encapsulan por laminado de aluminio que contenga capas de barrera e incluso una capa adhesiva.

En la impresión de inyección de tinta, los OLEDs son rociados sobre los sustratos de forma similar como las tintas se rocían por el papel durante la impresión. La tecnología de inyección reduce el coste de fabricación y permiten que estos puedan imprimirse sobre sustratos muy grandes para displays de gran tamaño.

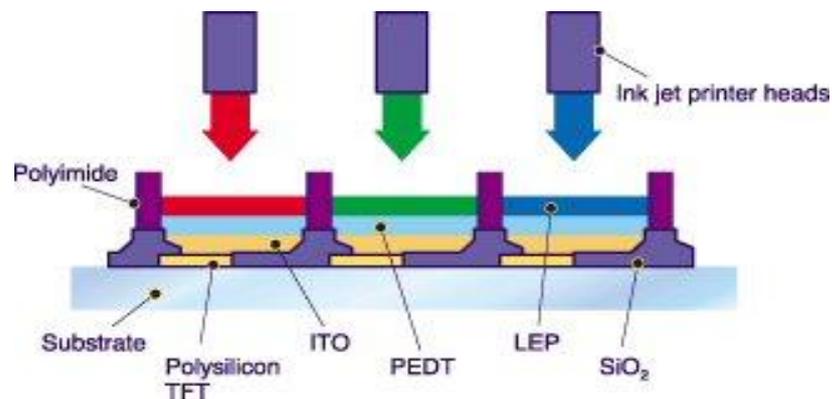


Figura 15. Mecanismo de inyección de tinta.

#### 4. 4. Tipos de OLED

Puede parecer que solo es uno el tipo de pantallas que usan OLED como tecnología para mostrar las imágenes, pero son varias las tecnologías que existen. Estos dispositivos tienen en común que la película emisora de luz está compuesta por materiales orgánicos, tanto con polímeros conductores o con moléculas pequeñas conductoras pero cada tipo posee características diferentes como el consumo energético, dimensiones, definición del color y estructura de fabricación.

##### 4. 4. 1. SM-OLED (Small-Molecule OLED).

Este tipo de OLED se basa en una tecnología desarrollada por la compañía Eastman Kodak. Al hablar de moléculas pequeñas, se quiere decir que la manipulación de éstas es muy frágil y no pueden tener una consistencia estable sin un soporte que lo sostenga, de ahí que deban prepararse mediante un proceso de encapsulado. La producción de pantallas con moléculas pequeñas requiere una deposición al vacío de éstas que se consigue mediante un proceso de producción económicamente costoso comparado con otras técnicas. Usualmente se utilizan

sustratos de vidrio para poder hacer el vacío causando limitaciones en su flexibilidad, aunque las pequeñas moléculas sí sean flexibles.

Características:

- Consumo energético menor a los LEDs convencionales.
- La luz proporcionada es más brillante, haciendo que los colores sean más vivos.
- Las dimensiones de este tipo de pantallas OLED son relativamente pequeñas ya que la fabricación es compleja y el coste es alto.
- Su flexibilidad es limitada ya que el sustrato donde se deposita posee flexibilidad casi nula, aunque las propias moléculas sean flexibles.

#### 4. 4. 2. PLED (Polymer LED)

Los PLEDs o LEPs (Light Emitting Polymers) han sido desarrollados por la Cambridge Display Technology. Se basan en un polímero conductor electroluminiscente que emite luz cuando recorre una corriente eléctrica por sus terminales. Se utiliza una película de sustrato muy delgada y se obtiene una pantalla de gran intensidad de color que requiere muy poca energía en comparación con la luz emitida. A diferencia de los SM-OLED, el vacío no es necesario y los polímeros pueden aplicarse sobre el sustrato mediante una técnica derivada de la impresión de tinta comercial, llamada inkjet. Los PLED pueden ser producidos de manera económica y el sustrato utilizado puede ser flexible, como un plástico PET.

Características:

- Consumo energético menor a los SM-OLEDs. Necesita poca energía para proporcionar una cantidad de luz brillante e intensa.
- Sus dimensiones pueden ser elevadas. Posibilidad de hacer hojas grandes del material y adecuadas para displays de pantalla grande.
- Los polímeros conductores y electroluminiscentes son más fáciles de fabricar y su coste es menor que el del SM-OLED.
- Tiene posibilidad de ser flexible, si el sustrato donde se deposite tiene esa propiedad. Para este tipo de OLED el sustrato puede ser plástico ya que no

necesita ningún tratamiento especial para que funcione como en los SM-OLED.

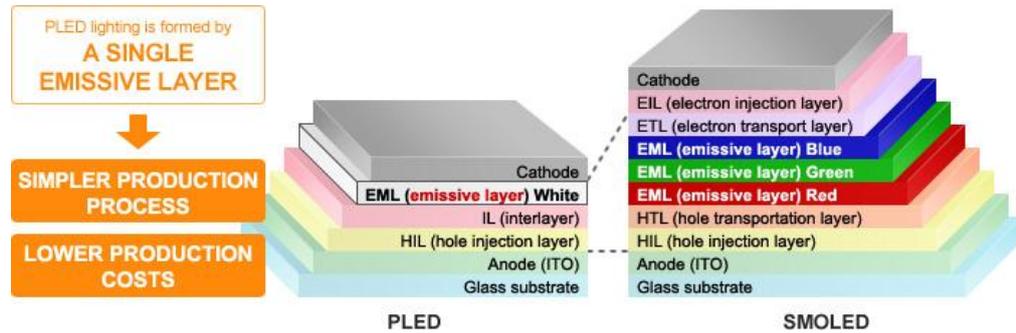


Figura 16. Diferenciación entre PLED y SMOLED.

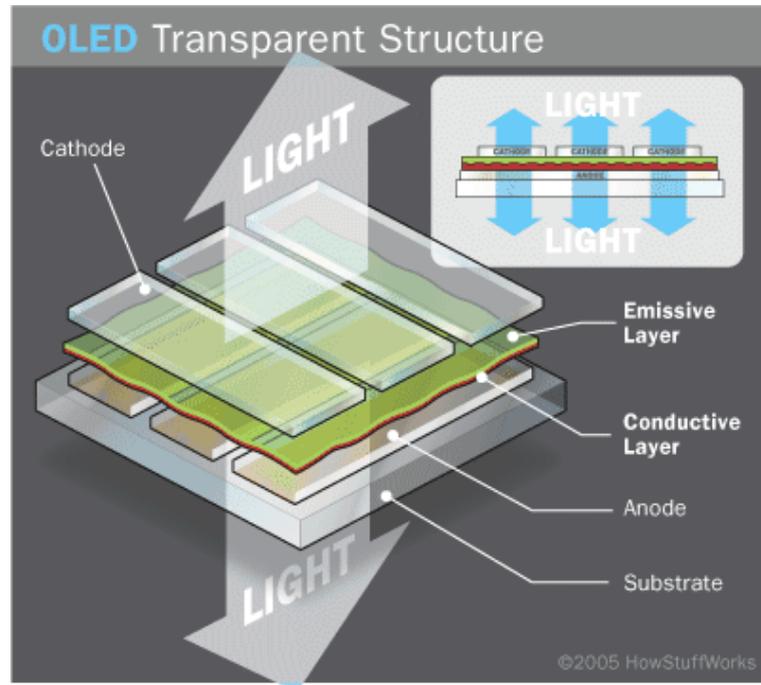
#### 4. 4. 3. TOLED (Transparent OLED)

Este tipo de OLEDs son transparentes y solo contienen componentes que permiten el paso de la luz a través de ellos (ánodo, cátodo y sustrato). Cuando la pantalla TOLED está apagada, proporciona hasta un 85% de transparencia y cuando esta activada, son capaces de emitir luz por su cara anterior, posterior o por ambas. Los TOLEDs heads-up (pantalla de visualización frontal) puede mejorar mucho el contraste, por lo que es mucho más fácil ver la muestra de la tecnología sunlight (dispositivos implementados con sustrato antirreflejante eliminando molestos reflejos causados por la luz del sol), la cual permite la transparencia. Los TOLEDs también están contruidos de acuerdo con su aplicación y el área de visión. Ésta puede ser utilizada en pantallas Head-up, ventanas inteligentes o aplicaciones de realidad aumentada.

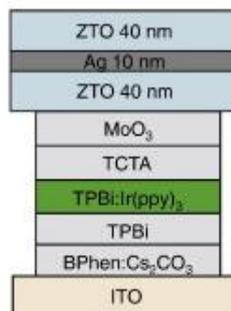
Características:

- El sustrato necesario para su construcción tiene que ser transparente, y con la opción de ser flexible o no.
- Su consumo energético es relativamente más alto que los anteriores tipos de OLED.
- Sus dimensiones pueden ser relativamente grandes, como ventanas o pequeños carteles para camisetas.
- El contraste de luz es mucho mejor que cualquier otro tipo ya que cuenta con la luz natural del ambiente.

La transparencia de estos dispositivos radica en materiales innovadores que permitan el paso de la luz en las capas de la estructura que lo componen.



**Figura 17.** Estructura interna del TOLED.



**Figura 18.** Estructura interna del TOLED, materiales utilizados.

En este tipo de OLEDs, tanto el cátodo como el ánodo tienen que tener propiedades transparentes. Como en todos los OLEDs, el material utilizado para el ánodo es el ITO, pero en el cátodo, utilizan ZTO (óxido de zinc transparente estaño) que también poseen cualidades eléctricas idóneas para su función y además es transparente, necesario para este tipo de dispositivo.



**Figura 19.** Aplicación de un dispositivo TOLED.

#### 4. 4. 4. *SOLED (Stacked OLED)*

Los SOLED utilizan una arquitectura de píxel novedosa que se basa en almacenar subpíxeles rojos, verdes y azules con transparencias, unos encima de otros en vez de disponerlos a los lados como sucede de manera normal en los TRC y LCD. El SOLED permite escalas de intensidad, color y escala de grises, para ajustar independiente para alcanzar la máxima intensidad y calidad de color. Las mejoras en la resolución de las pantallas se triplican y se realiza por completo la calidad del color.

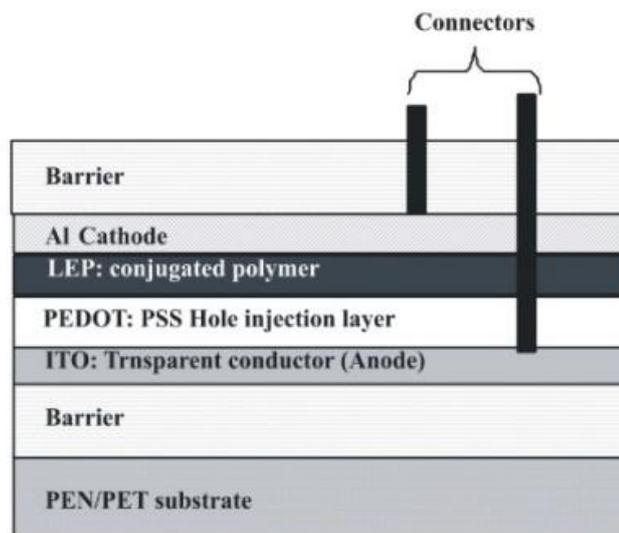
#### 4. 4. 5. *FOLED (Flexible OLED)*

Este tipo de OLED se caracteriza por su flexibilidad. Está fabricado con un sustrato metálico o plástico muy flexible, ligero y duradero. Su estructura también contiene un empaquetado y encapsulado que protege al OLED de los efectos degradantes del agua y el oxígeno. Esta capa está sellada al dispositivo mediante una resina epoxi ultravioleta con el fin de que este material pueda absorber agua o sustancias residuales que quieran atravesarlo. Los FOLED están contruidos sobre películas plásticas ópticamente claras y hojas metálicas y flexibles pero los sustratos flexibles utilizados, imponen dificultades de temperatura o degradación. Sin embargo, los sustratos metálicos más flexibles proporcionan mejores resultados en rendimiento, variabilidad de temperatura y rentabilidad. Este tipo de OLED se puede utilizar para aplicaciones como teléfonos móviles o confección de ropa “inteligente”. Esta tecnología aun está en

desarrollo por la complejidad de encontrar materiales acorde con sus características.

Características:

- Su estructura posee materiales flexibles.
- Su consumo energético es menor que un LED convencional pero los materiales no son muy resistentes con respecto a su funcionamiento.
- Sus dimensiones son pequeñas ya que de momento, a causa de sus materiales, no se pueden construir displays de áreas mayores.



**Figura 20.** Estructura interna del FOLED, dividida por capas y sus materiales.



**Figura 21.** Aplicación del FOLED.

A diferencia de los demás OLEDs las capas interiores están divididas por diferentes capas de materiales electroluminiscentes distribuidos de la siguiente manera.

- LEP: polímero conjugado.
- PEDOT:PSS: Con nombre químico poli(3,4-etilenoxitofeno) poli(estirenosulfonato) es un polímero que contiene una mezcla de 2 ionómeros.
  - PEDOT: es un conjugado de polímero que se basa en el politiofeno y lleva carga positiva. Su aspecto es virtualmente transparente.
  - PSS: Este componente de la mezcla se compone de sulfato sódico de poliestireno y llevan carga negativa.

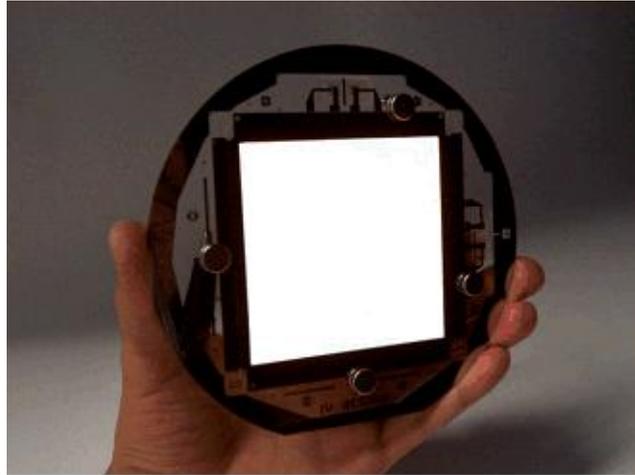
Juntas las macromoléculas cargadas forma una macromolécula de sal y además, es un polímero de gran conductividad.

#### 4. 4. 6. WOLED (White OLED)

Este tipo de OLED emite luz blanca mediante el conjunto de tres capas contiguas o superpuestas correspondientes a los colores primarios: rojo, verde y azul; que en su conjunto forman un pixel. Para formar el color blanco del pixel, las capas RGB deben estar a máxima potencia, así, a partir de la mezcla aditiva de colores, se formará un color blanco más brillante, más uniforme y más eficiente energéticamente que la emitida por luz fluorescente. Los WOLEDs pueden fabricarse en grandes placas, pudiendo sustituir las luces fluorescentes que se utilizan actualmente para uso cotidiano en los hogares y edificios. También, su uso podría reducir parcialmente los costes de energía para el alumbrado urbano.

Características:

- Su estructura está formada por capa de película RGB, para en su conjunto, formar el color blanco.
- Su consumo energético es más eficiente que el consumo de energía emitida por las luces fluorescentes.
- Se puede construir en grandes hojas, pudiendo sustituir las luces que cotidianamente se usan.
- La luz emitida es más brillante y más uniforme. La calidad del blanco es de color verdadero.



**Figura 22.** Aplicación de un dispositivo WOLED.

Además, este tipo de OLED se caracteriza por ser uno de los más complejos de construir. Su estructura contiene capas de RGB, pero no los tres colores son fáciles de fabricar, como el color azul, en el que se está investigando como aumentar el tiempo de vida de esa capa sin deteriorarse.

Una posible estructura interna de este dispositivo es la siguiente (empezando desde el ánodo):

- **Capa 1:** 4, 4', 4''-tris(3-methylphenylphenylamino)-triphenylamine (m-MTDATA). Material electroluminiscente usado para el transporte o inyección de huecos.
- **Capa 2:** 4,4',4''-tris(*N*-carbazolyl)-triphenylamine (TCTA). Material electroluminiscente usado para el transporte de huecos.
- **Capa de color G:** 8 wt % *fac* tris(2-phenylpyridine) iridium [Ir(ppy)3] dopado con 4,4'-*N,N'*-dicarbazole-biphenyl (CBP) para la capa emisora de color verde.
- **Capa de color B:** 8 wt % bis[(4,6-difluorophenyl)-pyridinato-*N,C2*] (picolinato) Ir(III) (FIrpic) dopado con CBP para la capa emisora de color azul.
- **Capa de color R:** 8 wt % bis(2,4-diphenyl-quinoline) iridium (III) acetylanetonate [Ir(ppq)<sub>2</sub>(acac)] dopado con CBP para la capa emisora de color rojo.
- **Capa 6:** 2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BCP). Material usado para el transporte de electrones.

LiF/Al

Alq (30 nm)
BCP (10 nm)
CBP: 8 wt% Ir(ppq) <sub>2</sub> (acac) (5 nm)
CBP: 8 wt% FIrpic (x nm)
CBP: 8 wt% Ir(ppy) <sub>3</sub> (5 nm)
TCTA (10 nm)
m-MTDATA (30 nm)
ITO
Glass

**Figura 23.** Estructura del WOLED, por capas y materiales.

## 5. APLICACIONES.

Varias compañías quieren emplear la tecnología OLED para crear una nueva generación de bombillas y sistemas de iluminación, además de utilizarlo para distintos campos como el automovilístico, la medicina o con fines militares.

El uso de dispositivos OLED tiene infinidad de aplicaciones, vida útil más prolongada que materiales análogos y son fácilmente reciclables. Además parecen tener asegurado el mercado de la iluminación domestica y el campo industrial.

### 5. 1. Aplicaciones domesticas:

Las aplicaciones domésticas son las más comunes para el uso de los dispositivos OLED. Se podría decir que, ya que son dispositivos emisores luz, su función es la de iluminar y para ello se fabrican luminarias principalmente de luz blanca. En este campo, también es común la fabricación de todo tipo de pantallas, ya sea a pequeña escala, como las pantallas de móvil, o a gran escala, como pantallas de televisor.

- Televisores Samsung OLED (modelo ES9000 TV OLED).

Los nuevos televisores anunciados por Samsung en la CES (Consumer Electronics Show) integran la tecnología OLED en sus pantallas. Gracias a la tecnología Súper OLED de Samsung, las pantallas son muy finas y con más brillo y contraste, haciéndolas más espectaculares.



Figura 24. Televisión OLED de Samsung.

– Apple iPhone 5.

La compañía Apple incluye en los nuevos iPhone 5, una pantalla de tipo OLED, como la Súper AMOLED de Samsung. Aumenta la resolución hasta 4 pulgadas, aunque las características más destacadas son la resistencia, capaces de aguantar caídas de más de tres metros de altura.



**Figura 25.** iPhone 5.

Con las nuevas pantallas OLED mejorara el brillo y el contraste y podrían sustituir a las pantallas LCD que usan actualmente.

– Luminarias OLED.

Varias compañías utilizan este tipo de diodos para crear una nueva generación de bombillas y sistemas de iluminación. El rendimiento y el brillo de estas bombillas es mayor que la de cualquier bombilla incandescente o fluorescente y, además, gracias a su estructura y grosor, se pueden aplicar a las industrias textiles, electrónica de consumo, muebles o decoración.

Una de las ideas más interesantes es la llamada “ventana transparente”. La estructura actuaría como un vidrio de cualquier ventana durante el día permaneciendo totalmente transparente, mientras que cuando oscurece, la ventana se ilumina y actúa como una potente luminaria.



**Figura 26.** Ventana Transparente.

Aunque esta idea puede tener un futuro prometedor, estas compañías están intentando mejorar el prototipo en aspectos como el aislamiento térmico y sonoro.

### 5. 2. Aplicaciones automovilísticas:

Los dispositivos OLED aplicados al área automovilística, principalmente se centran en la iluminación exterior e interior de forma decorativa, es decir, la luces principales de iluminación (posición, corta y larga distancia) no son compatibles con estos dispositivos.

- Sistemas de iluminación, Audi.

La fábrica automovilística alemana Audi, ha desarrollado un sistema de iluminación basado en la tecnología OLED. Consiste un panel completo de este tipo de LED adherido a la carrocería del coche adaptándose a su forma y capaz de convertirse en una fuente de luz decorativa. Debido a su reducido grosor permite la superposición de varias capas para producir un efecto de colores mixtos, pudiéndose incluso alcanzar el color blanco y consiguiéndose un aspecto visual homogéneo. Esta característica no sería posible utilizando un sistema de LEDs actual.



**Figura 27.** Decoración OLED exterior de Audi.

- Volante inteligente BMW.

Este tipo de volante contiene una pequeña pantalla OLED, donde anteriormente había una pantalla LCD monocromo, donde se indica la información de aspectos como el rendimiento del motor, indicador de velocidad, consumo o temperatura del agua, entre otras.

Poder visualizar toda esta información en la parte superior del volante ayuda a una lectura rápida y localizada de los parámetros ajenos a la carretera para así devolver la atención más rápido a la misma.



**Figura 28.** Volante inteligente. Indicador OLED

### 5. 3. *Aplicaciones medicas:*

La tecnología OLED ha llegado al área de la medicina tanto en relación quirúrgica como a la atención de bienestar de los pacientes. Los ejemplos de aplicación de esta tecnología se basan en la visualización óptima, facilitando así, el trabajo de especialista como cirujanos o radiólogos. También podría servir como distracción para pacientes sometidos a algún tratamiento que no requiera de anestesia general.

- PVM-2551MD de Sony.

La empresa Sony ha llevado la tecnología OLED al área de la medicina con monitores que cuentan con alta definición. Éste cuenta con todas las características idóneas para la visualización detallada necesaria para un medico: mayor espacio de trabajo, debido su extrema delgadez, alta gama de colores (incluyendo el color negro verdadero), definición y resolución de imagen, y tiempo de respuesta rápido. El conjunto de todos estos factores podría proporcionar mayor eficacia en la labor sanitaria. Su precio oscila entre \$ 9000-\$ 10000.



**Figura 29.** PVM- 2551 de Sony.

– Cinemizer OLED.

Las pantallas OLED Cinemizer, impulsadas por Carl Zeiss Cinemizer OLED, se puede llegar a convertir en una de las formas más eficaces para sobrellevar una intervención por parte del paciente. El método consiste en distraer la atención del paciente mediante unas gafas que proyecten algún tipo de contenido audiovisual relajante y que le impidan observar tanto el material quirúrgico como a los profesionales que realizan la intervención. Esto ayuda al paciente a reducir el estrés y la ansiedad, mejorando la experiencia en este tipo de situaciones.



**Figura 30.** Cinemizer OLED.

#### *5. 4. Aplicaciones militares:*

Para poder aplicar este tipo de tecnología para uso militar, los dispositivos tienen que tener características como un tamaño pequeño, compacto, ligero y delgado. Además, deberán requerir poca energía para su funcionamiento, ya que tendrán que ser portátiles.

El tipo de pantalla utilizado para este cometido proporcionaría nuevas formas de identificar la situación del soldado en todo momento, además de dispositivos de iluminación y visión nocturna. Los factores de visualización deben ser de alta potencia para evitar confusión en el terreno e interceptar cualquier obstáculo en situaciones de

peligro. Además, junto con el desarrollo de sistemas de reconocimiento y procesado de imagen y realidad aumentada, podría resultar una gran fuente de información para el usuario.

Antes de incorporar esta tecnología en este campo, se tienen que realizar numerosas pruebas ya que se desconocen los efectos para la salud a largo plazo y debido a que un fallo del dispositivo podría suponer un grave fallo de seguridad.

Por último, como muchos de los avances militares como internet en sus orígenes, tendrían cabida para un uso domestico o lúdico.

Hay un tipo de aplicación en este campo que actualmente se está desarrollando de una forma más avanzada: Microdisplays, para una visión directa de las imágenes.

– Pro View SO- 35.

Esta aplicación está desarrollada por el Programa del Ejército de EE.UU. Está constituido por un visor monocular y ofrece avistamiento térmico y conocimiento de la situación mediante imágenes en color.



**Figura 31.** Sistema Pro View SO-35.

– LE-450.

Esta aplicación está constituida por un visor monocular montado en el casco de los soldados. Proporciona una capacidad visual óptima tanto con luz diurna como nocturna, puede sumergirse en agua hasta 10 metros de profundidad manteniendo la señal y es resistente a temperaturas extremas.

– Z800 Visión 3D.

Este sistema es un simulador portátil que integra una plataforma de arquitectura abierta utilizada para el entrenamiento. El equipo cuenta con un controlador de entorno visual que correlaciona cabeza, cuerpo y arma mediante rastreadores de movimiento integrados en un chaleco de carga para el ensayo de misiones programadas. El visor ofrece imágenes en color panorámicas de 360° en 3D estereoscópica, sonido estéreo Hi-Fi y un micrófono para la comunicación en escenarios de formación en grupo.

También se utiliza como sistema de terapia de la ansiedad.



**Figura 32.** Sistema Z800 Visión 3D.

### 5. 5. Otras aplicaciones.

– Tecnología OLED aplicada a la energía fotovoltaica

La empresa alemana Heliatek ha creado unas ventanas generadoras de energía solar, integrando en ellas paneles solares flexibles fabricados con una base polimérica. Las ventajas que podemos encontrar en este tipo de ventanas es que, gracias a su flexibilidad, ligereza y semitransparencia, la estructura en si no sufre ningún cambio en su estructura, tanto en peso como en su función. Tienen las bases necesarias para aislar del frío y del calor (cristal) como para generar energía mediante los paneles solares adheridos al cristal.



**Figura 33.** Celda fotovoltaica aplicada a ventanas solares.

## 6. PATENTES.

Hoy en día, las empresas dedicadas a la fabricación de pantallas planas, poseen las patentes de los materiales usados para ello. Desde que un grupo de investigación de Eastman Kodak informo del descubrimiento de un OLED, en 1987, más de cien compañías han dirigido sus investigaciones y desarrollos para explorar los avances de una nueva generación de OLEDs, con mejores características que la tecnología que predominan en estos tiempos, como el LCD.

Poco a poco, las empresas fabricantes de materiales electroluminiscentes, clasifican sus descubrimientos y mejoras de dispositivos OLED mediante patentes, haciendo suyos los derechos de fabricación de cada dispositivo. Las características de los materiales están basadas en la Clasificación de Patentes Internacionales de la tecnología OLED en el Índice de Patentes Mundiales.

Este apartado está enfocado en el análisis de la Propiedad Intelectual (IP) de siete empresas que trabajan en este tipo de tecnología: Eastman Kodak, Cambridge Display Technology (CDT), Universal Display Corporation (UDC), Dow Chemical, Covion, Idemitsu Kosan (IK) y DuPont.

### 6. 1. *Eastman Kodak.*

Eastman Kodak fue pionera en el desarrollo de la tecnología OLED fabricado con moléculas pequeñas y ha estado en esta tecnología desde los años 80. Ha establecido una base amplia de propiedad intelectual y experiencia de fabricación.

Para formar la capa emisora de luz, Kodak usa un material de un simple componente huésped orgánico, multicomponentes compuestos por un material huésped y uno o más componentes de coloración fluorescente o agentes captadores de electrones como dopantes.

Entre los materiales huésped más adecuados para la formación de películas delgadas, el grupo más conocidos por Kodak es el metales (Al, Mg, Li, Ga, Zn) complejos derivados de 8-hidroxiquinolato. El complejo de aluminio (AlQ) es el compuesto comúnmente utilizado para la emisión del color verde. Para su estructura, usa preferentemente los derivados de antraceno, tales como 9,10-diarilantraceno.

Kodak patentó una variedad de dopantes para los dispositivos OLED de moléculas pequeñas emisoras de color rojo, azul y verde. Los dopantes pueden ser fluorescentes,

fosforescentes o pigmentos. Para generar luz roja de un dispositivo OLED usaron dopantes fluorescentes rojos como derivados de p-talocianina y sus correspondientes metales derivados en las capas de emisión. Ejemplos de emisores de luz verde son los derivados de cumarina o AlQ dopadas con derivados de quinacridona. Los emisores de color azul ha sido el más difícil de preparar. Usaron aniones de complejos de aluminio mixtos ligados con 8-hidroxiquinolato o componentes luminiscentes emisores de luz azul de complejos de  $\mu$ -oxo bisaluminio junto con muchas otras composiciones.

La metodología para preparar materiales electroluminiscentes blancos usa rellenos y dopantes con colores complementarios. Una de las patentes de Kodak indica que el dispositivo OLED blanco contiene un material de relleno emisor de luz verde-azul y además un componente emisor de luz roja.

#### Patent Numbers and Titles of the U.S. Patents on the OLED Emitting Materials Granted to Eastman Kodak

Serial No.	PN	Title
1	U.S. 6,361,887	Electroluminescent devices having naphthylanthracene-based polymers
2	U.S. 6,268,072	Electroluminescent devices having phenylanthracene-based polymers
3	U.S. 6,020,078	Green organic electroluminescent devices
4	U.S. 5,972,247	Organic electroluminescent elements for stable blue electroluminescent devices
5	U.S. 5,904,961	Method of depositing organic layers in organic light emitting devices
6	U.S. 5,935,720	Red organic electroluminescent devices
7	U.S. 5,908,581	Red organic electroluminescent materials
8	U.S. 5,755,999	Blue luminescent materials for organic electroluminescent devices
9	U.S. 5,683,823	White light-emitting organic electroluminescent devices
10	U.S. 5,645,948	Blue organic electroluminescent devices
11	U.S. 5,593,788	Organic electroluminescent devices with high operational stability
12	U.S. 5,554,450	Organic electroluminescent devices with high thermal stability
13	U.S. 5,550,066	Method of fabricating a TFT-EL pixel
14	U.S. 5,409,783	Red-emitting organic electroluminescent device
15	U.S. 5,405,709	White light emitting internal junction organic electroluminescent device
16	U.S. 5,294,870	Organic electroluminescent multicolor image display device
17	U.S. 5,294,869	Organic electroluminescent multicolor image display device
18	U.S. 5,151,629	Blue emitting internal junction organic electroluminescent device (I)
19	U.S. 5,150,006	Blue emitting internal junction organic electroluminescent device (II)
20	U.S. 5,141,671	Mixed ligand 8-quinolinolato aluminum chelate luminophors
21	U.S. 5,061,569	Electroluminescent device with organic electroluminescent medium
22	U.S. 5,059,861	Organic electroluminescent device with stabilizing cathode capping layer
23	U.S. 5,047,687	Organic electroluminescent device with stabilized cathode
24	U.S. 4,769,292	Electroluminescent device with modified thin film luminescent zone
25	U.S. 4,885,211	Electroluminescent device with improved cathode
26	U.S. 4,720,432	Electroluminescent device with organic luminescent medium
27	U.S. 4,539,507	Organic electroluminescent devices having improved power conversion efficiencies
28	U.S. 4,356,429	Organic electroluminescent cell
29	U.S. 4,973,694	Benzofuran dyes containing a coumarin nucleus
30	U.S. 4,950,950	Electroluminescent device with silazane-containing luminescent zone
31	U.S. 4,948,893	Novel benzofuran dyes
32	U.S. 4,900,831	Novel benzofuran dyes

Tabla 1. Listado de patentes Eastman Kodak.

## 6. 2. *Cambridge Display Technology.*

CDT establecida en Cambridge (UK), fue fundada después del trabajo inicial hecho en la Universidad de Cambridge. Sus investigaciones descubrieron los poli(p-fenilenvinilo) (PPV) y sus derivados pudiendo así, usarse como emisores para construir OLEDs, que fueron el primer ejemplo de PLED. El invento se ha llevado a las pantallas planas en el mercado.

Los materiales poliméricos inventados por CDT son homo- o copolímeros conjugados. Ejemplos son poli(arilenvinilo)s  $[\text{ArCR}_1=\text{CR}_2\text{L}]_n$ , polímeros triarilamina, grupos de triacina y fusionando trifenos como unidades estructurales repetidas.

Un dispositivo electroluminiscente emisor de luz azul fue descrito como una matriz polimérica comprimida en una capa de emisión y un componente cromofórico mezclado con enlaces covalentes a la matriz polimérica.

Los componentes cromofóricos fueron seleccionados de estilbena o distirilbenceno y la matriz polimérica puede estar formada por poli(metilmacrilato), policarbonato o poliestireno.

En octubre de 2002, CDT adquirió la tecnología OLED de la base Opsys de Oxford, que se supo de materiales dendríticos. En julio de 2003, se les concedió la patente desde Opsys.

### Patent Numbers and Titles of the U.S. Patents on the OLED Emitting Materials Granted to CDT

Serial No.	PN	Title
1	U.S. 6,559,256	Polymers for use in optical devices
2	U.S. 6,512,082	Polymers, their preparation and uses
3	U.S. 6,498,049	Display devices
4	U.S. 6,423,428	Conjugated copolymers for use in luminescent devices
5	U.S. 6,403,809	Compounds for electronic devices
6	U.S. 6,395,328	Organic light emitting diode color display
7	U.S. 6,340,732	Conjugated polymers
8	U.S. 6,353,072	Polymer preparation from boron derivative functional group-containing monomers
9	U.S. 6,340,732	Conjugated polymers
10	U.S. 5,965,979	Manufacture of organic light emitting devices
11	U.S. 5,807,627	Electroluminescent devices
12	U.S. 5,747,182	Manufacture of electroluminescent devices
13	U.S. 5,653,914	Electroluminescent device comprising a chromophoric polymeric composition
14	U.S. 5,514,878	Polymers for electroluminescent devices
15	U.S. 5,672,678	Semiconductive polymers for use in luminescent devices
16	U.S. 5,512,654	Semiconductive polymers for use in luminescent devices
17	U.S. 5,425,125	Optical device incorporating semiconductive conjugated polymer
18	U.S. 5,401,827	Semiconductive polymers for use in luminescent devices
19	U.S. 5,399,502	Method of manufacturing of electroluminescent devices
20	U.S. 5,328,809	Patterning of semiconductive polymers
21	U.S. 5,247,190	Electroluminescent devices

Tabla 2. Listado de patentes de Cambridge Display Technology.

### 6. 3. Universal Display Corporation.

UDC, fundada en 1994, está establecida en Ewing, Nueva Jersey, desde 1999. Ha colaborado en las investigaciones de desarrollo en la Universidad de Princeton y la del Sur de California para desarrollar la tecnología OLED. Aunque solo tiene seis patentes hasta julio de 2003, ha construido una de las fuentes de IP en el área de OLEDs entre ellos la licencia de Motorola, Princeton y la universidad del Sur de California. Se han desarrollado dopantes electrofosforescentes basados en metaloporfirinos que mejorara potencialmente la eficiencia de conversión de potencia en comparación con los agentes de dopado fluorescente.

### Patent Numbers and Titles of the U.S. Patents Granted to UDC

Serial No.	PN	Title
1	U.S. 6,597,111	Protected organic optoelectronic devices
2	U.S. 6,596,443	Mask for patterning devices
3	U.S. 6,576,351	Barrier region for optoelectronic devices
4	U.S. 6,569,697	Method of fabricating electrodes
5	U.S. 6,537,688	Adhesive sealed organic optoelectronic structures
6	U.S. 6,407,408	Method for patterning devices

Tabla 3. Listado de patentes de Universal Display Corporation.

#### 6. 4. Dow Chemical.

Dow, utilizando la ayuda de Suzuki, ha trabajado en el desarrollo de homopolímeros y copolímeros basados en fluoreno que permiten emitir 3 colores primarios. La representación estructural de estos polímeros se muestra en la tabla siguiente:

### Patent Numbers and Titles of the U.S. Patents on the OLED Emitting Materials Granted to Dow Chemical

Serial No.	PN	Title
1	U.S. 6,593,450	2,7-Aryl-9-substituted fluorenes and 9-substituted fluorene oligomers and polymers
2	U.S. 6,353,083	Fluorene copolymers and devices made therefrom
3	U.S. 6,309,763	Fluorene-containing polymers and electroluminescent devices therefrom
4	U.S. 6,255,449	Fluorene-containing polymers and compounds useful in the preparation thereof
5	U.S. 6,255,447	2,7-Aryl-9-substituted fluorenes and 9-substituted fluorene oligomers and polymers
6	U.S. 6,169,163	Fluorene-containing polymers and compounds useful in the preparation thereof
7	U.S. 5,962,631	2,7-Aryl-9-substituted fluorenes and 9-substituted fluorene oligomers and polymers
8	U.S. 5,948,552	Heat-resistant organic electroluminescent device
9	U.S. 5,777,070	Process for preparing conjugated polymers
10	U.S. 5,708,130	2,7-Aryl-9-substituted fluorenes and 9-substituted fluorene oligomers and polymers

Tabla 4. Listado de patentes de Dow Chemical.

#### 6. 5. Covion.

Covion, existe desde 1992, originada de Hoechst AG's central investigó y desarrolló proyectos sobre la tecnología OLED. Covion se centra en materiales semiconductores orgánicos y la mayoría de los materiales emisores de luz, que ellos mismos descubrieron, son polímeros. Particularmente, los polímeros conjugados de Covion son poli(espirobifluorenos) o polímeros fusionados con nitrógeno contenido en heterociclos y fracciones de arilenovinilo.

Covion también indicó derivados de 9,9-espirobifluorenos con gran solubilidad y el más probable de tener propiedades para dar forma a la película.

**Patent Numbers and Titles of the U.S. Patents Granted to COVION**

Serial No.	PN	Title
1	U.S. 6,476,265	Method for producing aryl oligoamines
2	U.S. 6,414,431	Thin film electrode for planar organic light-emitting devices and method for its production
3	U.S. 6,361,884	Partially conjugated polymers with spiro centers and their use as electro-luminescent materials
4	U.S. 6,316,591	Ordered poly(arylenevinylene) terpolymers, method for the production and the use thereof as electroluminescent materials
5	U.S. 6,040,069	Electroluminescence device with emission of polarized light
6	U.S. 5,874,179	Nitrogen-containing polymers as electroluminescent materials
7	U.S. 5,840,217	Spiro compounds and their use as electroluminescence materials

Tabla 5. Listado de patentes de COVION

**6. 6. Idemitsu Kosan.**

La compañía japonesa IK ha desarrollado una amplia variedad de metodologías para mejorar la pureza del color, tiempo de vida, brillo y eficiencia lumínica. IK usa componentes simples o materiales multicomponentes en la capa electroluminiscente. Los materiales de componentes simples se componen comúnmente por elementos fusionados con anillos de benceno junto con derivados de antraceno, pentaceno o compuestos basados en estilbena, entre otros.

### Patent Numbers and Titles of the U.S. Patents on the OLED Materials Granted to Idemitsu Kosan

Serial No.	PN	Title
1	U.S. 6,541,129	Organic electroluminescence device and phenylenediamine derivative
2	U.S. 6,534,199	Organic electroluminescence device and organic light emitting medium
3	U.S. 6,515,182	Arylamine compound and organic electroluminescence device
4	U.S. 6,509,109	Organic electroluminescent device
5	U.S. 6,489,489	Organic electroluminescent device
6	U.S. 6,489,046	Organic electroluminescence device
7	U.S. 6,486,601	Organic luminescence device with reduced leakage current
8	U.S. 6,464,898	Fluorescence conversion medium and display device comprising it
9	U.S. 6,455,176	Fluorescence-reddening membrane and red-emitting device using same
10	U.S. 6,416,888	Organic electroluminescent device and method of manufacture thereof
11	U.S. 6,406,804	Organic electroluminescent device
12	U.S. 6,224,966	Organic electroluminescent device
13	U.S. 6,221,517	Fluorescence-reddening membrane and red-emitting device
14	U.S. 6,214,481	Organic electroluminescent device
15	U.S. 6,124,024	Organic electroluminescent device
16	U.S. 6,074,734	Organic electroluminescence device, organic thin film, and triamine compound
17	U.S. 5,891,554	Organic electroluminescence device
18	U.S. 5,837,166	Organic electroluminescence device and arylenediamine derivative
19	U.S. 5,705,284	Thin film electroluminescence device
20	U.S. 5,536,949	Charge injection auxiliary material and organic electroluminescence device containing the same
21	U.S. 5,516,577	Organic electroluminescence device
22	U.S. 5,505,985	Process for producing an organic electroluminescence device
23	U.S. 5,466,392	Organic electroluminescence device and compound having an aluminum complex structure
24	U.S. 5,443,921	Thin film electroluminescence device and process for production thereof
25	U.S. 5,427,858	Organic electroluminescence device with a fluorine polymer layer
26	U.S. 5,389,444	Organic electroluminescence device
27	U.S. 5,366,811	Organic electroluminescence device
28	U.S. 5,358,788	Organic electroluminescence device containing a silanamine compound
29	U.S. 5,336,546	Organic electroluminescence device
30	U.S. 5,307,363	Organic optical gain device and method of exciting the same
31	U.S. 5,126,214	Electroluminescent element
32	U.S. 5,121,029	Electroluminescence device having an organic electroluminescent element

Tabla 6. Listado de patentes de Idemitsu Kosan.

#### 6. 7. DuPont.

DuPont es una compañía activa en la tecnología OLED. Los polímeros utilizados en los dispositivos como emisores de luz son: poli(p-fenileno), poli(arileno), poli(p-fenileno), poli(arileno), poliquinolinas y polifluoreno. En algunos casos, un surfactante amónico como el sulfato éter nonilfenoxi de litio se añadió al antes mencionado emisor polimérico para mejorar las propiedades eléctricas del polímero.

Esta empresa, tiene varias aplicaciones patentadas usando organometales teniendo enlaces 2-arilpidina como emisores.

Un ejemplo es el tratado cooperativo de patentes, el uso de compuestos de iridio electroluminiscentes con fenilpiridinas fluoratadas y fenilquinolinas.

## **7. CONCLUSIONES.**

En el desarrollo de este trabajo se ha explicado con detalle cómo funcionan los dispositivos OLED, su estructura interna y los diferentes tipos existentes, entre otras características.

Esta nueva tecnología puede conllevar grandes innovaciones en el campo mayoritario de las pantallas planas, además de mejorar las tecnologías existentes hoy en día.

Como se explica en el apartado 4.4, la variedad de OLEDs posibles de fabricar es muy amplia y las características de cada una de ellos se puedan aplicar a diferentes campos, aunque lo que triunfe realmente en el mercado sea en iluminación doméstica.

Finalmente, los materiales orgánicos fabricados a partir de polímeros conductores son innovadores para esta tecnología ya que son fácilmente maleables y tienen la posibilidad de ser transparente. Aunque en propiedades de color, para las películas emisoras, las reacciones entre electricidad y material no son tan fáciles de fabricar, sobre todo con el color azul y el conjunto de los tres colores primarios, el blanco.

Esta tecnología se podrá llevar masivamente al mercado, cuando todos los obstáculos químicos y eléctricos estén solucionados.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. **Zhigang Li, Hong Meng.** *Organic Light-Emitting Materials and Devices*. s.l. : Taylor & Francis , 2007.
2. **Shinar, Jseph.** *Organic light-emitting devices. A survey*. Ames, USA : Springer, 2004.
3. **Hecht, Eugene.** *Optica*. Madrid : Addison Wesley Iberoamericana, 2000.
4. **F. Castells, R. Esteve, D.Moratal.** *Fundamentos de electrónica*. s.l. : Universidad Politécnica de Valencia, 2007.
5. [En línea] <http://www.uco.es/organiza/departamentos/quimica-fisica/quimica-fisica/FQM204/Resumen.pdf>.
6. **Nelson, Prof. Richard.** OLED Fabrication. [En línea]
7. **Ruiz, David Fabuel.** Sistema electrónicos para la caracterizacion de la conductividad y electroluminiscencia de materiales inorgánicos y poliméricos. Modelado de dispositivos OLED precomerciales. Valencia : s.n., 2010.
8. **P.M. Alemán Chicaiza, G.M. Males Cevallos.** Estudio de los LEDs organicos (OLEDs), posibles aplicaciones y comparacion con tecnologíadisponibles para la presentaciónde información en pantallas planas. Quito : s.n., 2007.
9. [En línea] Octubre de 2012. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20254/Capitulo3.pdf>.
10. **Gufeng He, Karsten Walzer, Martin Pfeiffer, and Karl Leo/Robert Pudzich and Josef Salbeck.** Ultra-high efficiency electrophosphorescent p-i-n OLEDs with double emission layer. Dresden & Kassel, Germany : s.n.
11. **Gang Cheng, Yingfang Zhang, Yi Zhao, Yuanyuan Lin, Chunyan Ruan, and Shiyong Liu/Teng Fei and Yuguang Ma/Yanxiang Cheng.** White organic light-emitting devices with a phosphorescent. 2006.
12. **Kim, Woo Young.** White OLED for Future Lighting. Asan, Korea : s.n.
13. **Maaninen, Arto.** ROLLED Towards R2R fabrication davices. *Technology Manager, printable, electronica and optic*.
14. **Scholles, Jörg Amelung & Michael.** OLED Lighting. *Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems*.
15. **Gómez, Roberto Carlos Cabriales.** Luminiscencia en polimeros semiconductores. Nuevo Leon, Mexico : s.n., 2004. Vol. VII, 23.
16. **Saucedo., Juan Carlos Carrillo.** En busca de la pantalla perfecta. Tecnología OLED.
17. *Fabricación y caracterización eléctrica de diodos oraganicos emisores de luz (OLEDs)*. **H. Méndez, D. Pardo, J.P. Cuéllar, J.C. Salcedo, R. Vera y B.A. Páez.** 2, 2009, Vol. 41.
18. **Changhee Lee, Heume-Il Baeka, Jeonghun Kwaka, Joon Youp Kima and Byung Doo Chinb.** Optimization of white OLEDs based on charge carrier conduction properties of phosphorencent emmitting layers. Seoul, Korea : s.n., 2008. Vol. 7051.
19. **Fapei Zhang, Andeas Petr, Uwe Kirbach, Lothar Dunsch.** Electropolymerized buffer layers in OLED. *Highlight*. 2001.
20. **Young, Sung Ordaz and Berry.** OLEDs and Flexible products.
21. **P., Andrés Murillo.** Tecnología OLED.
22. **Summitt, Chris.** OLED Fabrication for Use in Display Systems. Tucson, Arizona. : s.n., 2006.
23. **OLLA, consortium.** Fabrication of first individual monochrome OLED samples on small substractes. 2006.
24. **Alberto Ballestin.** Engadget en español. [En línea] 11 de 11 de 2011. <http://es.engadget.com/2012/11/11/bmw-volante-oled/>.
25. [europaexpress.es](http://europaexpress.es). [En línea] <http://www.europapress.es/motor/sector-00644/noticia-audi-desarrolla-nuevo-sistema-iluminacion-oled-20120430112224.html>.
26. Taringa! [En línea] <http://www.taringa.net/posts/noticias/914430/Sony-introduce-primer-TV-OLED.html>.
27. **IEEE.** Future Flexible OLED Displays for Army Applications. USA : s.n., 2009.
28. **Srećko Kunić, Zoran Šego.** OLED Technology and Displays. Zabreg, Croatia : s.n., 2012.
29. **Sarango, José.** Monografías. [En línea] <http://www.monografias.com/trabajos82/oled/oled2.shtml>.
30. SciVerse, ScieDirect. [En línea] 1 de Mayo de 2012. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040609011018621>.
31. **Val. Hormiga Solar.** [En línea] <http://www.hormigasolar.com/oled-que-son/>.
32. Gestion de color. [En línea] 10 de Enero de 2012. <http://www.gestiondecolor.com/blog/i/33781/128/impresion-de-oled>.
33. **María Alonso Peinado.** Creamos el futuro. [En línea] 9 de Marzo de 2010. [http://blogs.creamoselfuturo.com/nano-tecnologia/category/nanomateriales-y-nanodispositivos/page/6/?jal\\_no\\_js=true&poll\\_id=8](http://blogs.creamoselfuturo.com/nano-tecnologia/category/nanomateriales-y-nanodispositivos/page/6/?jal_no_js=true&poll_id=8).

34. Zhenjiang Haitong Chemical Indurtry Co.,Ltd. [En línea] <http://www.haitonchem.com/template/p1-55e.htm>.
35. Pantens. [En línea] 2008-2012. <http://es.patents.com/>.
36. **Uwe Brinkmann**. Laser Focus World. [En línea] 6 de Enero de 2006. <http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-42/issue-6/world-news/light-emitting-diodes-oled-pixel-array-is-transparent.html>.
37. Efimarket.com. [En línea] 22 de Mayo de 2012. <http://www.efimarket.com/blog/tecnologia-oled-aplicada-a-la-fotovoltaica-la-tercera-generacion-de-tecnologia-solar>.
38. Bombillas Soled. [En línea] Enero de 2011. <http://www.bombillasoled.com/>.
39. fair companies. [En línea] 2006. <http://faircompanies.com/news/view/iluminacion-organica-y-ventanas-que-son-lamparas/>.
40. Defence Update, Internationa Online Defence Magazine. [En línea] 11 de Enero de 2006. <http://www.defense-update.com/features/du-3-05/feature-OLED-2.htm>.
41. Defence Update, Internationa Online Defence Magazine. [En línea] 11 de Enero de 2006. <http://www.defense-update.com/products/o/oled.htm>.
42. Total 3D Solutions. [En línea] <http://total3dsolutions.com/med.html>.
43. **Gene Ostrovsky**. Med Gatget. [En línea] 12 de Julio de 2012. <http://www.medgadget.com/2012/07/sony-unveils-worlds-first-oled-medical-monitor.html>.
44. Plastic Electronics. [En línea] 18 de Julio de 2012. <http://www.plusplasticelectronics.com/healthwellbeing/sony-oled-display-approved-for-medical-use-60215.aspx>.
45. Wikipedia. [En línea] <http://es.wikipedia.org>.

## **9. AGRADECIMIENTOS.**

Querría agradecer este proyecto a los profesores Jaime García Rupérez, por la oportunidad de hacer este proyecto, y José Vicente Llario Sanjuán, por su desinteresada colaboración en la búsqueda de información de aplicaciones de estos dispositivos.

A mis padres, Elisa y Roberto, por apoyarme en todo momento, desde lejos y desde cerca. A mi hermano, Aitor, simplemente por estar conmigo cuando ha podido. Os Quiero Mucho. Muchas Gracias por cada día.

A todos mis amigos, que si pusiera todos sus nombres, haría otro proyecto entero solo para ellos. Vosotros sabéis quienes sois.

Y, especialmente, a Luis José Salmerón Contreras, un amigo, un compañero, un novio y muchas otras cosas, por toda su ayuda, apoyo y paciencia que ha tenido estos meses conmigo. Te Quiero Mucho.