

## **Treball final de grau**

**Estudi:** Grau en Tecnologies Industrials

**Títol:** Desenvolupament d'un punt de llum a l'espai urbà  
incorporant Tecnologia LED

**Document:** 1. Memòria i Annexos

**Alumne:** Joan Carbonell Valls

**Tutor:** Josep Tresserras Picas

**Departament:** Organització, gestió empresarial i disseny del producte

**Àrea:** Expressió gràfica en l'enginyeria

**Convocatòria:** setembre 2016



## **Agraïments**

Primer de tot m'agradaria donar les gràcies al meu tutor Josep Tresserras Picas pel seu suport, l'orientació i la confiança durant la realització del projecte. Tampoc em puc oblidar d'en Rafael Yter Humedas, que ha estat com un segon tutor durant tot aquest període.

També donar les gràcies als companys del Centre Cid, en David Garriga i en Jonathan Gispert, per ajudar-me a solucionar problemes a l'hora de fer servir el software per desenvolupar el punt de llum.

A la Núria Ferrer, per ajudar-me a tractar els aspectes lingüístics d'aquest treball.

Als professors que he tingut durant tots els meus anys de docència per formar-me i ajudar-me en tots els aspectes.

Als meus pares Pere i Assumpció, a la meva germana Núria, i als meus avis, Joan i Núria per recolzar-me sempre que els he necessitat.

Per últim, vull donar les gràcies a tots als meus amics pel seu interès i ajuda durant tota la meva etapa.

## ÍNDEX

<b>1. Introducció</b>	10
1.1. Antecedents	11
1.2. Objecte	11
1.3. Abast	11
1.4. Especificacions	12
<b>2. Estat de l'art</b>	13
2.1. Recorregut de les lluminàries fins al led	13
2.1.1. Enllumenat públic	17
2.1.2. Tipus de làmpades	18
<b>2.2. Tecnologia led</b>	34
2.2.1. Tipus de led	36
2.2.2. Avantatges dels leds	38
2.2.3. Els oled	40
2.3. La columna	42
2.4. Energia fotovoltaica	45
2.5. Les bateries	48
2.6. Memòria descriptiva	50
<b>3. Estat del mercat</b>	52

<b>4.</b>	<b>La normativa</b>	<b>56</b>
<b>5.</b>	<b>Desenvolupament conceptual</b>	<b>60</b>
<b>6.</b>	<b>Suport informàtic utilitzat</b>	<b>62</b>
6.1.	Solidworks	62
6.2.	Ansys	62
6.3.	Keyshot	63
6.4.	Tracepro	63
6.5.	Crocodile	63
<b>7.</b>	<b>Càlculs</b>	<b>64</b>
7.1.	Càlculs de la fotovoltàica	64
7.2.	Càlculs del punt de llum	67
<b>8.</b>	<b>Mètode de fabricació</b>	<b>69</b>
8.1.	Disseny de les peces i col·locació	69
8.2.	Muntatge del punt de llum	70
8.3.	Sistema pas d'energia solar a elèctrica	71
<b>9.</b>	<b>Resum del pressupost</b>	<b>74</b>
<b>10.</b>	<b>Conclusions i modificacions</b>	<b>75</b>
<b>11.</b>	<b>Relació documents</b>	<b>77</b>
<b>12.</b>	<b>Bibliografia i webgrafia</b>	<b>78</b>
<b>13.</b>	<b>Glossari</b>	<b>80</b>
<b>A.</b>	<b>Obtenció dels càlculs amb ansys</b>	<b>82</b>

<b>B. Creació de renders amb keyshot .....</b>	<b>90</b>
<b>C. Resultats tracepro .....</b>	<b>98</b>
<b>D. Components comprats.....</b>	<b>107</b>

## ÍNDIX DE FIGURES

<i>figura 2.1 Evolució punts de llum (mobiliario urbano: innovación y diseño, Josep Tresserras Picas , 2011)</i> .....	13
<i>figura 2.2 canelobre (<a href="http://www.micasarevista.com/var/decoracion/storage/images/mi-casa/ideas-decoracion/estilo-neobarroco-decoracion-casas/candelabro-de-de-parlane/187080-1-esl-ES/candelabro-de-de-parlane_ampliacion.jpg">http://www.micasarevista.com/var/decoracion/storage/images/mi-casa/ideas-decoracion/estilo-neobarroco-decoracion-casas/candelabro-de-de-parlane/187080-1-esl-ES/candelabro-de-de-parlane_ampliacion.jpg</a>)</i> .....	14
<i>figura 2.3 Palmatòria (<a href="http://www.escenografiasparaelbelen.es/detalleArticulo.asp?A=135">http://www.escenografiasparaelbelen.es/detalleArticulo.asp?A=135</a>)</i> .....	15
<i>figura 2.4 Primera làmpada (<a href="http://www.inventionary.com.ar/wp-content/uploads/ThomasEdisonBombillaElectrica.jpg">http://www.inventionary.com.ar/wp-content/uploads/ThomasEdisonBombillaElectrica.jpg</a>)</i> .....	16
<i>figura 2.5 Làmpada Parafina (<a href="http://www.todocoleccion.net/antiguedades/lampara-parafina-keroseno-petromax-baby-821-made-in-germany~x31355776#sobre_el_lote">http://www.todocoleccion.net/antiguedades/lampara-parafina-keroseno-petromax-baby-821-made-in-germany~x31355776#sobre_el_lote</a>)</i> .....	16
<i>figura 2.6 Parts làmpada vapor de mercuri (manual il·luminació INDAL)</i> .....	19
<i>figura 2.7 cablejat de connexió per làmpades de vapor de mercuri (manual il·luminació INDAL)</i> .....	20
<i>figura 2.8 efectes de les variacions de tensió (ELT)</i> .....	21
<i>figura 2.9 Làmpada de vapor de sodi a baixa pressió (PHILIPS)</i> .....	22
<i>figura 2.10 Parts de la làmpada de vapor de sodi a baixa pressió (manual il·luminació INDAL)</i> .....	23
<i>figura 2.11 Esquema instal·lació (manual de il·luminació INDAL)</i> .....	23
<i>figura 2.12 efectes de les variacions de tensió (ELT)</i> .....	24
<i>figura 2.13 Làmpada vapor de sodi alta pressió (OSRAM)</i> .....	25
<i>figura 2.14 Parts làmpada de vapor de sodi a alta pressió (manual il·luminació INDAL)</i> .....	26
<i>figura 2.15 Esquema dels tipus d'arrencadors (manual de il·luminació INDAL)</i> .....	27
<i>figura 2.16 efectes de les variacions de tensió (ELT)</i> .....	27
<i>figura 2.17 Exemples models del mercat (PHILIPS)</i> .....	28
<i>figura 2.18 Parts làmpada Fluorescent (manual il·luminació INDAL)</i> .....	29
<i>figura 2.19 Esquema d'arrencament (manual il·luminació INDAL)</i> .....	30
<i>figura 2.20 Efectes de les variacions de tensió (llibre manual práctico de iluminación)</i> .....	31

<i>figura 2.21 Models de làmpades fluorescents (PHILIPS)</i> .....	32
<i>figura 2.22 Funcionament LED (document dossier LED 2012)</i> .....	34
<i>figura 2.23 Impacte de la corrent en el flux lluminós (document dossier LED 2012)</i> .....	34
<i>figura 2.24 estructura d'un LED (document dossier LED 2012)</i> .....	35
<i>figura 2.25 Diferències entre LEDS (<a href="http://blog.ledbox.es/informacion-led/diferencias-entre-led-cob-led-smd-y-microled">http://blog.ledbox.es/informacion-led/diferencias-entre-led-cob-led-smd-y-microled</a>)</i> .....	37
<i>figura 2.26 Depreciació del flux lluminós amb el pas del temps (document dossier LED 2012)</i> .....	38
<i>figura 2.27 Variació tonalitat llum</i> .....	39
<i>figura 2.28 comparació del comportament del LED vs fluorescent (document dossier LED 2012)</i> .....	40
<i>figura 2.29 elements columna (<a href="http://www.forjasestilo.es/noticias/entry/caracteristicas-de-las-columnas-alumbrado-publico">http://www.forjasestilo.es/noticias/entry/caracteristicas-de-las-columnas-alumbrado-publico</a>)</i> .....	42
<i>figura 2.30 exemple columna troncocònica (<a href="http://seguridad.com.es/images/sam996(1).jpg">http://seguridad.com.es/images/sam996(1).jpg</a>)</i> .....	43
<i>figura 2.31 cimentació base amb cargols (<a href="http://www.forjasestilo.es/noticias/entry/caracteristicas-de-las-columnas-alumbrado-publico">http://www.forjasestilo.es/noticias/entry/caracteristicas-de-las-columnas-alumbrado-publico</a>)</i> .....	43
<i>figura 2.32 Procés obtenció energia elèctrica (<a href="http://www.sapa-solar.com/spain/fotovoltaica/C%C3%B3mo%20funciona%20una%20c%C3%A9lula%20fotovoltaica.html">http://www.sapa-solar.com/spain/fotovoltaica/C%C3%B3mo%20funciona%20una%20c%C3%A9lula%20fotovoltaica.html</a>)</i> .....	45
<i>figura 2.33 efecte fotoelèctric(<a href="http://www.sapa-solar.com/spain/fotovoltaica/C%C3%B3mo%20funciona%20una%20c%C3%A9lula%20fotovoltaica.html">http://www.sapa-solar.com/spain/fotovoltaica/C%C3%B3mo%20funciona%20una%20c%C3%A9lula%20fotovoltaica.html</a>)</i> .....	47
<i>figura 3.1 Punt de llum cedrus solar (simon lighting)</i> .....	53
<i>figura 3.2 Punt de llum magnòlia solar (simon lighting)</i> .....	53
<i>figura 3.3 punt de llum FAMA (lamp lishting)</i> .....	54
<i>figura 3.4 exemple punt de llum amb generador (Atlas copco)</i> .....	54
<i>figura 3.5 exemple punt de llum amb generador (pramac)</i> .....	55
<i>figura 3.6 exemple punt de llum amb panell fotovoltaic (Atlas copco)</i> .....	55
<i>figura 7.1 esquema circuit LED</i> .....	65
<i>figura 8.1 Esquema camí energia</i> .....	71
<i>figura A.1 Dades del material</i> .....	83
<i>figura A.2 Tall a 1.2m</i> .....	84
<i>figura A.3 Tall de la columna per la meitat</i> .....	84
<i>figura A.4 Exemple mallat 2</i> .....	85
<i>figura A.5 Exemple mallat 1</i> .....	85
<i>figura A.6 Col·locació suport fix</i> .....	85
<i>figura A.7 Força armari</i> .....	86
<i>figura A.8 Força placa</i> .....	86

<i>figura A.9 Pressió de l'aire</i> .....	86
<i>figura A.10 Factor de seguretat</i> .....	87
<i>figura A.11 Deformació del punt de llum</i> .....	88
<i>figura A.12 Tensions Equivalents (Von-Misses)</i> .....	89
<i>figura B.1 punt de llum inicial</i> .....	90
<i>figura B.2 Selecció material</i> .....	91
<i>figura B.3 detall dels LED de la lluminària</i> .....	92
<i>figura B.4 Detall subconjunt panell fotovoltaic</i> .....	92
<i>figura B.5 Punt de llum</i> .....	93
<i>figura B.6 Detall lluminària</i> .....	93
<i>figura B.7 Detall subconjunt armari i lluminària</i> .....	94
<i>figura B.8 Detall posterior subconjunt armari i lluminària</i> .....	94
<i>figura B.9 Detall subconjunt panell fotovoltaic</i> .....	95
<i>figura B.10 Detall regulació de posició del panell fotovoltaic</i> .....	95
<i>figura B.11 Col·locació punt de llum en una zona de obres</i> .....	96
<i>figura B.12 Col·locació punt de llum en un campament militar</i> .....	96
<i>figura B.13 Col·locació punt de llum en un camp de refugiats</i> .....	97
<i>figura D.1 Panell fotovoltaic</i> .....	107
<i>figura D.2 Regulador de Càrrega</i> .....	108
<i>figura D.3 Armari schneider acer inoxidable</i> .....	108
<i>figura D.4 Bateria de gel</i> .....	109
<i>figura D.5 Interruptor fotoelèctric</i> .....	109
<i>figura D.6 Dissipador calor lluminària</i> .....	110
<i>figura D.7 Part inferior lluminària</i> .....	110



# **I-MEMÒRIA**

## **1. INTRODUCCIÓ**

En l'actualitat tota zona poblada disposa de diferents punts de llum que faciliten la visibilitat. Aquests han anat evolucionant amb els anys a fi d'obtenir millores en temes econòmics, tècnics, socials, mediambientals entre d'altres.

En els darrers anys aquests punts de llum, cada vegada amb més freqüència, incorporen lluminàries de tipus LED, que tenen un millor rendiment que les lluminàries convencionals utilitzades anteriorment.

Quan parlem de fanals, els primer que ens ve a la ment, són els que trobem a la via urbana, ja siguin carrers dels pobles o carreteres, però hi ha un ventall molt més ampli per la seva utilització.

Actualment la societat està patint diversos conflictes bèl·lics, i a causa d'això s'han de muntar campaments en zones provisionals, i com és lògic, aquestes zones han d'estar dotades de punts de llum. Aquests conflictes, provoquen que moltes de les persones que viuen en aquests països emigrin a altres per poder trobar una calma i evitar els constants atacs. A causa d'aquests fets es creen camps de refugiats, per poder ajudar a les persones que marxen de casa sense res. Aquests camps per tant també han d'estar dotats de punts de llum.

Així doncs per aquestes causes es poden dissenyar punts de llum dotats d'una lluminària LED i amb panells fotovoltaics a fi de no utilitzar l'escomesa elèctrica i evitar cablejats, o sorolls generats pels generadors.

## **1.1. ANTECEDENTS**

La irrupció de la tecnologia LED a la il·luminació dels últims anys, especialment a espais públics urbans, està generant estalvis energètics, reduccions de costos en compres i en el manteniment dels punts de llum a més d'un allargament del seu cicle de vida. Tot això és degut a la millora diària de les tecnologies i en la cursa per obtenir productes amb una certa millora i la reducció del cost.

En els seus inicis aquestes eren columnes modulares amb lluminàries convencionals, la gran majoria funcionaven amb fluorescents, mentre que en els darrers dies es desenvolupen punts de llum que implementen la tecnologia LED i incorporen panells fotovoltaics que s'usen per generar l'energia necessària per fer ús de les lluminàries quan la llum solar no és suficient per il·luminar.

## **1.2. OBJECTE**

Amb aquest treball, el que es vol fer és dissenyar un punt de llum que incorpori una lluminària formada per LED, una placa fotovoltaica, un sistema de regulació i la pròpia columna de suport. Per fer aquest disseny es tindrà en compte que tingui el menor cost possible, que sigui de fàcil muntatge, que millori l'estalvi energètic i per tant sigui millor de cara al medi ambient i potenciï la seva funcionalitat.

## **1.3. ABAST**

Per poder desenvolupar el projecte es durà a terme un estudi de les diferents lluminàries (convencionals i LED), així com els diferents tipus de columna tenint en compte les normatives vigents.

Amb els resultats obtinguts en el estudi es definiran les característiques de la lluminària a nivell lumínic i estructural, per fer aquesta secció s'haurà de realitzar els càlculs adients per garantir la seguretat del conjunt muntat amb columna i placa fotovoltaica.

Per acabar es definiran els plànols tècnics de la lluminària, la columna i el suport de les plaques fotovoltaiques. A més es realitzarà un estudi econòmic a nivell d'inversió del projecte i de costos.

#### **1.4. ESPECIFICACIONS**

Tal i com he comentat en la introducció, de fanals n'hi ha de diferents tipus en funció de les característiques que es necessiten, en funció del lloc on ha d'anar col·locada. Així doncs, com que podríem dissenyar bastants punts de llum, en aquest treball em centraré a dissenyar fanals emprats en zones que no hagin de ser permanents. Aquestes zones podrien ser les obres, camps de refugiats, campaments militars, etc.

Com que en tots els casos, es necessita certa velocitat a l'hora de muntar-ho tot, es dissenyarà un punt de llum que sigui de fàcil muntatge, lleuger, de dimensions petites i resistent als cops.

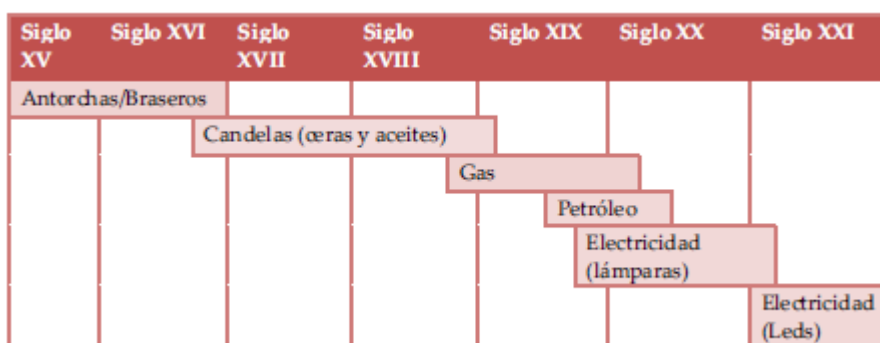
S'ha definit una columna que serà de 6 metres de longitud d'acer galvanitzat, que anirà soterrada 1,2 metres. Aquest valor s'ha extret de les vigents normatives sobre soterraments de punts de llum en la via urbana. A la part superior tindrem el panell fotovoltaic, que tindrà total llibertat de moviment, seguit de l'armari de bateries que allotjarà les bateries i els components necessaris per poder fer servir la lluminària, i la pròpia lluminària LED que serà de tipus SMD.

## 2. ESTAT DE L'ART

En aquest treball s'utilitza tecnologia que ja ha estat desenvolupada anteriorment. Per dissenyar el punt de llum hem agafat la tecnologia LED, els panells fotovoltaics i la columna per crear un conjunt. Per entendre millor com funciona cada una de les diferents parts, farem una explicació.

### 2.1. RECORREGUT DE LES LLUMINÀRIES FINS AL LED

En aquest apartat tractarem l'evolució de les energies utilitzades en la generació de la il·luminació a l'espai públic. Per veure més clar com ha evolucionat la manera de il·luminar, adjunto el procés.



*figura 2.1 Evolució punts de llum (mobiliari urbano: innovación y diseño, Josep Tresserras Picas , 2011)*

Veiem doncs que a partir del segle XV, ja hi havia un tipus de lluminària, que ara pot semblar molt rupestre, que era la torxa. Aquesta va evolucionar a les candeles. Veiem que a partir del segle XIX fins al segle XX, els sistemes de vigència dels nous sistemes d'energia tenen un espai d'utilització menor. Si els dos primers mètodes van ser utilitzats durant aproximadament dos segles cada un, veiem que en els segles XIX i XX tenim 3 mètodes diferents per fer llum. Tots aquests avenços ens han portat a la tecnologia LED en l'actualitat.

Ja en l'antiguitat, l'home va començar a il·luminar els espais que habitava en els moments en què el sol deixava d'il·luminar, perfeccionant els sistemes d'enllumenat segons els processos tecnològics i gustos de les diferents èpoques. Podríem dir, doncs, que el primer mètode d'enllumenat va ser la torxa, seguit de les espelmes, per donar lloc a tècniques més avançades, que amb el descobriment dels combustibles eren capaços de proporcionar flames.

En l'edat mitjana feien ús de torxes suspeses en suports a l'exterior de les muralles, i tot això ha anat evolucionant fins a l'actualitat, on la tecnologia LED és una de les principals fonts de llum.

La il·luminació és un camp on s'han produït bastantes innovacions, totes elles degudes en gran mesura a l'interès econòmic i social. A mesura que es consolida una innovació radical en el sistema d'il·luminació sorgeixen noves innovacions incrementals que optimitzen de manera gradual la nova solució, generant una trajectòria que millora fins que una nova innovació radical obliga a obrir un nou camí, que pot incorporar nous productes, amb noves configuracions i tecnologies aplicables.

En la primera etapa com a suport podem destacar el canelobre, es remunta als orígens de la torxa resinosa clavada a terra o a la paret. Els primers daten de l'edat antiga. En l'època romana estaven fets de bronze i tenien bastanta decoració.



*figura 2.2 canelobre ([http://www.micasarevista.com/var/decoracion/storage/images/mi-casa/ideas-decoracion/estilo-neobarroco-decoracion-casas/candelabro-de-de-parlane/187080-1-esl-ES/candelabro-de-de-parlane\\_ampliacion.jpg](http://www.micasarevista.com/var/decoracion/storage/images/mi-casa/ideas-decoracion/estilo-neobarroco-decoracion-casas/candelabro-de-de-parlane/187080-1-esl-ES/candelabro-de-de-parlane_ampliacion.jpg))*

També destaca la palmatòria, que era una espècie de candeler baix amb mànec i peu, normalment amb forma de platet; la llum d'oli, que era un utensili molt senzill que servia per il·luminar, constava d'un parell de recipients de metall superposats; en el superior es posava l'oli i la metxa que ha de cremar, mentre que l'inferior porta una vareta que serveix per penjar el llum de l'oli.



*figura 2.3 Palmatòria (<http://www.escenografiasparaelbelen.es/detalleArticulo.asp?A=135>)*

Amb el pas del temps, quan la il·luminació elèctrica es va generalitzar, les espelmes van passar a utilitzar-se només per crear ambient en velades especials, cerimònies, oficis religiosos i fins i tot en moments en els quals no hi havia electricitat. En les dues últimes dècades del segle XX, les espelmes són de nou objectes de caire decoratiu de moda per la llar. Això ha fet que els dissenyadors inventin noves formes i experimentin amb diferents materials per crear objectes de diferents estils, tant clàssics com contemporanis.

El foc va desaparèixer com sistema d'il·luminació quan Thomas Edison va construir la primera làmpada elèctrica l'any 1879, aquesta làmpada va estar brillant durant més de 48 hores seguides.

La primera làmpada consistia en un bulb de vidre, a l'interior del qual s'havia fet el buit (així al no haver-hi oxigen, s'evita la combustió) i tenia un filament de carbó per on passava el corrent elèctric.



*figura 2.4 Primera làmpada (<http://www.inventionary.com.ar/wp-content/uploads/ThomasEdisonBombillaElectrica.jpg>)*

En aquest tipus de làmpades, el filament oposa resistència al seu pas, és per aquest motiu que es posa incandescent, per l'efecte Joule, aconseguint així la il·luminació. Aquest filament es va substituir per un de tungstè a causa del baix rendiment. Posteriorment el buit de l'interior es va substituir per una atmosfera de nitrogen o d'altres gasos inerts. A mesura que la tecnologia avançava, van aparèixer nous tipus de làmpades: les luminescents (consistien en un tub ple de gasos rars a pressió moderada) i les fluorescents (sense cap filament, però sí amb una fina capa de substàncies especials).

La il·luminació elèctrica en la llar no estava a l'abast de totes les persones, sinó que només en feien ús les persones amb un gran poder adquisitiu, encara que les bombetes ja s'havien comercialitzat. Normalment en les cases on no tenien aquestes bombetes, feien ús de làmpades de parafina o de gas i espelmes.



*figura 2.5 Làmpada Parafina ([http://www.todocoleccion.net/antiguedades/lampara-parafina-keroseno-petromax-baby-821-made-in-germany-x31355776#sobre\\_el\\_lote](http://www.todocoleccion.net/antiguedades/lampara-parafina-keroseno-petromax-baby-821-made-in-germany-x31355776#sobre_el_lote))*



En els anys cinquanta del segle passat, es van popularitzar nous materials com els plàstics i des de llavors, l'ús d'una tecnologia de baix voltatge ha permès una major flexibilitat. Aquesta tecnologia es va començar a usar als voltants de l'any 1972, inicialment rebien el nom de làmpades de reflector planes de gas inert. Aquestes bombetes van suposar una revolució en el disseny de la il·luminació, ja que aquest sistema oferia un control òptic més estret, amb això aconseguien il·luminar una paret, realçar un punt en concret d'una zona escollida, o cobrir els objectes amb una llum suau daurada o platejada, segons el tipus de reflector utilitzat.

A l'actualitat les bombetes cada vegada van perdent més força, això és a causa de la implementació de la tecnologia LED. Encara que hi ha bombetes de baix consum, l'opció d'utilitzar els LED cada vegada pren més força, ja que actualment és la tecnologia que ofereix un millor rendiment tant en l'àmbit econòmic com en l'àmbit ambiental.

### **2.1.1. ENLLUMENAT PÚBLIC**

Les primeres ordenances sobre l'enllumenat públic de les es té constància daten del segle XVI. A França, els veïns havien de penjar un llum a les portes de casa seva, i no va ser fins uns anys més tard, cap a l'any 1558, que es van col·locar fanals a les cantonades dels carrers.

El primer problema d'aquests fanals era el respectiu engegat i apagat; per fer-ho havien de contractar una persona que fes la ronda per engegar i la respectiva per apagar.

Les primeres lluminàries de gas daten de l'any 1807 a Londres, Frederick Albert Winsor va il·luminar una part d'un carrer de la ciutat. Tal i com anteriorment he comentat, aquests fanals necessitaven d'una persona que engegés els fanals al capvespre. Anys més tard, van implementar mètodes perquè aquestes s'engeguessin soles amb el pas del gas.

Els primers punts de llum amb arc elèctric daten de l'any 1875 de la mà del rus Pavel Yablochkov. Eren làmpades d'arc elèctric amb elèctrodes de carbó, que feien servir corrent alterna i que garantien un funcionament regular. Aquesta millora va afavorir l'ús de fanals d'aquestes característiques a bastants llocs.

La ciutat de Timisoara, a Romania, va ser la primera ciutat Europea a tenir enllumenat públic gràcies a l'electricitat, l'any 1884. Aquestes làmpades tenien grans inconvenients: emetien una llum molt intensa i desprenien molta calor, encara que per algunes zones sí que s'utilitzaven no era gaire còmode per col·locar als carrers. A part, tenien un gran desgast dels elèctrodes. A finals del segle XX, amb el desenvolupament de les làmpades incandescentes, les antigues làmpades d'arc, van quedar en desús, encara que per usos industrials es feien servir.

### **2.1.2. TIPUS DE LÀMPADES**

Tal i com he comentat anteriorment, les làmpades han estat evolucionant de manera constant al llarg de tots els anys. Segons els punts de llum emprats en la via urbana tenim diferents tipus de lluminàries. A continuació, farem una breu explicació de cada una d'elles per centrar-nos en les LED.

- Làmpada vapor de mercuri a alta pressió

Consisteixen en un tub de descàrrega de quars ple de vapor de mercuri, el qual conté dos elèctrodes principals i un d'auxiliar per facilitar l'engegada.

Emeten una llum de color blau verdós, no conté radiacions vermelles. Per resoldre aquest problema s'acostumen a afegir-hi substàncies fluorescents que emetin en aquesta zona de l'espectre, així es milloren les característiques cromàtiques de la llum, encara que també hi ha disponibles bombetes completament transparents que il·luminen bé zones on no es requereix la reproducció exacta dels colors.

Tenen una vida útil que ronda les 25.000 hores de vida, encara que la depreciació lumínica és considerable. En contra, quan aquestes es trenquen alliberen vapor de mercuri i això incrementa el risc d'enverinament.

A continuació explicarem les parts fonamentals de la làmpada de vapor de mercuri a alta pressió:

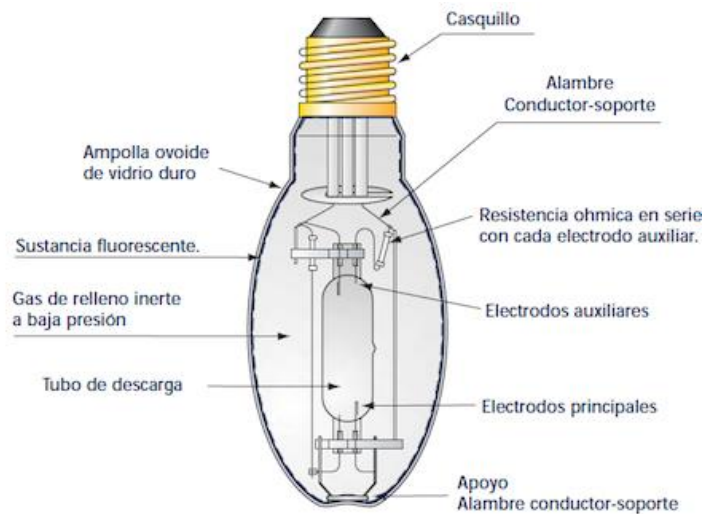


figura 2.6 Parts làmpada vapor de mercuri (manual il·luminació INDAL)

Tub de descàrrega: és un tub de quars per suportar les altes pressions i les temperatures. En el seu interior hi ha dos elèctrodes en els extrems de wolframi o tungstè amb cavitats plenes d'un material que facilita l'emissió dels electrons. També porta un elèctrode auxiliar connectat a un dels principals i al altre mitjançant una resistència que actua amb valor d'entre 10-30kΩ.

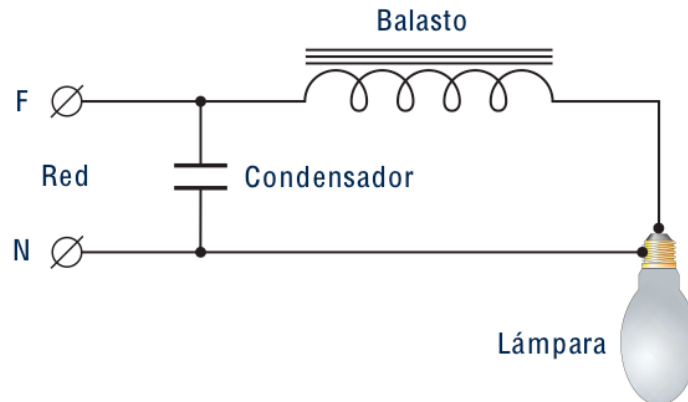
El tub està ple d'un gas inert, normalment argó o neó, que ajuda a originar la descàrrega i una dosi adequada de mercuri que es vaporitza quan la làmpada està en ple rendiment.

Ampolla exterior: és de vidre endurit i suporta temperatures d'uns 350°C aproximadament. La seva missió és protegir el tub de descàrrega i tots els suports. Està ple d'un gas inert, en aquest cas d'argó o nitrogen, que ajuda a evitar l'oxidació dels elements metàl·lics.

Casquet: té la funció de segellar l'ampolla i connectar la tensió de línia als elèctrodes del tub de quars. Ha de portar un balast en sèrie amb els elèctrodes.

La làmpada entra en funcionament quan es tanca l'interruptor i es produeix un petit arc entre l'elèctrode principal i l'auxiliar d'engegada que produeix una ionització del gas del interior del tub de quars iniciant la descàrrega principal. La descàrrega en primer lloc es produeix a través del gas perquè el mercuri encara està a temperatura ambient i amb una pressió baixa. A mesura que el mercuri eleva la seva temperatura, es vaporitza

augmentant la pressió a l'interior del tub i la tensió entre els borns de les làmpades. Al cap d'uns minuts, el mercuri està completament volatilitzat i la descàrrega es produeix a través d'aquest. En aquest moment augmenta el flux lluminós i varia el color de la font. Una vegada arribat a l'equilibri, la intensitat la regula el balast.



*figura 2.7 cablejat de connexió per làmpades de vapor de mercuri (manual il·luminació INDAL)*

Les làmpades de vapor de mercuri necessiten una reactància que consisteix en una bobina que limita el pas de la intensitat a través del tub i estabilitza la descàrrega. No necessiten equip d'engegada. Tenen un condensador connectat en sèrie per compensar el factor de potència.

Les variacions de la tensió de la xarxa sobre la làmpada afecten el corrent, el flux lluminós i la potència en la làmpada. Quan la tensió augmenta, la intensitat de corrent, el flux lluminós i la potència augmenten. En canvi si la tensió disminueix, les característiques de la làmpada també disminueixen.

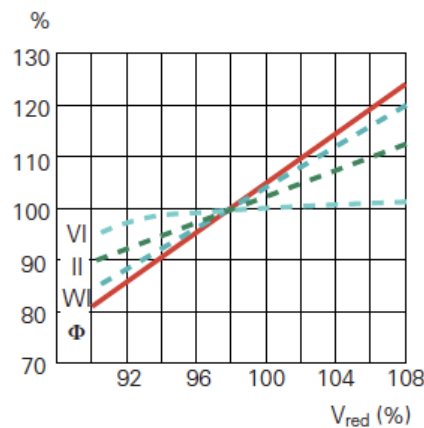


figura 2.8 efectes de les variacions de tensió (ELT)

On:

$V_L$ : és la tensió de l'arc de la làmpada

$I_L$ : és la intensitat

$W_L$ : és la potència

$\Phi$ : és el flux lluminós

Les principals característiques són:

- la seva posició de funcionament és universal
- el temps d'engegat i re engegat és de 300 i 600 segons respectivament
- són de mida gran
- tenen la possibilitat de regular-se
- el seu rang de potència va dels 50 als 2.000 watts
- tenen un flux lluminós d'entre 2.000 – 58.000 lúmens
- tenen un espectre lluminós discontinu
- el color de la llum té un to blanc
- la temperatura de color està al voltant dels 3.200 – 4.000 °K
- tenen una vida útil d'aproximadament unes 12.000 hores

- Làmpada vapor de sodi

És un tipus de làmpada de descàrrega de gas que fa ús del vapor de sodi per produir la llum. És una de les fonts més eficients ja que proporcionen gran quantitat de lúmens per watt. La llum d'aquestes làmpades és de color groc brillant.

Aquestes làmpades poden ser d'alta pressió o de baixa pressió:

· Baixa pressió: es poden assemblar a les làmpades de vapor de mercuri pel que fa a al funcionament i a la forma. Les principals diferències es troben en els components del tub de descàrrega que veurem més endavant.

Aquestes làmpades produeixen un rendiment lumínic molt elevat gràcies al fet que les radiacions produïdes es concentren en la zona de l'espectre visible on la percepció visual és màxima. Com ja hem vist, aquesta zona pertany al color groc, color característic de les làmpades de vapor de sodi. La làmpada de vapor de sodi a baixa pressió fou la primera d'aquest tipus.



*figura 2.9 Làmpada de vapor de sodi a baixa pressió (PHILIPS)*

A continuació explicaré les parts de la làmpada i el seu funcionament:

Tub de descàrrega: té forma de U, és de vidre dur i està recobert per una capa de bòrax que protegeix el vidre del sodi. Al llarg del tub existeixen alguns petits enfonsaments que serveixen perquè quan el sodi es refredi quedi concentrat en aquests punts perquè quan el tornem a engegat sigui més fàcil. Té dos elèctrodes de tungstè situats als extrems del tub entre els quals es produeix la descàrrega. La temperatura òptima de funcionament és de 280°C.

Ampolla exterior: és de vidre recobert interiorment per una capa d'òxid d'indi. La seva funció és mantenir el tub de descàrrega aïllat tèrmicament per mantenir la temperatura de treball i reduir les pèrdues de calor. En el seu interior hi ha el buit.

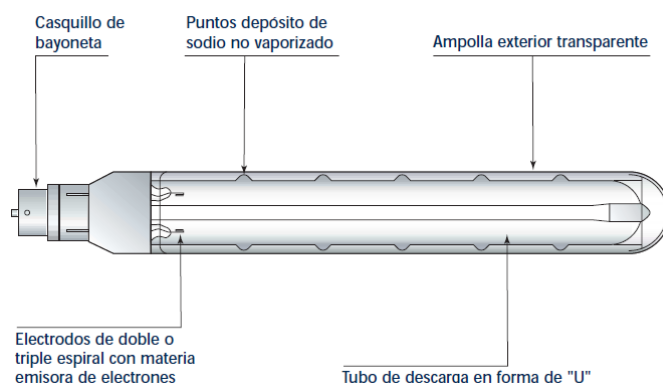


figura 2.10 Parts de la làmpada de vapor de sodi a baixa pressió (manual il·luminació INDAL)

L'engegat es produeix quan es tanca l'interruptor, hi ha una descàrrega entre els electrodos del tub de descàrrega, a través del gas de neó. A mesura que la seva temperatura augmenta, el sodi comença a vaporitzar-se fins que s'inicia la descàrrega a través del vapor de sodi. La làmpada comença a posar-se de color groguenc, fins que arriba al punt més intens quan s'estabilitza la descàrrega. En aquest moment la làmpada proporciona el flux lluminós màxim.

Aquestes làmpades requereixen d'un equip auxiliar que pot ser un balast o un transformador amb un ignitor separat. El balast es connecta en sèrie amb la làmpada i un arrencador en paral·lel. També és molt important col·locar un condensador en paral·lel per corregir el factor de potència.

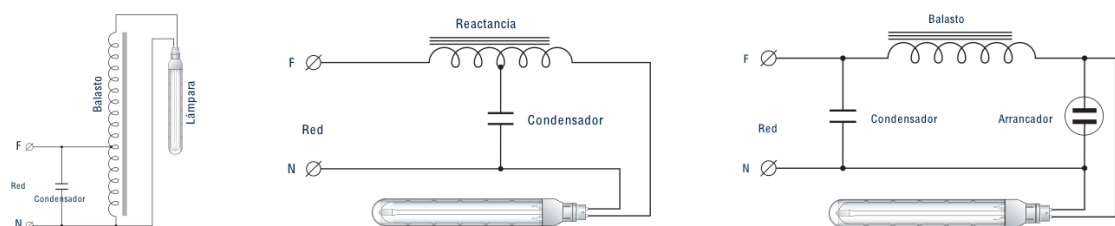


figura 2.11 Esquema instal·lació (manual de il·luminació INDAL)

Hem de tenir en compte que les variacions de la tensió sobre la làmpada afecten el corrent, el flux lluminós i la potència de la làmpada.

A continuació adjuntaré una gràfica per veure els efectes d'aquestes variacions de tensió en les característiques de la nostra làmpada:

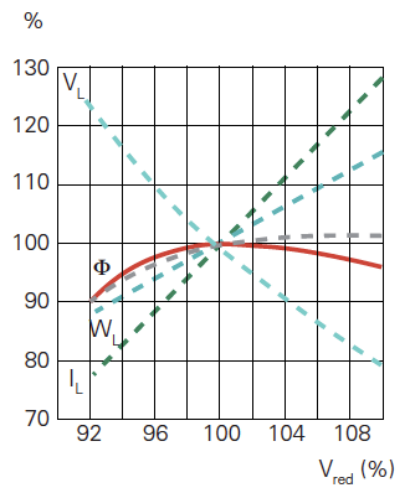


figura 2.12 efectes de les variacions de tensió (ELT)

On:

$V_L$ : és la tensió de l'arc de la llumina

$I_L$ : és la intensitat

$W_L$ : és la potència

$\Phi$ : és el flux lluminós

Les principals característiques són:

- la seva posició de funcionament és universal
- el temps d'engegat i re engegat és de 300 i 600 segons respectivament
- són de mida gran
- tenen la possibilitat de regular-se
- el seu rang de potència va dels 50 als 180 watts
- tenen un flux lluminós d'entre 1.800 – 32.000 lúmens
- tenen un espectre lluminós discontinu
- el color de la llum té un to groc daurat
- la temperatura de color ronda els 2.000°K
- tenen una vida útil d'aproximadament unes 15.000 hores



· Alta pressió: les làmpades de vapor de sodi d'alta pressió son les més avançades. Les radiacions emeses per aquestes làmpades representen un espectre de l'emissió amb bandes més amples. Es milloren les característiques de les làmpades, però l'eficàcia lluminosa i la reproducció cromàtica segueixen sent el punt dèbil d'aquestes làmpades. El tub de descàrrega arriba a temperatures de 1000°C.



*figura 2.13 Làmpada vapor de sodi alta pressió (OSRAM)*

Tot seguit faré una breu explicació de les parts de les làmpades:

Tub de descàrrega: és de mida petita i cilíndric. El material és ceràmic, a base d'òxid de magnesi que redueix la mida del cristall d'alumini. Encara que sigui translúcid, la transmissió de la radiació visible arriba al 90%. En els dos extrems té discs d'alumini que tanquen el tub.

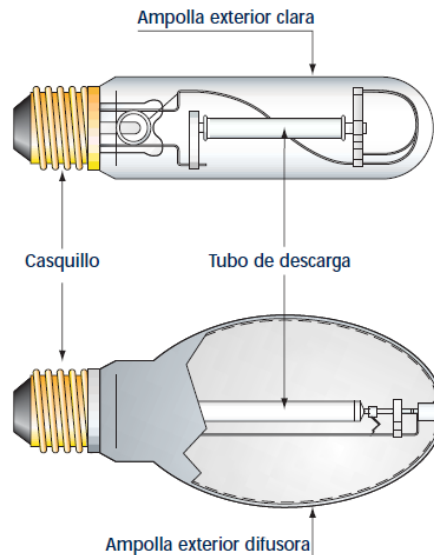
De la mateixa manera que les làmpades de baixa pressió tenen dos elèctrodes d'una aleació de tungstè i titani recoberts per una substància que afavoreixi l'emissió d'electrons.

L'interior del tub està ple de sodi, una barreja de gas xenó per facilitar l'engegada i vapor de mercuri que protegeix els elèctrodes esmorteint la mobilitat dels electrons.

La mescla de tots aquests gasos redueix la longitud d'arc necessària, per tant es disminueix la mida de la làmpada.

Ampolla exterior: és de vidre i en l'interior hi ha el buit o conté un gas inert per reduir les pèrdues de calor del tub i prevenir els atacs químics. Té forma ovoide o tubular.

Casquet: normalment utilitzen la rosca Edison, encara que també poden ser de tipus Baioneta.



*figura 2.14 Parts làmpada de vapor de sodi a alta pressió (manual il·luminació INDAL)*

La llum s'obté per l'emissió generada en el xoc dels electrons lliures amb els àtoms del gas del tub de descàrrega. Els xocs exciten els electrons que passen a òrbites de més energia. Quan tornen a la seva òrbita es produeix l'emissió dels fotons, és a dir la radiació de la llum.

Les làmpades de vapor de sodi a alta pressió necessiten una tensió molt elevada per al seu engegat. L'equip auxiliar el forment un balast i un arrencador que pot ser extern o incorporat i connectat en sèrie o semi paral·lel. Per corregir el factor de potència es connecta un condensador en paral·lel.

Quan es connecta la làmpada a través de la reactància, es produeix la descàrrega inicial a l'interior del tub i comença l'escalfament de la làmpada que fon i evapora el sodi metàl·lic i comença a emetre llum.

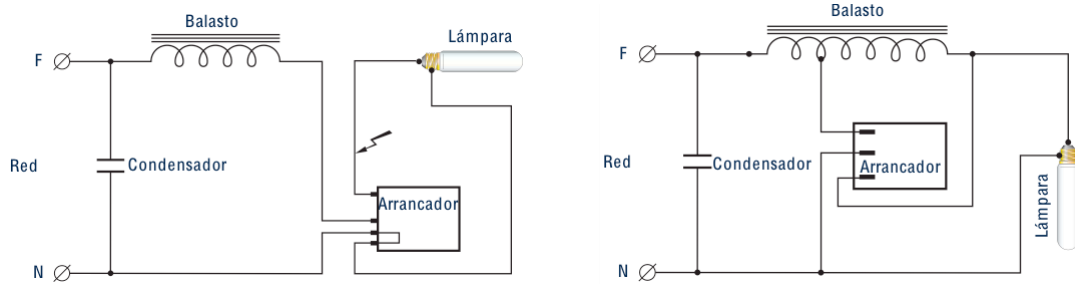


figura 2.15 Esquema dels tipus d'arrancadors (manual de il·luminació INDAL)

Les variacions de la tensió de la xarxa sobre la làmpada afecten el corrent, el flux lluminós i la potència en la làmpada. La variació de tensió afecta negativament aquestes làmpades, fins al punt de ser necessari la instal·lació d'un equip estabilitzador de tensió, d'aquesta manera es corregeixen les possibles alteracions de tensió. Si tenim un augment de la tensió, ens produeix una disminució de la reproducció cromàtica i una reducció de la vida de la làmpada.

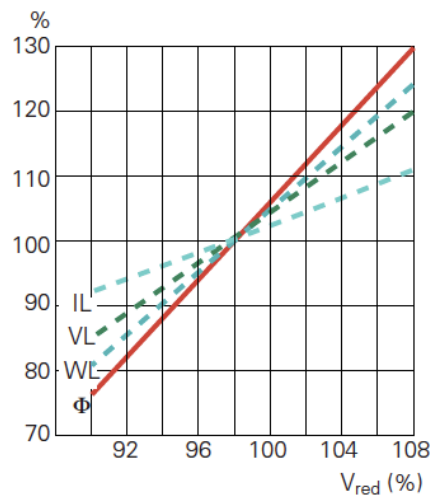


figura 2.16 efectes de les variacions de tensió (ELT)

On:

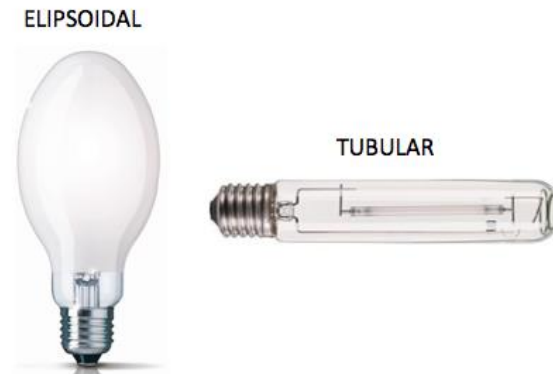
V<sub>L</sub>: és la tensió de l'arc de la làmpada

I<sub>L</sub>: és la intensitat

W<sub>L</sub>: és la potència

Φ: és el flux lluminós

En el mercat tenim diferents models; l'el·lipsoïdal i el tubular. A continuació adjuntaré una imatge per veure les formes.



*figura 2.17 Exemples models del mercat (PHILIPS)*

A continuació, explicaré les característiques principals:

- la seva posició de funcionament és universal
- el temps d'engegat i re engegat és de 300 i 600 segons respectivament
- són de mida gran
- tenen la possibilitat de regular-se
- el seu rang de potència va dels 50 als 10.000 watts
- tenen un flux lluminós d'entre 3.500 – 130.000 lúmens
- tenen un espectre lluminós discontinu
- el color de la llum té un to groc daurat
- la temperatura de color ronda els 2.300°K
- tenen una vida útil d'aproximadament unes 15.000 hores

- Làmpada fluorescent

Les làmpades fluorescents són làmpades de descàrrega en vapor de mercuri a baixa pressió. Produeixen radiacions ultraviolades per l'efecte de descàrrega que activa la pols fluorescent que conté i transforma la radiació ultraviolada en radiació visible.

Les làmpades fluorescents estan formades per:

Ampolla o tub de descàrrega: és un tub de vidre que en l'interior conté un gas inert, normalment sol ser argó o neó, a baixa pressió. A més, conté unes gotes de mercuri, que poden estar en estat líquid quan la làmpada està apagada, o en estat gasós, quan està encesa.

L'interior del tub està recobert per una substància fluorescent, a base de fòsfor en diferents formes, que és la responsable de transformar les radiacions ultraviolades en llum visible. El recobriment afecta la temperatura de color i el rendiment de les làmpades. En els extrems del tub es troben dos filaments, entre els quals es crea la diferència de potencial perquè funcioni la làmpada.

Elèctrodes: són els encarregats de conduir l'energia elèctrica de la làmpada i proporcionar els electrons necessaris per mantenir la descàrrega.

Casquet: té dos casquets, un en cada un dels extrems. Normalment utilitzen el model Bi-pin.

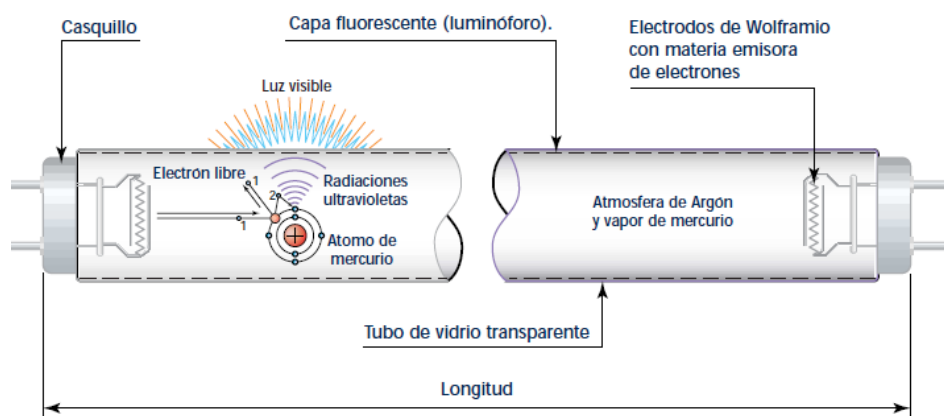


figura 2.18 Parts làmpada Fluorescent (manual il·luminació INDAL)

Quan es tanca l'interruptor, s'aplica una tensió sobre les làmines de l'encebador. Per mitjà del gas, s'estableix entre les dues làmines un arc de tensió que augmenta la temperatura de l'interior de l'encebador i deforma la làmina bimetal·lica fins que fa contacte amb la fixa. Així el circuit queda tancat permeten el pas del corrent per els dos elèctrodes e iniciant el procés d'emissió d'electrons. Uns instant més tard, la temperatura de l'ampolla del encebador disminueix i la làmina bimetal·lica deixa de fer contacte amb l'altre làmina. El circuit s'obre i el balast indueix una sobretensió que provoca l'establiment de l'arc entre els elèctrodes a través del gas del tub, produint l'emissió de radiacions lluminoses visibles.

Les làmpades fluorescents necessiten equips auxiliars per al seu funcionament, en concret necessiten un encebador i un balast.

El balast consisteix en una bobina que limita el pas de la intensitat a través del tub i estableix la descàrrega. Se situa en sèrie amb el tub de descàrrega. Pot ser un balast resistiu, per corrent continu, un balast inductiu, per corrent altern o un balast electrònic que és més car però ofereix algunes millores respecte als altres.

L'encebador s'utilitza per encendre la làmpada. S'encarrega de permetre el pas del corrent elèctric pels elèctrodes i interrompre el pas quan està encès. En el seu interior té dos borns, un és fix i l'altre és una làmina bimetal·lica, amb diferent coeficient de dilatació. Això permet el moviment dels borns en funció de la temperatura per aconseguir la connexió. Per corregir el factor de potencia es col·loca un condensador en paral·lel amb el circuit de la làmpada.

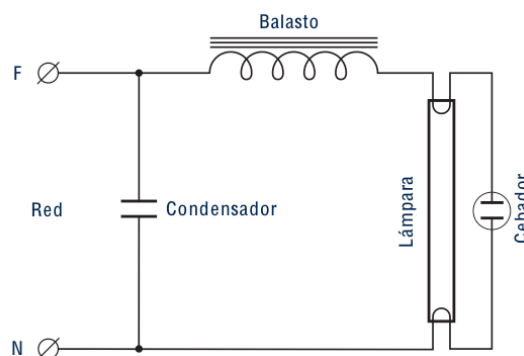


figura 2.19 Esquema d'arrencament (manual il·luminació INDAL)

Les variacions de la tensió de la xarxa sobre la làmpada afecten el corrent, el flux lluminós, la potència en la làmpada i la seva eficàcia.

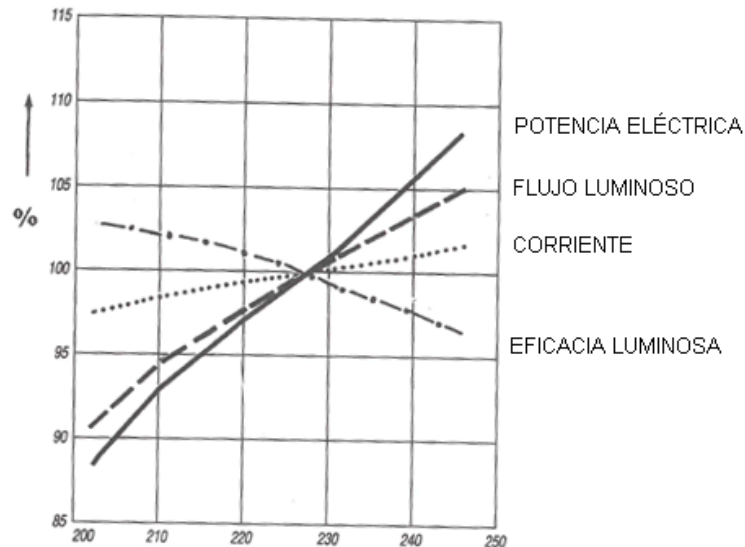


figura 2.20 Efectes de les variacions de tensió (llibre manual práctico de iluminación)

En la imatge es mostra com en augmentar la tensió també augmenta la intensitat al corrent que passa per la làmpada, la potència elèctrica i el flux lluminós, encara que l'eficàcia disminueix.

Per altra banda, quan la tensió disminueix, la potència elèctrica també disminueix de forma considerable juntament amb el flux lluminós i la intensitat. En aquest cas l'eficàcia de la làmpada augmenta.

En l'actualitat existeix una gran varietat de làmpades fluorescents. La composició de la pols fluorescent afecta la qualitat i el flux lluminós que emet la làmpada. Depenent de la pols fluorescent que s'utilitza, distingim diferents tipus:

- làmpades estàndard que emeten un espectre continu
- làmpades tri fòsfors que emeten un espectre cromàtic de tres bandes amb els colors primaris per produir llum blanca.

El diàmetre del tub també és variable i classifica les làmpades fluorescents de la següent manera:

NOMENCLATURA	DIÀMETRE (mm)
T2	7
T5	16
T8	26
T12	38

Taula 2.1 Diàmetre del tub

Les làmpades fluorescents compactes (CFL Compact Fluorescent Lamps). Són làmpades fluorescents, amb el mateix principi de funcionament, però són d'una mida molt més petita per poder utilitzar-les com a substitutes de les làmpades incandescentes.



figura 2.21 Models de làmpades fluorescents (PHILIPS)



- la seva posició de funcionament és universal
- el temps d'engegat i re engegat és de 1 i 2 segons respectivament
- són de mida gran
- tenen la possibilitat de regular-se amb un equip auxiliar
- el seu rang de potència va dels 11 als 80 watts
- tenen un flux lluminós d'entre 220 – 7.000 lúmens
- tenen un espectre lluminós discontinu
- el color de la llum té un to blanc
- la temperatura de color ronda els 2.700 – 6.000 °K
- tenen una vida útil d'aproximadament unes 15.000 hores

## 2.2. TECNOLOGIA LED

LED significa "Light Emitting Diode", en català díode emissor de llum. Un LED és un semiconductor (díode) que emet llum quan passa corrent a través seu. Els materials semiconductors que s'usen en els leds converteixen l'energia elèctrica en radiació electromagnètica visible; és a dir, llum.

L'estímul consisteix en un corrent elèctric que travessa el díode (o per ser més exactes la unió). Tot els díodes són unidireccionals: només es produeix llum quan passa corrent continu en el sentit "correcte", és a dir, l'ànode (pol positiu) al càtode (pol negatiu).

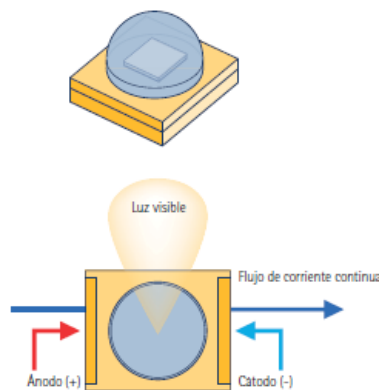


figura 2.22 Funcionament LED (document dossier LED 2012)

La quantitat de llum generada és quasi proporcional a la quantitat de corrent que flueix a través del díode. A efecte d'il·luminació, el subministrament sempre està controlat pel corrent (corrent constant).

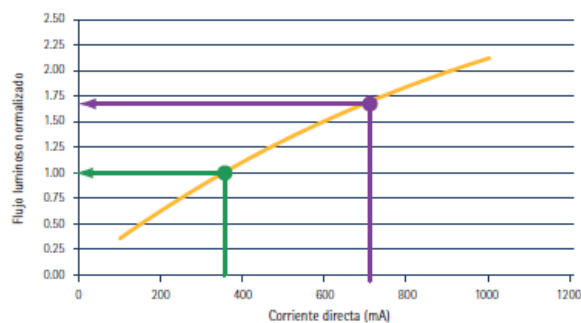
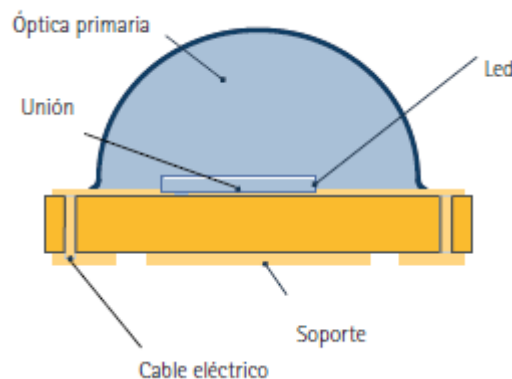


figura 2.23 Impacte de la corrent en el flux lluminós (document dossier LED 2012)

La combinació d'un LED (semiconductor), una carcassa i una òptica primària és el que es coneix com un component LED. Aquest component LED cobreix i protegeix el LED, garanteix la dissipació de la calor generada internament i inclou un sistema d'òptica primària, és a dir, una petita lent que recull i emet la llum generada per un led amb un patró definit.



*figura 2.24 estructura d'un LED (document dossier LED 2012)*

Els LEDS emeten una llum monocromàtica. El color de la llum depèn dels materials emprats per produir-la. Es pot generar llum LED en tots els colors saturats de l'espectre visible, des del violeta i blau fins al vermell, passant pel verd.

Per aconseguir una llum blanca ho podem fer de les següents maneres:

- **Bi cromatisme:** la forma més comuna consisteix a combinar un LED blau amb un material luminescent (emissor de llum), que converteix part de la llum blava en blanca (més ben dit groga). La composició d'aquest material luminescent determina la temperatura de color de la llum resultant.
- **Tri cromatisme:** es pot obtenir mesclant llums de color vermell, verd i blau (RGB), o mitjançant combinacions de LEDS blancs amb LEDS de color vermell o

ataronjat. Aquesta opció permet produir diferents temperatures de color amb un únic mòdul.

### **2.2.1. TIPUS DE LED**

Actualment el mercat LED està cobrant molta força tal i com he explicat anteriorment. Això fa que hi hagi una alta gama de productes que aparentment són iguals, però dels quals desconexem les diferències i els avantatges. A continuació explicaré breument les característiques dels més importants:

- LED SMD (Surface Mounted Device)
- LED COB (chip on board – chip en la placa)
- MICROLED

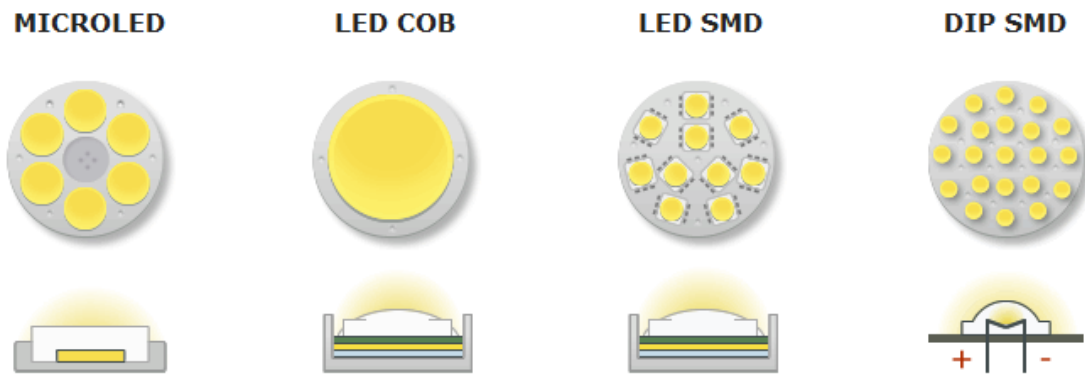
Els 3 tipus de lluminàries usen la tecnologia LED, encara que les diferències que tenen és en la pròpia construcció del díode i de la forma de la qual estan dissenyades per dissipar la calor generada per la il·luminació. Un tema molt important és la gestió tèrmica de la lluminària, ja que és essencial per garantir la duració i el correcte funcionament d'una làmpada LED. La calor generada per les lluminàries sempre s'emet en direcció contrària al feix de llum, això vol dir que la calor va directament a la part del darrera de la lluminària on es troba el xip. Per això és molt important dissipar la calor generada correctament per evitar el patiment del xip i que repercuteix en el seu rendiment.

Tant el MICROLED com el LED COB estan construïts com una matriu de LEDS, és a dir una concentració de LEDS en una pastilla recoberta de silicona. Gràcies a tenir inserits multituds de LEDS en un mateix encapsulat, els LED COB i els MICROLED tenen una dissipació de la calor molt millor que les lluminàries LED SMD. Aquesta gestió a més d'optimitzar la regulació de la calor, suporta llargs períodes d'activitat, el que fa que els MICROLED i LED COB siguin propicis per instal·lar-se en llocs de treball on es requereixen llargues hores de llum.

Les lluminàries LED SMD com que estan encapsulades superficialment amb una resina, solen estar indicades per instal·lar-se en llocs de menor exigència com zones de pas o

per quan sigui necessària una llum tènue. Aquests xips poden arribar a altes temperatures si no es gestiona de manera adequada.

Per tenir una idea de com són aquests sistemes adjunto una imatge descriptiva:



*figura 2.25 Diferències entre LEDS (<http://blog.ledbox.es/informacion-led/diferencias-entre-led-cob-led-smd-y-microled>)*

A continuació explicaré les principals diferències entre aquests dispositius:

#### 1. MICROLED I LED COB

- Tenen un rendiment lumínic de fins a 120 lúmens/watt, dues vegades més que els SMD.
- Tenen un angle d'obertura de fins a 160°
- La intensitat lumínica és major sense necessitat de concentrar tant el feix de llum
- Tenen una durabilitat més alta en no necessitar un circuit elèctric per al seu funcionament
- Llum multidireccional sense enlluernament
- Tenen una millor gestió de les fluctuacions elèctriques

#### 2. LED SMD

- Tenen un rendiment lumínic d'uns 60/70 lúmens/watt la mitat que els primers
- Tenen un angle d'obertura de fins a 360° ja que els LEDS es poden distribuir per tota la lluminària
- Si algun LED es fa malbé hi ha un dispositiu que el canvia perquè els altres funcionin bé

- No estan dissenyades per estat contínuament enceses, ja que generen molta calor i poden afectar el seu rendiment
- Gràcies a la distribució LED per la lluminària i combinant els tres LEDS de colors primaris es poden crear diferents colors
- En no portar filament són molt resistents a cops i moviments
- Emeten llum unidireccional únicament, adequada per a vivendes

### 2.2.2. AVANTATGES DELS LEDS

La vida útil dels LEDS depèn en gran mesura de les condicions d'ús; entre elles les més importants són la potència i la temperatura interna, i conseqüentment la temperatura ambient. Avui en dia un LED de qualitat té una vida útil d'unes 50.000 hores. Aquest és el període en el qual el flux lluminós cau fins a un 70% del seu valor inicial. Aquesta vida útil és factible sempre i quan el LED s'usi dins els límits de temperatura establerts.

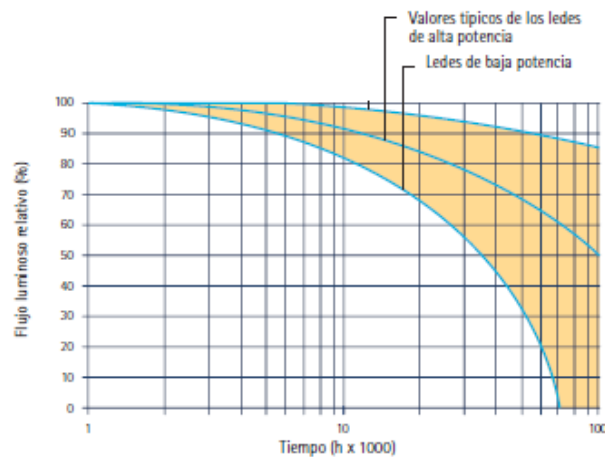


figura 2.26 Depreciació del flux lluminós amb el pas del temps (document dossier LED 2012)

Quan parlem de la vida útil d'un LED és necessari distingir entre un defecte paramètric (deteriorament del rendiment lluminós) i un defecte catastròfic (el LED no emet llum). Els fabricants tenen en compte el rendiment lluminós del LED al llarg de la seva vida, i no contemplen els altres.

Un altre avantatge de les fonts lluminoses LED és que no contenen components vulnerables o mòbils com podria ser el vidre, els filaments o els gasos. Com a

conseqüència, les solucions LED ben dissenyades són robustes i presenten una elevada resistència a les vibracions o altres tensions mecàniques.

Encara que mecànicament són sòlids, són extremadament sensibles a les influències electrostàtiques. Per això, els circuits LED només s'han de tocar amb la protecció d'una connexió a terra adequada. S'ha d'evitar la connexió directa del LED amb un cable conductor, ja que una pujada de tensió podria destruir completament el LED.

Els LEDS amb una temperatura de color més alta, i per tant amb una llum més freda, ofereixen un nivell d'eficàcia superior que els mateixos LEDS amb temperatures de color més baixes.

Per fer-nos a la idea del color que tenim en funció de la temperatura que treballa la nostra lluminària adjunto una imatge:

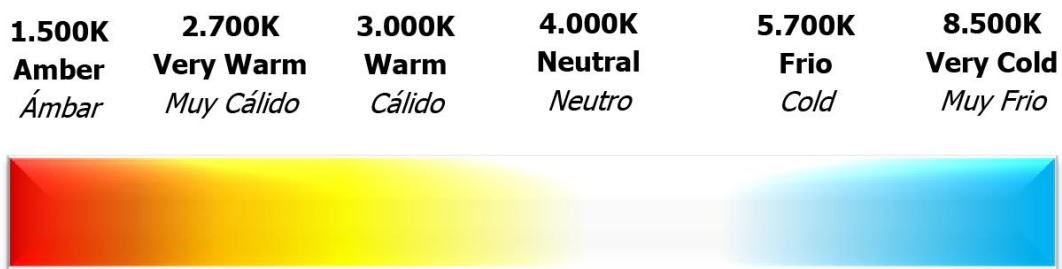


figura 2.27 Variació tonalitat llum

- Llum càlida, el to és blanc vermellós, la seva temperatura de color és inferior a 3300°K.
- Llum blanca o neutra, el to de llum és blanc, la seva temperatura de color ronda els 3300-5000°K.
- Llum freda, el to és de color blanc blavós, la seva temperatura de color és superior als 5000°K

Tal i com he comentat anteriorment les làmpades fluorescents no emeten immediatament tot el seu flux lluminós des del moment en què s'engeguen, en canvi els LEDS reaccionen immediatament als canvis en el subministrament elèctric. Una vegada

s'engeguen, arriben en un instant al seu flux lluminós màxim, per la qual cosa són molt adequats en aplicacions amb engegades i apagades amb bastanta freqüència.

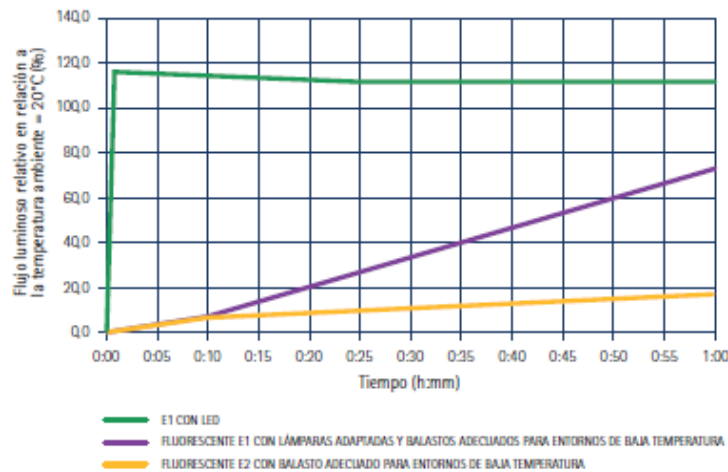


figura 2.28 comparació del comportament del LED vs fluorescent (document dossier LED 2012)

D'acord amb els resultats obtinguts en l'anàlisi del cicle de vida, on s'ha examinat l'impacte ecològic del LED des de la seva producció fins que es recicla i processa, si el comparem amb altres fonts de llum, els LEDS tenen un potencial perquè la seva petjada ecològica sigui en el futur més petita que totes. A més no contenen mercuri, a diferència de les làmpades fluorescents.

Un altre avantatge dels LED és que el feix de llum no conté radiació ultraviolada ni infraroja. Això els fa molt adequats per entorns en els que s'interessa evitar aquest tipus de radiacions, com museus, botigues amb productes alimentaris o botigues de roba.

### 2.2.3. ELS OLED

Els OLED (díodes lluminosos orgànics) constitueixen el següent pas en el desenvolupament de noves fonts que generen llum a través de semiconductors en lloc de filaments o gasos. Els OLED ofereixen una il·luminació sostenible que fa possibles noves opcions d'aplicacions.

La diferència més important entre els LEDS i els OLEDS cau en la seva estructura. Els OLED usen semiconductors orgànics, mentre que els LED, estan fabricats amb cristalls de matèria inorgànica. També tenen aspecte diferent. Els LEDS creen punts de llum



brillants, mentre que els OLED són làmines molt fines que distribueixen la llum de manera uniforme sobre una superfície. Els OLED produeixen una llum relaxant, difusa i bastant brillant que no enlluerna.

Els OLED no arribaran a substituir els LEDS perquè tenen aplicacions molt específiques i moltes d'elles complementàries.

En els OLED el corrent flueix a través d'una o varies capes semi conductores orgàniques molt fines, situades entre un elèctrode positiu i un altre de negatiu. Aquestes capes descansen sobre una làmina de vidre a un altre material transparent que es denomina substrat.

Quan s'aplica la tensió als elèctrodes, per l'OLED flueix un corrent d'electrons negatius i un corrent d'ona positiva. Quan aquests electrons es combinen en la capa activa, ràpidament s'allibera una gran quantitat d'energia en forma de llum. En combinar diferents materials en les capes orgàniques, els OLED poden generar llum de diferents colors.

Els OLED actuals es disposen sobre vidre. En l'actualitat, el vidre és l'únic substrat transparent que protegeix el material intern davant els efectes de la humitat i l'aire. No obstant, també s'està estudiant el desenvolupament de substrats de plàstic tou que poden oferir la protecció necessària. Aquests permetrien crear panells flexibles i transformables, en funció del que es vulgui il·luminar o la col·locació en què ha d'anar.

## 2.3. LA COLUMNA

Les columnes d'enllumenat públic són l'estructura que aguanten les lluminàries. Només donant un cop d'ull a l'exterior podem observar diferents columnes; aquestes tenen diferents dissenys, materials, altures... totes aquestes característiques vénen definides per la funció i els requisits de la zona en qüestió.

Independentment del seu estil i la ubicació concreta en l'espai urbà, les unitats que constitueixen una columna són, de la part inferior a la superior:

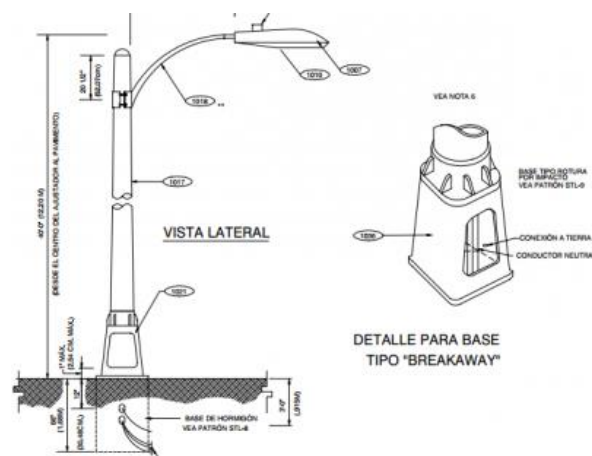


figura 2.29 elements columna (<http://www.forjasestilos.es/noticias/entry/caracteristicas-de-las-columnas-alumbrado-publico>)

- La base: es refereix al tram inferior, normalment aquest tram és de major amplada i espessor que la resta del conjunt, encara que a vegades no ha de perquè ser així, tot depèn de la seva ubicació. Aquest tram està en contacte amb el terra en el qual es realitza un ancoratge sobre una cimentació prèviament efectuada.
- El fust: és el tram superior de les columnes d'enllumenat públic, poden tenir diferents seccions; cilíndrica, troncocònica o poligonal, un desenvolupament longitudinal rectilini o corbat i una altura variable en funció del tipus d'il·luminació que es vulgui obtenir i de les característiques de la zona que volem enllumenar.
- El braç: s'anomena així a la prolongació horitzontal que sobresurt del fust i sobre la qual es disposa la lluminària. Sobre el fust es poden col·locar un o diversos braços en funció del model.

Les formes de les columnes d'enllumenat públic experimenten considerables variacions en funció que siguin normalitzades o es tracti de dissenys específics, encara que el disseny estàndard sol respondre a un perfil troncocònic (vista lateral d'un tronc de con) i, per tant, de secció decreixent (cada vegada més petit) segons progressem en altura o a un perfil cilíndric.



figura 2.30 exemple columna troncocònica ([http://seguridad.com.es/images/sam996\(1\).jpg](http://seguridad.com.es/images/sam996(1).jpg))

Encara que la secció del fust vagi disminuint de forma progressiva, aquesta tindrà les dimensions suficients per allotjar de forma satisfactòria la capsa de protecció del cablejat interior i poder instal·lar la presa de terra.

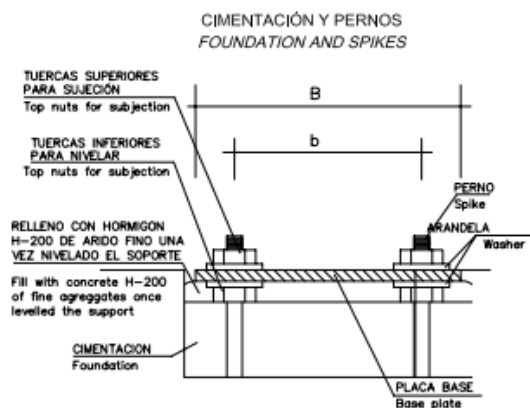


figura 2.31 cimentació base amb cargols (<http://www.forjasestilo.es/noticias/entry/caracteristicas-de-las-columnas-alumbrado-publico>)

En la figura 2.31 es pot observar la forma de subjectar la columna a la part cimentada. Les columnes tenen una base de forma quadrangular (depenent de la zona on ha d'anar col·locat el punt de llum, aquesta placa és més gran o més petita en funció també del pes), on s'hi col·loquen normalment quatre cargols amb les corresponents volanderes per tenir un subjecció estable.

En el nostre cas no fa falta la cimentació, ja que per reduir el temps de muntatge s'ha decidit soterrar-les al terra. A *l'apartat 7. Càlculs*, s'explica com s'ha de soterrar la columna.

Les altures de les columnes varien molt en funció del lloc on s'han de situar. Els punts de llum més baixos oscil·len els 2 metres d'alçada, però en situacions especials poden arribar als 40 metres d'alçada.

Les columnes d'enllumenat públic exterior s'han d'ajustar a les normatives vigents quant a les seves propietats resistents:

- Composades de materials (normalment s'utilitzen diferents tipus d'acer, alumini) resistents als efectes de les condicions climatològiques exteriors o que presenten alguna mena de protecció contra aquestes, havent d'impedir el pas de l'aigua de la pluja i l'acumulació de l'aigua de la condensació.
- Els suports, amb els seus respectius ancoratges i cimentacions, es dissenyen i s'executen en la dimensió requerida per aguantar l'acció del vent i altres esforços derivats del propi pes de la columna i de les característiques específiques del terreny on se situarà, tal i com he comentat anteriorment.

## 2.4. ENERGIA FOTOVOLTAICA

L'energia fotovoltaica és una tecnologia que converteix la llum directament en electricitat. El mètode més conegut per generar energia solar és mitjançant l'ús de cèl·lules solars. Les cèl·lules fotovoltaïques requereixen estar protegides de l'entorn i generalment es troben incrustades en làmines de vidre. Quan es necessita més potència que la que una única cèl·lula pot proporcionar, les cèl·lules es connecten entre si elèctricament per formar un mòdul fotovoltaic (panell solar). Un metre quadrat de mòduls pot produir de mitjana aproximadament 100 W de potència. Els mòduls es connecten entre sí per produir l'energia elèctrica que es desitja.

A continuació adjuntaré un esquema del procés que pateix l'energia solar per transforma-la en energia elèctrica:

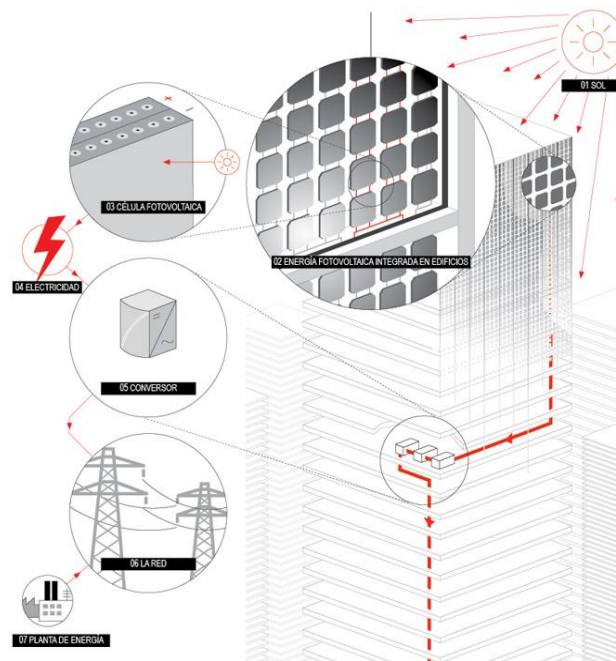


figura 2.32 Procés obtenció energia elèctrica (<http://www.sapa-solar.com/spain/fotovoltaica/C%C3%B3mo%20funciona%20una%20c%C3%A9lula%20fotovoltaica.html>)

Les cèl·lules fotovoltaïques estan compostes per un o diversos materials semiconductors i possibiliten la conversió directa de l'energia solar en energia elèctrica. Per originar aquest efecte, denominat fotoelèctric, el material semiconductor s'ha de "dopar". Introduint elements químics sorgeixen dues capes: una capa conductora p i una

capa conductora n amb un excés de portadores de càrrega positives i negatives, respectivament.

Aquest desequilibri dona lloc a la formació d'un camp elèctric intern junt a la capa límit que, en incidir llum sobre ell, provoca la separació de la càrrega. Els portadors de càrrega alliberats poden ser conduïts a través de contactes metàl·lics i ser utilitzats directament per un element elèctric com a corrent continu o bé alimentar-se a la xarxa elèctrica com a corrent altern mitjançant un inversor intermedi. Per aconseguir capacitats majors es connecten sobretot cèl·lules fotovoltaïques a panells solars.

Actualment, en la fabricació de cèl·lules fotovoltaïques s'utilitza majorment el silici, ja que és el segon element més abundant en la Terra, i per tant, la seva obtenció resulta econòmica. A part del silici també s'utilitzen altres elements en les aplicacions fotovoltaïques, com el coure, el gal·li o el cadmi. En general es distingeixen entre les tecnologies de capa gruixuda i les de capa fina.

- Capa gruixuda: tenen un rendiment que ronda el 25%, les cèl·lules de silici monocristal·lí presenten el rendiment més elevat dins les tecnologies fotovoltaïques. En la fabricació s'utilitza una massa fosa, a partir de la qual s'obtenen barres de silici d'alta puresa, que més tard són tallades en làmines fines, aquestes làmines són processades per convertir-les en cèl·lules fotovoltaïques.

Actualment les cèl·lules de silici policristal·lines tenen un rendiment màxim del 16%. A diferència del que succeeix amb el silici monocristal·lí, en aquest cas el silici es fon en blocs. Durant el forjat es formen estructures cristal·lines de diferents mides, el problema és que en els límits apareixen defectes que afecten negativament el rendiment del material.

- Capa fina: aquestes plaques tenen un rendiment relativament baix, aquest oscil·la entre el 5 i el 10%, el silici amorf surt pitjor parat que les tecnologies de silici cristal·lí. Tot i així, el millor comportament en condicions de llum difusa i la fabricació més econòmica a causa de l'ús de menys material són avantatges importants de les cèl·lules de capa fina. Per a la fabricació es decanta una capa de silici de menys d'una micra de gruix sobre vidre o algun altre material de substrat.

També hi ha una altra tecnologia de capa fina anomenada CIGS, que és l'acrònim dels elements Coure, Indi, Gal·li i Seleni. Actualment s'assoleixen rendiments d'entre el 13 i el 15%.

També es fabriquen plaques de capa fina amb la combinació del tel·luri i el cadmi, formant així el tel·luri de cadmi. Aquest material és més econòmic que el silici però és menys eficient.

Les cèl·lules fotovoltaïques funcionen segons el fenomen físic bàsic denominat "efecte fotoelèctric".

Quan un nombre suficient de fotons impacta en una placa semi-conductora, com el silici, poden ser absorbits pels electrons que es troben en la superfície de la placa.

L'absorció d'energia addicional permet als electrons (carregats negativament) alliberar-se dels seus àtoms. Els electrons es comencen a moure i l'espai que deixen lliure l'ocupa un altre electró d'una part més profunda del semi-conductor.

Com a resultat, una part de la làmina té una major concentració d'electrons que l'altra, el que origina voltatge entre ambdós costats. En unir ambdós costats amb un cable elèctric es permet que els electrons flueixin d'un costat a un altre de la làmina, el que es coneix com a corrent elèctric.

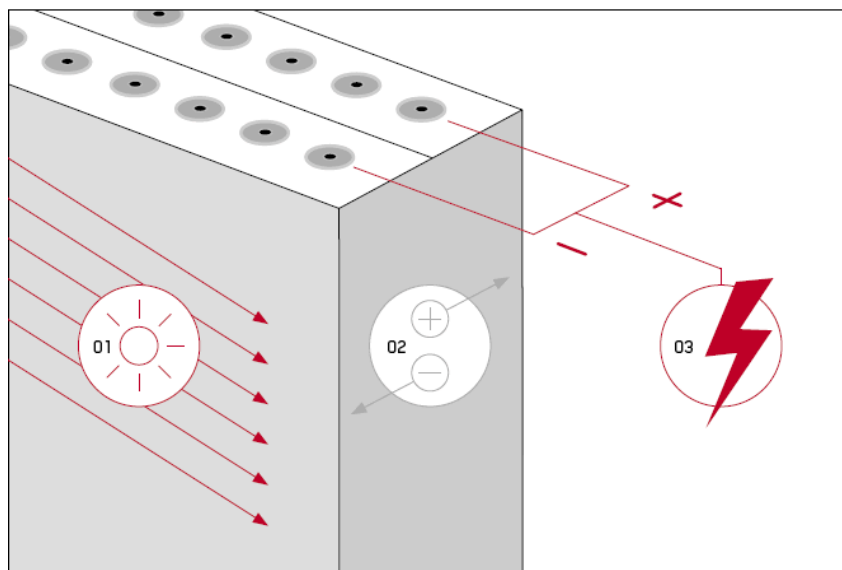


figura 2.33 efecte fotoelèctric(<http://www.sapa-solar.com/spain/fotovoltaica/C%C3%B3mo%20funciona%20una%20c%C3%A9lula%20fotovoltaica.html>)

En la imatge es pot veure el que acabo d'explicar. La llum del sol incideix a la placa, i aquesta fa que es creï un corrent d'electrons que produeix la generació del corrent elèctric.

Els factors més importants per l'energia elèctrica són el posicionament, l'orientació i l'altitud geogràfica.

## **2.5. LES BATERIES**

Quan parlem de bateries, tenim al cap diferents aplicacions on són necessàries. En el cas de les instal·lacions de les lluminàries, no totes les bateries ens valen, sinó que s'utilitzen les bateries denominades de cicle profund.

Aquestes bateries guarden l'energia de manera que les fonts de corrent elèctric recarreguen per mitjà d'alternadors, panells solars (com seria el nostre cas), molins de vent, etc. Bàsicament la diferencia fonamental entre les bateries de cicle curt com les que s'utilitzen en els vehicles, radica en l'ús que se'n fa.

En el cas dels automotors es necessita molt corrent d'arrancada i que una bateria pugui entregar aquesta energia en un període de temps curt. Si parlem en termes més numèrics serien entre uns 300 i 600 ampers en uns 3 a 5 segons. Llavors la bateria es recarrega ràpidament i no és necessària, ja que l'alternador proveeix tota l'energia necessària per al funcionament del sistema elèctric del motor.

Si parlem d'una bateria al 100% carregada, el consum d'energia que s'ha realitzat en l'engegada no supera el 5%. Per aquest motiu es tracta de bateries de cicle curt. Ja que es poden engegar diverses vegades en espais curts de temps.

En sistemes d'il·luminació, les càrregues aplicades a les bateries guarden certa relació amb la seva capacitat i a més solen ser molt petites respecte a la capacitat de la bateria. S'agafa energia per sota de la seva capacitat. Aquestes bateries són denominades de cicle profund ja que admeten ser descarregades fins a un 90%.

Les bateries són elèctriques i químiques. Canviant l'àcid sulfúric i el plom en aigua i sulfat de plom, elles creen l'electricitat. Quan l'electricitat és forçada novament dins de les bateries, s'inverteix la reacció química i l'electricitat es guarda químicament. Les



bateries faciliten una reacció química reversible que permet l'acumulació o la distribució de l'energia elèctrica.

Les bateries es poden mesurar de diferents maneres, en funció de la necessitat que es tingui. Aquestes mesures es redueixen en tres categories: la utilització, la capacitat i la longevitat.

Quan es necessita encendre un llum o fer funcionar una bomba per un període de temps extens, es necessita una bateria que guardi la major quantitat d'energia possible. Aquestes mesures s'expressen com el número dels ampers que es poden entregar conclòs un període de temps, abans que la bateria es descarregui. Normalment s'utilitzen dos graus: ampers-hora i minuts de reserva.

El primer mesura la quantitat total d'energia que una bateria pot entregar conclòs un cicle de 20 hores. Altres indústries utilitzen un altre període diferent, però aquest és l'estàndard.

La segona és el nombre de minuts que una bateria pot funcionar amb un consum de 25 ampers fins que caigui a 10.5 volts.

En el nostre cas la mesura de longevitat és molt important, ja que ens mesura el nombre de cicles que pot suportar una bateria, això significa el nombre de vegades que pot ser descarregada i carregada. Cada cicle de càrrega i descàrrega pot representar un dia pel cas d'un panell fotovoltaic.

Els fabricants de les bateries mesuren el cicles de la bateria descarregant-les en 25 ampers fins que arriben a 10.5 volts. Llavors les bateries es carreguen, per començar el procés novament.

Aquest tipus de bateries donen molt bons resultats, per tant es recomana utilitzar bateries de cicle profund de bona qualitat. Per eliminar la necessitat d'agregar aigua a les bateries, s'utilitzen les bateries de gel. Aquestes són més segures, tolerants a les vibracions i suporten abusos com descàrregues profundes sense danys. La seva tensió de càrrega està regulada acuradament.

Les bateries de gel tenen uns quants avantatges sobre les bateries d'àcid:

- Són resistents al dany causat per descàrregues molt profundes
- Poden ser carregades ràpidament i requereixen menys energia per recarregar completament
- Mantenen un voltatge més alt mentre es descarreguen, així els aparell de voltatge continu treballen millor
- Produeixen menys gas d'hidrogen al carregar
- No necessiten manteniment. El desavantatge és que costen més que les bateries d'àcid, però donen millors resultats.

## **2.6. MEMÒRIA DESCRIPTIVA**

En aquest apartat he explicat com estan en l'actualitat les tecnologies que afecten al meu projecte. Hem tractat la lluminària, per continuar amb la columna, seguidament hem fet un repàs a les fotovoltaiques i he acabat fent una breu explicació de les bateries.

A continuació faré un breu resum de les tecnologies més eficients a l'hora de modelar el punt de llum; tot i que és possible que hi hagi tecnologies que no s'implementin, ja que a vegades es busca una aplicació, o per l'aplicació a la que es destina no importa si hi ha una millora petita en alguna tecnologia.

Per la part de la lluminària s'ha vist que la tecnologia actual són els LED. Tal i com he explicat, tenim diferents tipus de LED. Podríem dir que els LED cob són els més actuals, i per tant incorporen algunes millores respecte els SMD. Encara que tinguin un muntatge més senzill, ofereixen millor rendiment lumínic. En aquest punt hauríem de considerar si volem un punt de llum més concentrat o dispers. Els LED cob, en tenir concentrats tots els punts de llum en un espai molt petit i circular, provoca que el feix de llum incideixi amb més força en un punt en concret. Per altra banda, els LED SMD tenen una dispersió més gran, i en funció de la capa que es situa a sobre els LED, es poden aconseguir fotometries diferents.

Pel que fa referència a la columna, tot i que també hi ha diferents opcions, les més usuals són les columnes troncocòniques fetes per a l'acer. En funció de la localització i les especificacions que s'han d'aconseguir, el material de l'acer pot ser diferent. Les columnes troncocòniques tenen la peculiaritat que tenen una base més ampla que el

cap. Això té com a resultat un estalvi econòmic de material a la part superior, ja que és la part que ha d'aguantar menys, perquè el moment flector té el punt més important a la base. Si es fes amb una secció igual per tota la columna s'hauria d'extrudir de la part inferior a la part superior, ja que la base és la part més crítica normalment.

Si fem un repàs a la part de la fotovoltaica, tenim una tecnologia més específica. Sí que és veritat que hi ha diferències si es volen col·locar panells fotovoltaics al terra o a les columnes. Hi ha panells que funcionen amb les radiacions solars com els nostres, i un altre tipus que funcionen a partir de la calor que generen els raigs de sol.

En el nostre cas, fem servir la primera que és la que hem estudiat en el treball, i la que munten tots els punts de llum. S'ha de tenir en compte que aquestes plaques no tenen un rendiment molt elevat, i per tant s'ha de tenir en compte la zona on es col·loquen, ja que necessiten de la llum solar per produir energia.

En funció de la zona on es col·loquen, aquestes hauran de tenir una inclinació i direcció que permeti obtenir el màxim hores de llum possibles. Un altre aspecte a tenir en compte, és el meteorològic. Si es tracta d'una zona on hi ha molts dies que el cel està ennuvolat, potser les bateries haurien de tenir una mida més gran per garantir que si hi ha un període de dies en què no apareix el sol, els fanals puguin continuar emetent llum.

Per últim fer referència a les bateries, he explicat que per al nostre cas les millors són les de cicle profund, ja que es poden descarregar i carregar sense que aquestes es facin malbé. Dins d'aquestes bateries també he comentat que les millors són les de gel, encara que tenen un preu més elevat, aquestes no necessiten d'un manteniment tan elevat com les altres.

En els annexos, detallaré quins són en cada cas els elements que s'han fet servir per al funcionament del punt de llum, això no vol dir que siguin els models obligatoris, però si no s'utilitzen s'han de fer servir elements que tinguin les mateixes característiques o superiors.

### 3. ESTAT DEL MERCAT

Tal i com he explicat en la primera part del treball, dia rere dia, les tecnologies LED i la fotovoltaica van prenent més força en el mercat perquè són tecnologies que ofereixen grans millores, ja siguin econòmiques, ambientals, etc.

Moltes empreses ja distribueixen la tecnologia LED, ja que millora considerablement les lluminàries de fa uns anys enrere. Pel que fa als panells fotovoltaics, els últims anys també han fet grans millores, això fa que puguin muntar els fanals amb les dues tecnologies, ja que no necessiten de bateries molt grans per poder fer anar les lluminàries.

En tractar-se de punts de llum, al mercat hi ha molts venedors, ja que són tecnologies conegudes per tothom. Això fa que al mercat hi hagi molts tipus de punts de llum, de diferents mides, formes, colors, materials, etc.

En aquest mercat, tots els punts de llum tenen la mateixa funció, que és la d'il·luminar una zona, i no necessitar estar connectats al corrent per produir-la. Això fa que les diferències siguin bàsicament de disseny.

També podem trobar diferències de potències, però això és el consumidor qui decideix, llavors en funció de les seves necessitats tria entre un disseny o un altre en funció de quina li és del seu gust.

En canvi, si ens mirem el sector, al que pot anar destinat el nostre punt de llum no trobem casos que s'assemblin al nostre. Fins l'actualitat, aquests punts de llum anaven arrossegats amb uns generadors de grans dimensions i que produïen bastant soroll. Encara que, amb la millora dels panells, comencen a aparèixer punts de llum també mòbils però que incorporen un panell fotovoltaic, i que per tant són més respectables amb al medi ambient perquè no produeixen emissions i no causen sorolls.

A continuació adjuntaré algunes imatges de punts de llum amb similituds a la nostra. Veurem, que les primeres són punts de llum amb dissenys diferents, però amb la mateixa funció, que és la d'il·luminar una zona urbana. Mentre que els segons il·luminen zones d'obres, que són els mateixos que il·luminen els campaments, aquestes reben el nom de torres d'il·luminació.

Encara que el nostre punt de llum, sigui dissenyat per a les segones, sí que podria utilitzar-se també per il·luminar la via pública.

Primer donarem un cop d'ull a les primeres:



*figura 3.1 Punt de llum cedrus solar (simon lighting)*



*figura 3.2 Punt de llum magnòlia solar (simon lighting)*



*figura 3.3 punt de llum FAMA (lamp lighting)*

Veiem doncs que en els tres casos, tenim el mateix, una lluminària LED, un panell fotovoltaic i la pròpia columna. Encara que la primera tingui un disseny diferent a les altres dues, fa la mateixa funció.

A continuació veurem les torres d'il·luminació que s'ha utilitzat fins a l'actualitat. Aquestes pertanyen a cases com "ATLAS COPCO" o "PRAMAC", encara que hi ha moltes altres cases que fabriquen aquest tipus de punts de llum. La primera marca ha tret un nou model que incorpora una placa fotovoltaica.



*figura 3.4 exemple punt de llum amb generador (Atlas copco)*



*figura 3.5 exemple punt de llum amb generador (pramac)*

Per últim mostraré el model de la casa “atlas copco” que incorpora una placa fotovoltaica en comptes de tenir un generador tan gran:



*figura 3.6 exemple punt de llum amb panell fotovoltaic (Atlas copco)*

Encara que la lluminària sembli un focus, aquest porta integrat la tecnologia LED, més concretament porta un cob, que proporciona un feix de llum concentrat al punt desitjat.

## 4. LA NORMATIVA

En aquest punt explicaré de forma abreujada els diferents requisits essencials imposats per les Directives del Consell Europeu, que són obligatoris a l'hora de dissenyar i desenvolupar un punt de llum.

Hem de tenir present les diferències entre les Directives i les Normatives; en primer lloc tenim les Directives, que en el cas d'Europa es redacten a Brussel·les per un comitè d'experts de diferents països de la UE. Aquestes són normes que vinculen tots els estats membres, quant al resultat que s'ha d'assolir, deixant a les instàncies nacionals l'opció a escollir la forma i els mitjans per aconseguir-ho, és a dir que cada estat membre ha de complir els seus fins però tenen la llibertat a l'hora d'elaborar la seva legislació interna de desenvolupament.

Llavors és quan apareixen les normatives, que les redacten a cada país de forma individual, però com que pertanyen a la UE, tots els països tenen les mateixes; així que les posen en comú per poder-les aplicar a tot arreu.

A Espanya les redacta AENOR, i quan acaben escriuen UNE EN. En l'apartat del glossari desenvoluparé el significat.

Si parlem del vessant econòmic si haguessin d'homologar tots els productes amb totes les Directives i les Normatives, tindria un cost molt elevat; per tant, homologuen les directives, que en el nostre cas són quatre, i les normatives les trien en funció del producte que fabriquen perquè siguin les més adients.

Per determinar les diferents normatives i directives, s'ha usat el manual tècnic "REQUERIMIENTOS TECNICOS EXIGIBLES PARA LUMINARIAS CON TECNOLOGIA LED DE ALUMBRADO EXTERIOR", a més s'ha buscat a les cases més importants en el sector de l'enllumenat per comprovar si entre elles feien ús de les mateixes.

Aquest document l'ha elaborat el Comitè Espanyol d'il·luminació (CEI), i el que exposen són els conceptes i requeriments tècnics que han de complir els productes tècnics i les pròpies empreses que ofereixen la tecnologia LED, per poder garantir que els resultats



lumínics, econòmics i d'explotació, una vegada instal·lats, es corresponguin amb els presentats en els estudis prèviament realitzats.

També s'ha de tenir en compte que tots els productes inclosos en el seu àmbit estan sotmesos obligatòriament al marcatge CE, que indica que tots els elements o components que porten aquest marcatge compleixen amb la Legislació i qualsevol altre associada o futura.

El llistat de documents que he utilitzat a l'hora de fer aquest treball són els següents;

Pel que fa a les Directives tenim:

- **2011/65/EU** aquesta fa referencia als RoHs.
- **2009/125/CE** Eco-Design / Energy Related Products.
- **2006/95/CE** Low Voltage.
- **2004/108/CE** Electromagnetic Compatibility.

Pel que fa a les Normatives, tenim diferents famílies:

Requisits de seguretat:

- **EN 60598-1** Luminarias. Requisitos generales y ensayos.
- **EN 60598-2-3** Luminarias. Requisitos particulares. Luminarias de alumbrado.
- **EN 60598-2-5** Luminarias. Requisitos particulares. Proyectoros.

Requisits de compatibilitat Electromagnètica:

- **EN 61000-3-2** Límites para las emisiones de corriente armónica.
- **EN 61000-3-3** Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones y flicker.
- **EN 61547** Equipos alumbrado general. Requisitos de inmunidad CEM.
- **EN 55015** Perturbación radioeléctrica equipos iluminación y similares.

Requisits components de les lluminàries:

- **EN 62031** Módulos LED alumbrado general. Requisitos de seguridad.
- **EN 61347-2-13** Requisitos particulares para dispositivos de control electrónico AC y CC de módulos LED.
- **EN 62384** Requisitos de funcionamiento para dispositivos de control módulos LED.
- **IEC 62717:2014** Requisitos de funcionamiento módulos LED general.
- **IEC 62722-1:2014** Requisitos de funcionamiento generales iluminación.
- **IEC 62722-2-1:2014** Requisitos particulares funcionamiento LED.

Requisits mesures i assajos:

- **EN 13032-1:2006** Luz y alumbrado. Mediciones y ficheros fotométricos luminarias general.
- **EN 13032-4** Luz y alumbrado. Mediciones y ficheros fotométricos luminarias LED.
- **CIE S025/E:2015** Método de ensayo para lámparas, modulos y luminarias LED.
- **CIE 127-2007** Medición de los LED.

Altres requisits:

- **EN 62471:2009** Seguridad fotobiológica de lámparas.
- **EN 60598** Grado hermeticidad IP conjunto óptico y general.

Tal i com he explicat amb anterioritat dins d'aquest apartat, no hem de complir amb totes les normatives sinó que amb les que millor s'adapten al nostre producte. En el nostre cas s'ha treballat per complir amb les següents:

- **2011/65/EU** RoHs
- **2009/125/CE** Energy related Products
- **2006/95/CE** Low Voltage
- **2004/108/CE** Electromagnetic Compatibility

- **EN 60598-1:2008 + A11:2009** General requirements and Tests – Luminaires
- **IEC 62262:2002** Degrees of protection for electrical equipment against external mechanical impacts
- **EN 60493-2010** assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic fields
- **EN 62031:2008** Led modules for general lighting-safety specifications
- **EN 62471-1:2009** photobiological safety of lamps and lamps systems
- **EN 61547:2009** equipment for general lighting purposes – EMC immunity requirements
- **EN 61000-3-2: 2009** limits for harmonic emissions
- **EN 50581:2012** electronic products with respect to the restriction of hazardous substances
- **EN40-3-1 i EN40-3-3** Dimensionats de la columna
- **106/CEE i EN 40-5:2003** Fabricació d'acer al carboni segons la directiva i la normativa

Totes aquestes Directives i Normatives són complertes per tots els elements que incorporem al nostre punt de llum. Per tenir una millor idea s'ha consultat a la companyia Simon Lighting per tenir una idea de quines són les més significatives i necessàries.

## 5. DESENVOLUPAMENT CONCEPTUAL

Després de tenir present les tecnologies que es poden aplicar i les diferents normatives que s'han de complir, vaig desenvolupar les diferents idees que tenia.

En començar el projecte, tenia present que el tema dels punts de llum era una àrea molt oberta, ja que la imaginació és una part molt important a l'hora de dissenyar. Per això a mesura que avançava vaig veure que potser, el més interessant seria buscar un camp, que no estigués tan desenvolupat, però que el meu treball prengués la temàtica que inicialment tenia; dissenyar un punt de llum per la utilització en l'espai urbà.

Tot això va ser gràcies a en Rafael Yter, que a l'inici del treball em va comentar una idea que ell tenia, i vaig creure que seria interessant. Vaig creure interessant poder dissenyar un punt de llum de fàcil instal·lació i que es pogués utilitzar a tot arreu.

Un cop ja localitzats els espais on aniria situada la columna, vaig fer una pluja d'idees, en les que plantejava les diferents opcions que tenia:

- Volia que la columna fos de fàcil instal·lació; per la qual cosa necessitava una velocitat de muntatge elevada, per això vaig creure que seria una bona idea poder clavar la columna a terra. Això evitaria haver de cimentar la base de la columna i ens estalviaria un dia en el qual el ciment quedés dur.
- El fet de no necessitar columnes molt elevades, també ens afavoria el poder-la clavar a terra, ja que no es necessita un forat massa gran.
- Vaig decidir col·locar la lluminària del tipus SMD, ja que les diferències amb les cob, per les tasques que havíem de fer no eren molt exigents. A més aquests es poden canviar la distribució de la llum canviant la carcassa, en funció de si es vol una llum més ample o més allargada.
- La placa fotovoltaica, com que és una única lluminària no necessitava molta potència, per tant s'ha decidit col·locar-la a la part superior. Es volia implementar un sistema que es pogués regular totalment en funció de la ubicació de la columna. Així té una llibertat de 360° respecte la vertical i 45° respecte l'horitzontal.
- Per últim, la bateria. Potser va ser la decisió més difícil ja que en un inici, pensava que el millor era col·locar-la a la part inferior de la columna, però les bateries

tenen un valor molt elevat i poden ser víctimes de furts. A part, també s'hauria de fer forats a la columna per poder passar els cables per dins, i això implicaria augmentar el cost de la columna, la possibilitat d'entrada d'aigua, i uns cables més llargs, ja que haurien de baixar de la part de la fotovoltaica a la bateria, i d'aquesta tornar a pujar fins a la lluminària. Així que s'ha decidit col·locar-la entre el panell i la lluminària ja que hi ha un espai, i els cables han de fer un recorregut més curt i poden passar per l'exterior, enganxats amb les brides.

## **6. SUPORT INFORMÀTIC UTILITZAT**

El programari utilitzat per realitzar el disseny, i els diferents càlculs del punt de llum han estat el Solidworks, l'Ansys, el Tracepro, el Keyshot i el crocodile. Tot seguit explicaré la manera com he fet servir els diferents programes.

### **6.1. SOLIDWORKS**

El programa Solidworks s'ha fet servir per poder fer el disseny 3D del punt de llum. Aquest programa ens permet dissenyar els diferents components i a posteriori si aquests no són del nostre gust, o tenen alguna mena de dificultat a l'hora de l'assemblatge es poden modificar sense cap mena de problema.

Per fer tots els components que constitueixen el nostre punt de llum, s'han anat dissenyant de manera individual, així un cop dissenyats tots, es poden fer els subconjunts del nostre fanal.

Un cop els subconjunts estan muntats, es poden ajuntar tots per tal de donar forma al model 3D definitiu.

El programa també ens permet fer els diferents plànols per poder-los enviar al taller, i que ens dissenyin les diferents peces, així com les soldadures.

### **6.2. ANSYS**

Aquest programa l'he utilitzat per dur a terme l'anàlisi mitjançant elements finits del punt de llum. S'han inserit les diferents condicions de contorn, així com les càrregues pròpies de la columna, com el pes o el vent que és el factor més important.

Amb els resultats obtinguts d'aquest programa, es pot determinar si el punt de llum és resistent a les condicions de la zona on es vol col·locar, o s'han de fer unes modificacions per al seu ús.

### **6.3. KEYSHOT**

He usat el Keyshot per poder renderitzar els 3D que he fet amb el Solidworks. Aquest software ens permet extreure imatges del nostre model, aplicant les textures pròpies del material del qual està fabricat, i donar una idea de com quedaria un cop muntat. A part també es pot donar una idea de les zones on es pot col·locar inserint imatges de la zona.

### **6.4. TRACEPRO**

Aquest software m'ha servit per determinar les fotometries de les diferents òptiques que es poden col·locar en la nostra lluminària. Tal i com s'ha comentat anteriorment aquest punt de llum es pot "personalitzar", això vol dir que canviant la l'òptica es poden obtenir unes il·luminacions o unes altres. En l'apartat dels annexos, es pot veure aquests estudis realitzats conjuntament amb YterLed.

### **6.5. CROCODILE**

Amb aquest programa he realitzat el circuit elèctric que usará la lluminària per a produir la llum. Es tracta d'un software molt fàcil, que ens permet fer un disseny del circuit per poder comprovar que les dades introduïdes siguin les adequades per al posteriori ús i no hi hagi problemes amb el seu funcionament.

## 7. CÀLCULS

### 7.1. CÀLCULS DE LA FOTOVOLTAICA

Els càlculs del panell fotovoltaic vénen caracteritzats per dos punts molt importants. El primer és la zona de la col·locació del punt de llum, i el segon, tot i que ja tenim definida la lluminària, la potència que consumeix la lluminària.

- El primer punt és el més important, perquè un mateix punt de llum es pot col·locar a diferents indrets, però aquests indrets no tenen les mateixes característiques. Anteriorment ja he comentat que la seva posició en les diferents zones ens determinen la incidència del sol, les hores de sol al dia, i els dies de sol seguits que poden tenir. Per posar un exemple, podria ser un punt de llum col·locat a Anglaterra on tenen dies amb un cel tapat, o al desert del Sàhara on molt pocs dies tenen el cel tapat. També és molt important les hores de sol al dia, les zones més centrades de la terra, tenen més hores de sol diàries que les zones més allunyades.
- La segona causa no és tan important si es tracta de col·locar el punt de llum en una zona o una altra, sinó que pren més força a l'hora de fer un primer disseny, ja que es defineix la quantitat de LEDS que incorporarà la lluminària.

En el nostre cas s'ha definit que tindrem un nombre total de 16 leds. Aquests aniran distribuïts en 4 branques col·locades en paral·lel. Això vol dir que tindran la mateixa intensitat en cada branca (i per tant en cada cada led) i tindran per cada branca la mateixa caiguda de tensió.

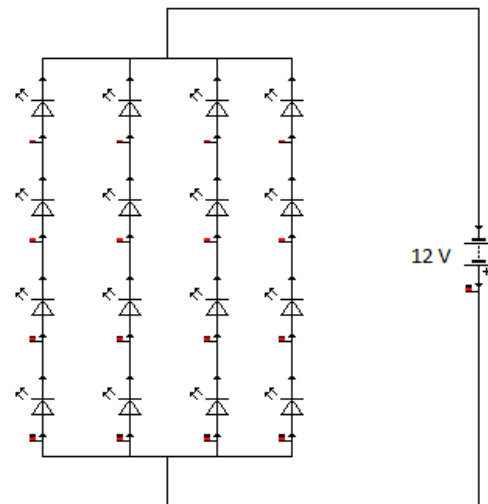
Pel circuit passaran 12 volts de tensió, ja que cada led, ens provoca una caiguda de tensió de 3V de mitjana. El circuit també s'alimentarà amb una intensitat de 1.5 A. Tal i com s'ha comentat anteriorment, per dissenyar un circuit amb leds, s'ha de tenir en compte la intensitat que hi passarà, ja que és la causa fonamental de possibles errors dins el circuit.

$$\text{voltatge: } 4 \text{ leds} \times 3V = 12V$$

$$\text{intensitat: } 1.5A \div 4 \text{ branques} = 375mA$$



Per fer-nos una idea de com anirà distribuït el nostre circuit adjuntaré un croquis del circuit:



*figura 7.1 esquema circuit LED*

En la figura anterior, podem veure el que hem comentat. Tenim la font d'alimentació que ens proporciona 12V i 1.5A d'intensitat i les 4 branques en paral·lel amb 4 leds en cada una.

Per aconseguir la intensitat de 1.5A s'haurà d'utilitzar un regulador de corrent, ja que si no els leds es podrien fondre.

Amb això i afegint un factor de seguretat que serà del 15%, podem determinar la potència que necessitarà la lluminària per al seu correcte funcionament.

$$P = I \times V \times f$$

$$P = 1.5 \times 12 \times 1.15 = 20.7 \text{ W}$$

Així doncs podem dir que necessitarem una potència d'aproximadament 21W. Aquesta seria la potència necessària cada hora de funcionament de la nostra lluminària.

A continuació, passarem als càlculs propis per determinar la potència de la placa fotovoltaica. Així amb els resultats obtinguts, podrem buscar panells fotovoltaics que satisfacin les nostres necessitats.

Per aquest apartat s'ha de tenir en compte les hores de sol pic que hi ha en la zona on s'ha de instal·lar el punt de llum. En el cas de la península Ibèrica tenim que aquest valor és de 5 hores diàries durant els mesos d'estiu mentre que en els mesos d'hivern ronda els 4. Per tant hem de seleccionar el valor que més restringeixi, i aquest és el de l'hivern que és de 4.

També s'ha de tenir en compte la nit més llarga de l'any, aquí on la península està situada al voltant de les 12 hores de duració. Amb tot això ja tenim suficient per poder calcular la potència necessària que ha de proporcionar la placa cada dia.

Teníem que la lluminària consumia 21W de potència cada hora, si calculem això per la nit més llarga de l'any que són les 12 hores que hauria d'il·luminar ens surt un valor de 252W/dia.

$$\text{potència en la nit més llarga: } 12 \text{ hores} \times 21W = 252 \frac{W}{\text{dia}}$$

Si aquest resultat el dividim per les hores de sol pic que hi haurà aquell dia, obtindrem la potència que haurà de desenvolupar el nostre panell fotovoltaic per poder il·luminar durant la nit.

Per tant tal i com hem dit anteriorment en la península tenim que durant l'hivern les hores de sol pic, ronden les 4 hores, a aquest valor li afegim un marge d'error, que normalment és del 30%, amb això obtindrem la potència necessària que es necessita cada dia per poder fer funcionar la lluminària.

$$252W \div (4 \times 1.3) = 48.46 W$$

Així doncs veiem que si tots els dies tinguessin sol amb una placa que ens oferís 48.46W durant el dia, en tindríem suficient per poder il·luminar durant tota la nit. Com que no tots els dies obtenim aquesta potència, ja que pot ser que el cel estigui ennuvolat i per tant no obtinguem la potència màxima.

És per això que es calcula que hi hagi dos dies de reserva, per tant aquest resultat haurà de ser el doble. Així assegurariem dues nits d'il·luminació, encara que durant el dia no hi hagi sol.

$$\text{potencia total necessària: } 48.46 \times 2 = 96.92 W$$

Per tant necessitem una potència d'aproximadament 97W. Al mercat no trobarem plaques que ens ofereixin aquesta potència, per això arrodonirem als 100W.

Aquests resultats s'han obtingut fent ús de fórmules utilitzades en diferents pàgines web i llibres emprats per al disseny d'instal·lacions fotovoltaïques.

Per tant, ara s'ha d'anar al mercat i seleccionar un panell fotovoltaic que satisfaci les nostres necessitats. Com que hi haurà diferents opcions es triarà la que s'adapti millor a les nostres característiques per dimensions i preu.

El preu sempre és el que es mira més a l'hora de fer una instal·lació ja que es busca tenir el menor cost possible; però també cal tenir en compte les dimensions, ja que podria ser que amb un panell més gran, el moment que fa el vent tingués uns efectes secundaris a la columna i aquesta pogués tindre problemes per suportar les càrregues amb la conseqüent ruptura.

## **7.2. CÀLCULS DEL PUNT DE LLUM**

En aquest punt explicaré els passos que he seguit per poder realitzar els càlculs amb el programa ANSYS.

A l'hora de fer aquests càlculs, he hagut de simplificar el punt de llum una mica, ja que en no disposar d'un ordinador molt potent aquest no podia realitzar els càlculs de manera òptima. Aquests càlculs es realitzen amb elements finits.

Per obtenir resultats correctes, s'ha de definir una bona malla, tal i com acabo de comentar, he hagut de simplificar una mica el model 3D, per tenir una malla amb una bona qualitat, i així uns resultats molt propers als que obtindríem amb el model original.

A l'hora de posar les restriccions al nostre model, s'ha de tenir en compte el pes dels elements, que són el panell fotovoltaic, la pròpia columna i la lluminària; encara que aquest últim no té un pes molt elevat ja que el conjunt només consta del dissipador com a peça més gran.

També s'ha de tenir en compte que en el programa no pots posar càrregues de vent directament, sinó que aquest vent s'ha de representar com una pressió al llarg de la columna.

Per representar-ho, s'ha buscat una fórmula que approximi aquest valor del vent com una càrrega distribuïda. Aquesta fórmula és la següent:

$$P = 0.00815 \times v^2 \times g \times f$$

On;

P: és la pressió en Pa

V: és la velocitat del vent en km/h

g: és la gravetat en m/s<sup>2</sup>

f: és un factor de seguretat que normalment s'utilitza del 30%.

També s'ha tingut en compte els metres que s'ha d'enterrar la nostra columna. Per fer aquest càlcul s'ha utilitzat la normativa sobre punts de llum, que ens diu que s'ha d'enterrar 1/5 part de la longitud de la columna. En el nostre cas volem que la columna sobresurti de terra 5 metres; per tant, hem de buscar el valor que haurà de fer la columna si volem que aquesta sobresurti el valor desitjat.

Per tant la columna haurà de fer 6,2 metres de longitud. Com que es tracta de punts de llum que es col·loquen per emergències o per situacions temporals i volem que siguin de fàcil ús i col·locació, acceptarem utilitzar una columna de 6 metres de longitud encara que l'altura que sobresurt del terra, no sigui d'exactament 5 metres, sinó una mica menys.

$$h = 6 \times \frac{1}{5} = 1.2 \text{ metres}$$

Aquests 1,2 metres seran l'alçada que s'haurà d'enterrar el nostre punt de llum, per tant podem fer el càlcul de la lluminària que quedarà per sobre del terra. Que en aquest cas serà:

$$hs = 6 - 1.2 = 4.8 \text{ metres}$$

Per tant tenim que la columna sortirà 4.8 metres sobre la superfície.

## 8. MÈTODE DE FABRICACIÓ

### 8.1. DISSENY DE LES PECES I COL·LOCACIÓ

En aquest apartat explicarem la manera de fabricar les diferents parts del nostre punt de llum, així com la correcta instal·lació dels components.

La columna es fabricarà amb un acer al carboni en qualitat S-235-JR segons la directiva 89/106/CEE i en base a la norma harmonitzada EN 40-5:2002. Per donar la forma troncocònica, es fabricaran les planxes amb les dimensions necessàries, es procedirà al seu doblega. Al llarg de la columna se soldarà i, si fos necessari un millor arrodoniment, es farien servir motlles. Un cop ja extrudida s'haurà d'aplicar un tractament de galvanitzat per immersió en calent, complint amb allò especificat en la norma ISO 1461:2010.

Per fixar la lluminària a la columna es farà servir el conjunt soldat de la lluminària. Aquest conjunt consta d'un perfil en U, fabricat amb alumini i posteriorment lacat per protegir de l'oxidació. Després se li aplicaran els talls mitjançant la tècnica de tall làser i posteriorment es doblegarà per obtenir la forma desitjada. En un cap hi té soldat una brida que serà la que es collarà a la columna gràcies a l'altra part del conjunt, una brida igual a la que hi ha al conjunt soldat. Als extrems del perfil, hi ha dos forats passants que amb els cargols fixaran la lluminària.

L'armari de les bateries és un subconjunt que s'ha comprat. Aquest subconjunt ja porta l'armari i les seves pròpies brides. Només caldrà fixar dues de les quatre brides a l'armari i fixar-lo a la columna amb les dues restants. La seva col·locació ha d'estar entre la lluminària i el panell fotovoltaic, equidistant als dos punts.

El panell fotovoltaic anirà a la part superior de la columna. Per col·locar el panell es fabricaran els perfils de secció quadrada, i es farà una superfície per poder col·locar la placa a la part superior i així fixar-la. Per aguantar aquesta estructura se soldarà una de les peces que ens permetrà el gir de la placa dels 0° als 45° respecte l'horitzontal.

L'altre conjunt soldat serà el que incorpora l'altra peça que ens permet el gir i l'anell, amb les respectives femelles soldades. Aquest es collarà a la columna en la posició adequada per a la incidència correcta del sol, i a sobre es collarà l'altre part, que ja

incorporarà el panell fotovoltaic. Per acabar de fixar-ho tot, es posaran els cargols en la inclinació necessària depenent de la zona de la col·locació.

En el conjunt del panell fotovoltaic, tots els components són d'alumini i també es tallaran amb raig làser. Un cop ja tallats es donaran les formes especificades en els plànols. I s'aplicarà un tractament de pintat.

## **8.2. MUNTATGE DEL PUNT DE LLUM**

Un cop explicats els subconjunts, passarem al procés per col·locar el punt de llum al lloc que nosaltres desitgem.

Un cop seleccionada la ubicació del nostre punt de llum, haurem de fer el forat a terra de la fondària necessària per poder enterrar part de la nostra columna. Recordem que aquesta fondària ve donada per les normatives.

Quan la columna ja està situada al lloc que volem passarem a muntar els subconjunts:

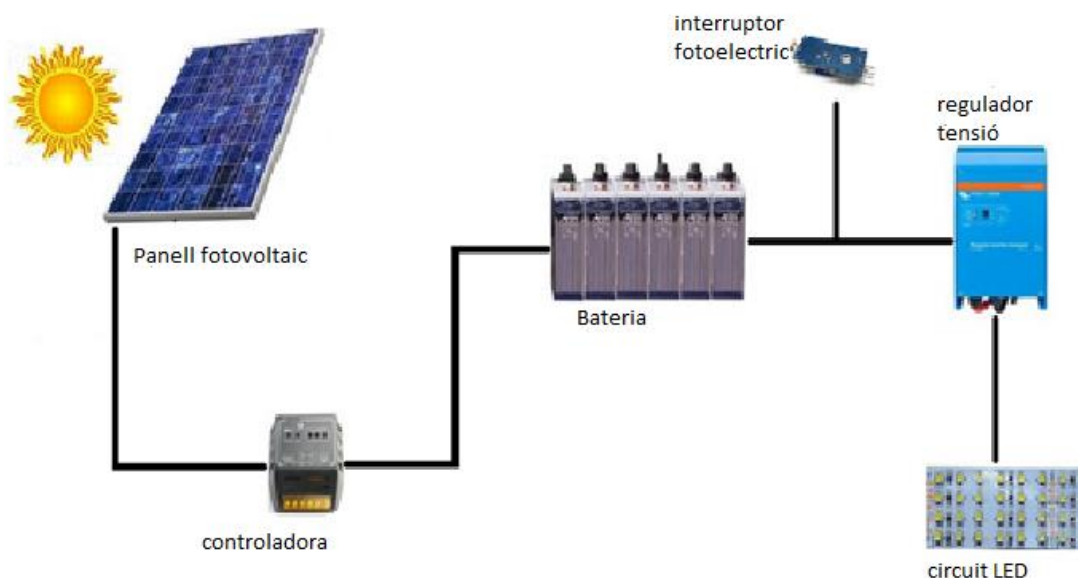
1. Muntarem la lluminària. Aquest conjunt està format bàsicament pel subconjunt soldat que fa de nexa d'unió entre la columna i la lluminària pròpiament: La nostra lluminària ha estat dissenyada conjuntament amb l'empresa YTERLED. Aquesta lluminària consta dels leds, i les respectives proteccions, així com la placa de connexions i el dissipador a la part superior, que ens servirà per fixar-ho al subconjunt soldat.
2. Seguidament podrem col·locar l'armari de les bateries, aquest ja és un conjunt que comprem també a una empresa exterior. Aquest kit ens proporciona d'un armari per treure el cablejat i de les fixacions per fixar-ho a la columna. Nosaltres haurem de muntar primer les fixacions a l'armari i després col·locar-les de la columna per acabar de fixar.
3. Després passarem a muntar el panell fotovoltaic. Aquest pas el farem a terra. Col·locarem la placa fotovoltaica a la superfície de perfils i la collarem. Després pujarem a la part superior els dos subconjunts, el del panell fotovoltaic i el que va unit a la columna. Primer fixarem el que va a la columna collat; per col·locarlo haurem de saber la direcció en què ha d'anar el panell, i un cop tenim clar la direcció ja es podran posar els cargols de fixació. Per últim només quedarà posar

la part superior de la fotovoltaica, i inclinar amb els graus d'incidència necessaris i fixar amb els altres dos cargols.

4. Ja per acabar s'hauran de passar els cables. El primer cable serà el que passarà del panell fotovoltaic a la bateria. I el segon passarà de la bateria a la lluminària. En els punts per on entren i surten els cables, es faran servir premsaestopes, que evitaran l'entrada de l'aigua als components així com a l'armari de la bateria.

### 8.3. SISTEMA PAS D'ENERGIA SOLAR A ELÈCTRICA

Hem d'aconseguir transformar l'energia obtinguda del sol en energia elèctrica. En aquest apartat veurem quin és aquest recorregut i situarem els diferents components a les posicions on s'hauran de col·locar per al correcte funcionament.



*figura 8.1 Esquema camí energia*

En la figura anterior podem observar el camí que recorre l'energia, començant per energia solar per convertir-la en energia elèctrica per fer funcionar els nostres LED.

Primer veiem que el panell fotovoltaic rep l'energia solar del sol, aquesta, mitjançant la controladora, la transforma i la porta cap a la bateria. En aquest punt tenim un sensor de lluminositat que ens servirà per connectar i desconectar el punt de llum en funció de la llum que hi hagi l'exterior. Després aquesta tensió passa pel regulador per donar-nos la intensitat desitjada per no fer malbé els nostres LED i així produir la llum.

Un cop tenim una idea del recorregut passaré a explicar breument els fenòmens que succeeixen en cada un dels components anteriors:

En primer lloc tenim el panell fotovoltaic, aquest és l'encarregat de rebre l'energia que ens dóna el sol i transformar-la en energia elèctrica. Aquest corrent és continu, per tant no necessitem cap inversor ja que es tracta d'un sistema d'il·luminació de baix consum.

En segon lloc, i un de molt important, trobem el controlador; aquest s'encarrega de portar l'energia a les bateries i així poder-la guardar per quan sigui necessari. Aquest procés consta de tres parts:

- Fase 1 (corrent constant): aquesta fase s'anomena absorció, la bateria es carrega a corrent constant fins que la bateria marca entre un determinat voltatge en funció del regulador
- Fase 2 (voltatge constant): aquesta fase rep el nom d'equalització, la bateria carrega a voltatge constant entre fins que el corrent mesura un valor determinat.
- Fase 3 (corrent constant): per últim tenim la fase d'estabilització o flotació, aquesta carrega a corrent constant fins que el voltatge de la bateria marca un voltatge determinat, en aquest moment podem dir que la bateria està totalment carregada.

Un cop tenim les bateries carregades tenim un interruptor fotoelèctric, que és l'encarregat de permetre el pas del corrent per il·luminar o per apagar el punt de llum. Nosaltres, en un principi, serem els encarregats de marcar quin són els extrems de llum que volem perquè s'encengui o s'apagui la lluminària.

En aquest punt s'ha de col·locar un regulador de tensió, aquest serà l'encarregat de reduir el corrent que surt de les bateries al corrent que nosaltres necessitem, que en el nostre cas és de 1.5A.

Per últim ja tenim el nostre circuit de LED en el qual ens arriba el corrent amb el voltatge i la intensitat desitjada per no fondre els LED per un mal ús.

Tots aquests components intermedis entre la placa i la bateria, i la bateria i la lluminària estaran col·locats dins de l'armari. Gràcies a l'armari completament estanc tindrem guardats tots els components que es poden fer malbé amb el contacte amb l'aigua. L'armari ja té les dimensions adequades per poder tenir la bateria i els components que acabem d'explicar.



Per altra banda, hem de tenir en compte que el nostre armari haurà de disposar d'uns forats passants per on passarem els cables de corrent. El primer forat es col·locarà a la part superior i ens farà de nexa d'unió entre la placa fotovoltaica i la bateria. Un altre forat serà necessari per poder-hi col·locar el sensor de llum. Aquest anirà cargolat a la paret de l'armari, amb els cargols que ja porten aquests sensors. I per últim, el forat a la part inferior que ens farà de nexa entre la bateria i la lluminària.

Per mantenir el grau de protecció IP haurem de fer ús de premsaestopes perquè l'aigua no pugui penetrar a l'interior de l'armari.

## 9. RESUM DEL PRESSUPOST

En aquest apartat es tindrà en compte el cost de la feina feta durant la realització d'aquest projecte.

Per a l'obtenció dels resultats s'ha considerat que intervé únicament una persona a l'hora de desenvolupar el treball, al qual se li assigna un preu per cada hora de treball desenvolupat, aquest preu inclou totes les despeses que podrien sorgir en realitzar la tasca.

Cost realització del projecte	
Tasca	Hores realització
Recerca de la informació	40
Disseny 3D	40
Desenvolupament de plànols	25
Càlculs amb Ansys	20
Renders	15
Redacció de la memòria	50

Total hores	190
€/h	35
Cost total	6.650

Un cop calculat i tal com es mostra en la taula anterior, els costos per la realització d'aquest projecte ascendeixen a SIS MIL SIS-CENTS CINQUANTA EUROS (6.650.00 €).

## 10. CONCLUSIONS I MODIFICACIONS

L'objectiu principal d'aquest projecte s'ha complert en la seva totalitat ja que s'ha pogut implementar i dissenyar un punt de llum funcional que incorpora la tecnologia LED i un panell fotovoltaic. El disseny ha estat el més funcional possible per tenir costos barats i una ràpida instal·lació, això faria que poguéssim tenir un bon èxit dins el mercat actual.

La tecnologia LED ofereix rendiments més elevats que les lluminàries utilitzades fins a l'actualitat, a part de tenir un cost més baix si tenim en compte el còmput global d'hores utilitzades pel preu unitari, també suposa un millor comportament per al medi ambient i té menys opcions de ser malmesos.

També s'ha complert amb la intenció de poder col·locar una placa fotovoltaica al punt de llum, per així poder-la col·locar en qualsevol lloc. També ha estat un apartat que ha sortit bé, ja que les dimensions del panell no han estat de molt grans dimensions, encara que en un futur no molt llunyà segurament aquestes plaques podran ser més petites ja que dia rere dia aquesta tecnologia obté millores.

La idea de dissenyar un punt de llum totalment personal en funció de la zona on es situï, ha estat un gran encert, ja que d'aquesta manera, amb un únic punt de llum es pot utilitzar arreu, sempre i quan les condicions de contorn siguin favorables. Perquè aquestes condicions no siguin un greu problema, s'ha suposat càrregues de vent suficient elevades per posar a totes les zones.

El tema que menys s'ha tractat ha estat el seu disseny; es tracta d'un disseny molt simple i totalment ajustable en funció de les necessitats, però hi ha situacions on potser un punt de llum més original o amb alguna característica que entrés més per la vista podria obrir encara més el mercat. Tot i així s'ha intentat dissenyar de manera que fos el més econòmic possible complint tots els requisits inicials.

De cara a un futur, es podrien dissenyar nous punts de llum, no tan globals sinó més específics. Amb això vull dir que en comptes de tenir un punt de llum per a totes les aplicacions, ja siguin obres o campaments o fins i tot zones urbanes amb manca de comesa de llum, seria interessant tenir un disseny per a cada una d'aquestes aplicacions.

Aquest fet, ens permetria tenir dissenys més simples, però funcionals a les zones d'obres on l'aspecte més visual queda en un segon terme, ja que en aquest cas es busca tenir la major facilitat, i tenir un disseny més atractiu a zones on aquest tema també pren bastanta importància.

Així doncs gràcies a aquest projecte, he pogut veure de primera mà, les complicacions que pots tenir a l'hora de portar al mercat una idea, que en molts casos ja està implementada, amb alguna novetat que fa que pugui tenir una millor utilització. Gràcies a això he pogut treballar amb companys de l'àmbit del disseny industrial i amb gent de l'àmbit de l'electrònica que m'han ajudat molt a entendre el funcionament dels LED, així com l'energia fotovoltaica.

## **11. RELACIÓ DOCUMENTS**

Document 1: Memòria i Annexos

1. Memòria
2. Annexos

Document 2: Plànols

Document 3: Plec de condicions

Document 4: Estat d'amidaments

Document 5: Pressupost

Document 6: Resum

## 12. BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

Tresserras Picas, Josep (2011). *Mobiliario Urbano: innovación y diseño (procesos de desarrollo de producto)*

Gil Martín, Andrés Antonio (2009). *Historia de la iluminación*

José R. De Andrés (2015). *Tecnología de la Iluminación. Evolución y Adaptación*

ETAP (Tercera edició 2012). *Dossier LED*

Grupo ELECNOR (2013). *Tipos de columnas*

UPC. *Bloque 4 Alumbrado Público y Urbano*

Century (2016). *Deep Cycle Batteries*

Ministerio de Industria turismo y Comercio (2004). *Instalaciones de Alumbrado Exterior*

[1] Tecnologia LED (<http://www.tecnologiayeducacion.com/%C2%BFque-es-luz-led/>)

[2] motius per utilitzar LED (<http://blogs.20minutos.es/un-hogar-con-mucho-oficio/2014/01/21/8-motivos-por-los-que-deberias-tener-luces-led-en-casa-desde-hoy-mismo-una-pista-vas-a-ahorrar/>)

[3] utilització LED (<http://www.ledalmacen.com/por-que-led>)

[4] làmpada LED ([https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara\\_LED](https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_LED))

[5] enllumenat públic ([https://es.wikipedia.org/wiki/Alumbrado\\_p%C3%BAblico](https://es.wikipedia.org/wiki/Alumbrado_p%C3%BAblico))

[6] historia del enllumenat ([http://www.bekolite.com/spanish/historia\\_ilumacion.html](http://www.bekolite.com/spanish/historia_ilumacion.html))

[7] tipus de bombetes  
(<http://abricerlamparascuadrosbilbao.blogspot.com.es/2012/12/entre-que-tipo-de-bombillas-se-puede.html>)

[8] energia solar fotovoltaica ([http://www.appa.es/09fotovoltaica/09que\\_es.php](http://www.appa.es/09fotovoltaica/09que_es.php))

- [9] panell fotovoltaics (<http://paneles-fotovoltaicos.blogspot.com/2013/01/que-es-y-como-functiona-un-panel.html>)
- [10] funcionament energia fotovoltaica (<http://twenergy.com/a/como-functiona-la-energia-solar-fotovoltaica-339>)
- [11] energies renovables  
([http://www.bibisimo.com.co/blg\\_todo\\_sobre\\_poste\\_solar\\_bibisimo.php](http://www.bibisimo.com.co/blg_todo_sobre_poste_solar_bibisimo.php))
- [12] característiques del enllumenat  
([http://www.eoi.es/wiki/index.php/Equipos\\_y\\_eficiencia\\_en\\_alumbrado\\_exterior\\_en\\_Eficiencia\\_energ%C3%A9tica](http://www.eoi.es/wiki/index.php/Equipos_y_eficiencia_en_alumbrado_exterior_en_Eficiencia_energ%C3%A9tica))
- [13] diferències entre tipus de LED (<http://blog.ledbox.es/informacion-led/diferencias-entre-led-cob-led-smd-y-microled>)
- [14] característiques de lluminàries  
(<http://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz-LamparasDeDescarga-LamparaVaporSodioAltaPresion.php>)
- [15] càlculs panell fotovoltaic (<http://www.clickrenovables.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/>)
- [16] diferències enllumenat públic  
(<http://www.forjasestilo.es/noticias/entry/caracteristicas-de-las-columnas-alumbrado-publico>)
- [17] tecnologies i aplicacions renovables (<http://www.renewables-made-in-germany.com/es/renewables-made-in-germany/tecnologias/energia-fotovoltaica/energia-fotovoltaica/tecnologias-y-aplicaciones.html>)
- [18] funcionament cèl·lula fotovoltaica (<http://www.sapa-solar.com/spain/fotovoltaica/C%C3%B3mo%20funciona%20una%20c%C3%A9lula%20fotovoltaica.html>)
- [19] tipus de bateries ([http://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-bateria-necesito-en-mi-instalacion-solar\\_1](http://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-bateria-necesito-en-mi-instalacion-solar_1))

## 13. GLOSSARI

En el següent glossari incloc les abreviacions de termes que en alguna ocasió al llarg del treball han aparegut.

<b>LED</b>	Light-emitting díode
<b>OLED</b>	Organic light-emitting díode
<b>COB</b>	chip on board – chip en la placa
<b>SMD</b>	Surface Mounted Device
<b>UE</b>	Unió Europea
<b>AENOR</b>	Associació Espanyola de Normalització i Certificació
<b>UNE</b>	Una Norma Espanyola
<b>CE</b>	Conformidad Europea
<b>ROHS</b>	Restriction of Hazardous Substances (Restricció de substàncies perilloses)
<b>IEC</b>	Comissió Electrotècnica Internacional



## II-ANNEXOS

## A. OBTENCIÓ DELS CÀLCULS AMB ANSYS

En aquest punt s'explicarà el procés seguit per obtenir els resultats amb el software ANSYS. Ja s'ha comentat que no es disposa d'un equip informàtic molt potent i això té efectes a l'hora d'obtenir els resultats.

Per obtenir uns resultats fiables, es tracta el punt de llum com a un objecte (no tenim en compte tots els subconjunts ni cargols, femelles, etc); així alliberem memòria per fer els càlculs.

Com que es tracta d'un punt de llum vertical, el punt més crític serà el més proper a la base del terra, ja que serà el punt de màxim moment. Per tant, també s'ha fet una simplificació de la part superior de la placa.

També s'observa que la lluminària no està col·locada, ja que pesa molt poc i com que no sobresurt amb excés, cosa que no afavoreix a tenir un moment molt més gran.

S'han tingut en compte el panell solar i l'armari, ja que són superfícies planes i són desfavorables perquè magnifiquen el moment a la part inferior del punt de llum.

En un principi, els càlculs de la columna es van fer amb un gruix de 5mm, com que els resultats van ser molt bons es va intentar obtenir resultats favorables disminuint aquest gruix a 3mm. Un cop obtinguts els resultats que veurem en les següents il·lustracions podem dir que són correctes.

Aquest fet ha suposat una millora econòmica que ja la columna ha disminuït de pes i gràcies a això el seu preu es veu modificat.

Tot seguit procediré en l'explicació de com s'ha fet la "preparació" del nostre punt de llum per poder realitzar tots els càlculs. Els càlculs obtinguts són bastant coherents, ja que si sortim a l'exterior podem veure punts de llum que tenen mides superiors i estan correctament col·locats.

El primer pas ha estat definir el nostre material, en aquest cas l'acer que s'ha fet servir en la columna. Aquestes propietats s'han trobat en un document penjat a la web que determina les diferents característiques de diversos materials, en el nostre cas obtenim:

Outline of Schematic A2, B2, C2, D2, E2, F2, G2, H2, I2, J2, K2, L2, M2, N2, O2, P2, Q2, R2, S2, T2, U2, V2: Engineering Data				
	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data		Source	Description
2	Material			
3	Structural Steel			Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5 -110.1
*	Click here to add a new material			

Properties of Outline Row 3: Structural Steel				
	A	B	C	D
1	Property	Value	Unit	
2	Density	7850	kg m^-3	
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion			
4	Coefficient of Thermal Expansion	1,2E-05	C^-1	
5	Reference Temperature	22	C	
6	Isotropic Elasticity			
7	Derive from	Young's Modulu...		
8	Young's Modulus	2,05E+05	MPa	
9	Poisson's Ratio	0,3		
10	Bulk Modulus	1,7083E+11	Pa	
11	Shear Modulus	7,8846E+10	Pa	
12	Alternating Stress Mean Stress	Tabular		
13	Interpolation	Log-Log		
14	Scale	1		
15	Offset	0	Pa	
16	Strain-Life Parameters			
17	Display Curve Type	Strain-Life		
18	Strength Coefficient	9,2E+08	Pa	
19	Strength Exponent	-0,106		
20	Ductility Coefficient	0,213		
21	Ductility Exponent	-0,47		
22	Cyclic Strength Coefficient	1E+09	Pa	
23	Cyclic Strain Hardening Exponent	0,2		
24	Tensile Yield Strength	2,5E+08	Pa	
25	Compressive Yield Strength	2,5E+08	Pa	
26	Tensile Ultimate Strength	4,6E+08	Pa	
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa	

figura A.1 Dades del material

Un cop ja s'han definit les característiques del material, es comença a tractar el punt de llum. En aquests passos seccionem la columna:

- En primer lloc fem un tall al llarg de tot el punt, ja que hem de tenir en compte que el vent quan bufi no agafarà tota la columna sinó que la meitat.
- L'altre tall que fem és el que va enterrat a terra i que per tant serà el nostre suport i en aquella secció no hi haurà càrrega de vent. Aquesta altura, com ja he explicat a l'apartat 7. Càlculs, és de 1.2 metres i ve donada per la normativa sobre soterraments de punts de llum.

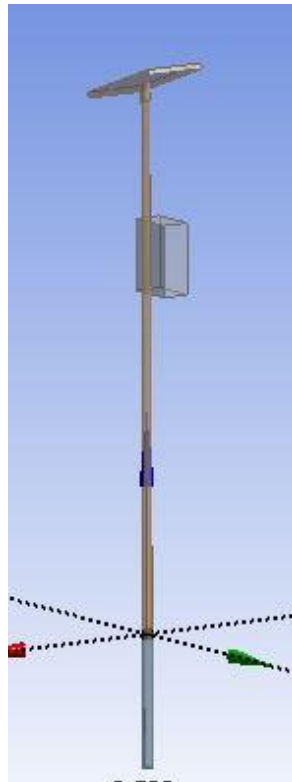


figura A.2 Tall a 1.2m

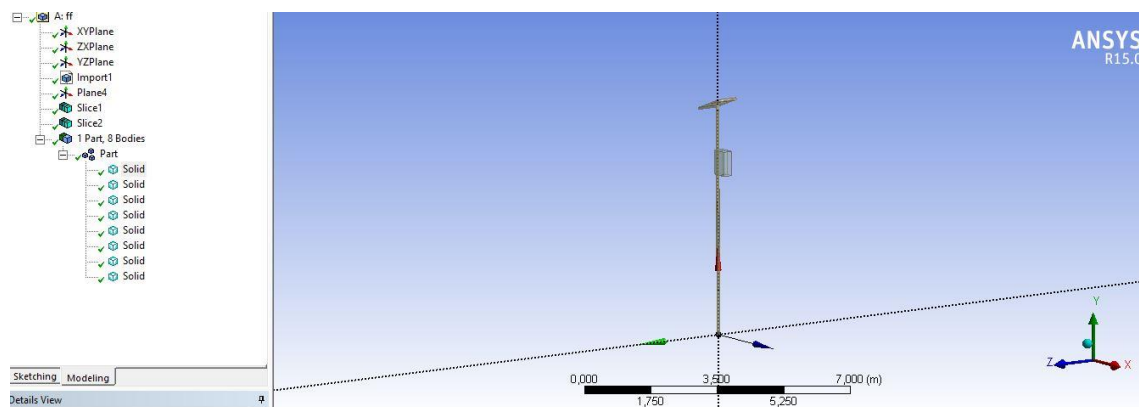


figura A.3 Tall de la columna per la meitat

En les dues figures anteriors tenim els diferents talls que hem fet per poder col·locar les càrregues i les restriccions del nostre punt de llum.

Tot seguit es definirà el tipus de mallat que es vol per la columna, el programa per defecte et dóna un mallat, que no acostuma a ser suficient perquè crea polígons amb formes estranyes i que no són fiables a l'hora d'obtenir els resultats.

Per tant en el meu cas s'ha intentat obtenir un malla de quadrilàters a les zones que tenen una cara plana, mentre que a la columna s'ha intentat la utilització de triangles que és la millor manera de cobrir la superfície.

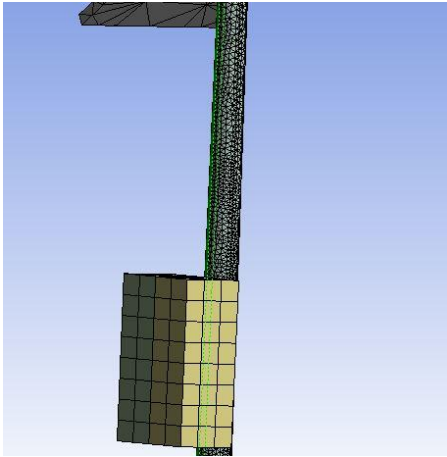


figura A.5 Exemple malla 1

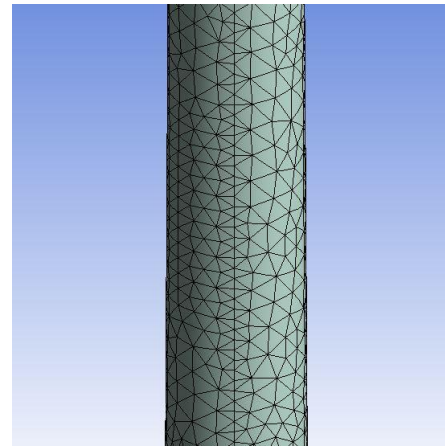


figura A.4 Exemple malla 2

Un cop ja tenim el punt de llum amb un malla prou bo, es tracta de col·locar els punts de suport i les càrregues necessàries. En aquest cas tindrem càrregues per a l'acció del vent i les del propi pes de l'armari.

Hem de tenir en compte que l'armari de bateries té un pes que rondarà els 10Kg, mentre que el del conjunt del panell fotovoltaic serà d'uns 20Kg. Per tant, si hem de passar-ho a Newtons ho multipliquem per la gravetat i ja ho tindrem en Newtons.

També cal recalcar que els càlculs són els més desfavorables possibles, amb això vull dir que el vent es considera que agafi la major superfície possible, i que la placa en aquest cas està el màxim inclinada i això provoca una pantalla més gran.

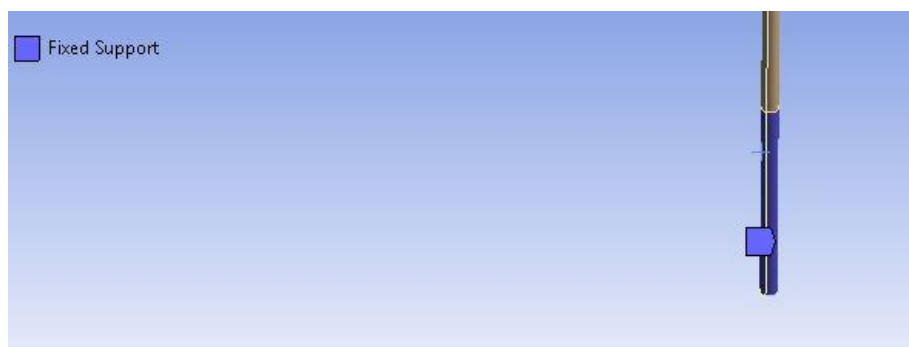
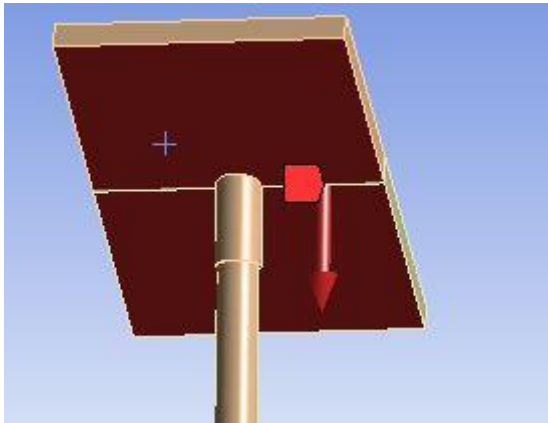
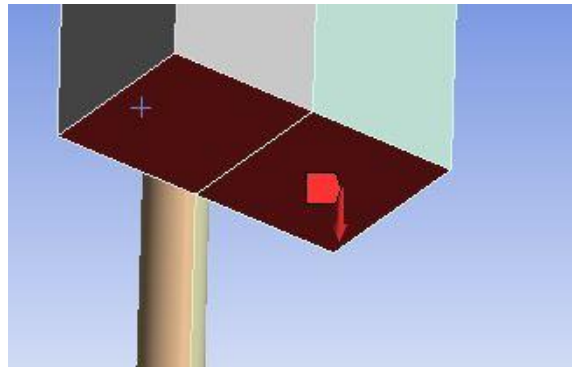


figura A.6 Col·locació suport fix



*figura A.8 Força placa*



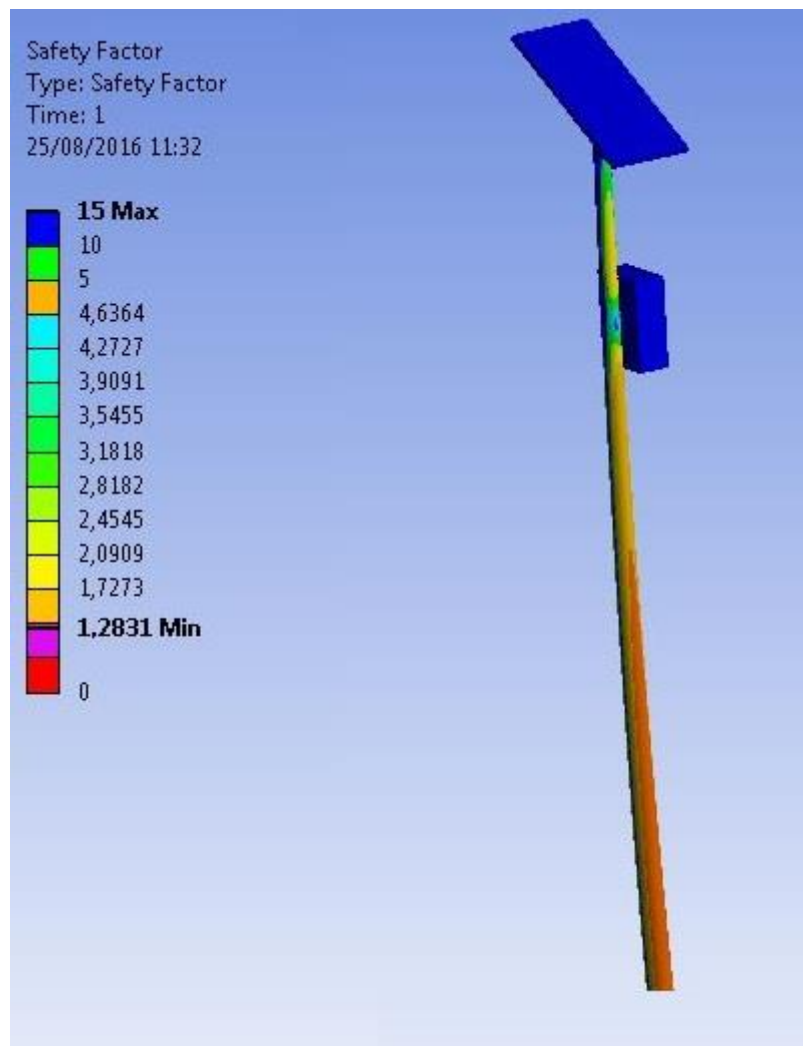
*figura A.7 Força armari*



*figura A.9 Pressió de l'aire*

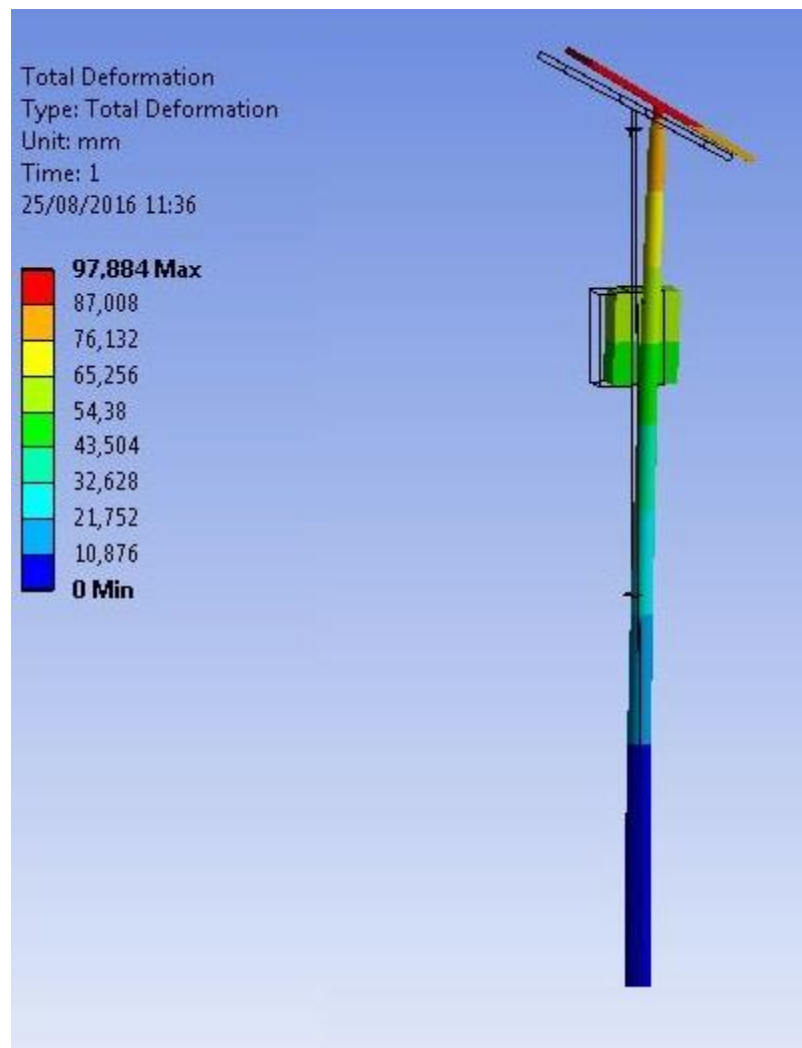
En els nostres càlculs s'han considerat vents de 130km/h per així poder cobrir en el cas de Catalunya zones com l'Empordà on la tramuntana pot superar amb certa facilitat els 100 km/h. A part d'aquest vent també s'ha aplicat un factor de seguretat que també està explicat a l'apartat 7. Càlculs que és del 30% per tenir una seguretat una mica més gran.

Un cop aplicat tot en el nostre punt de llum només falta crear l'informe de resultats, en aquest cas he tret els càlculs del factor de seguretat per saber si el material aguanta els esforços elàsticament i que per tant després pot tornar a la seva posició inicial, el desplaçament màxim sobretot per la part superior i la tensió per Von Misses.



*figura A.10 Factor de seguretat*

En la figura anterior veiem que el nostre punt de llum no pateix cap deformació irreversible, això vol dir que en períodes de vent elevat el punt de llum patirà deformacions elàstiques, però en acabar el període tornarà a la seva posició inicial. En el nostre cas el factor de seguretat ha de ser superior a 1 i ho complim. Les zones més crítiques tal i com he comentat són a la base de la columna que és on pateix més a causa dels moments creats a la part superior.



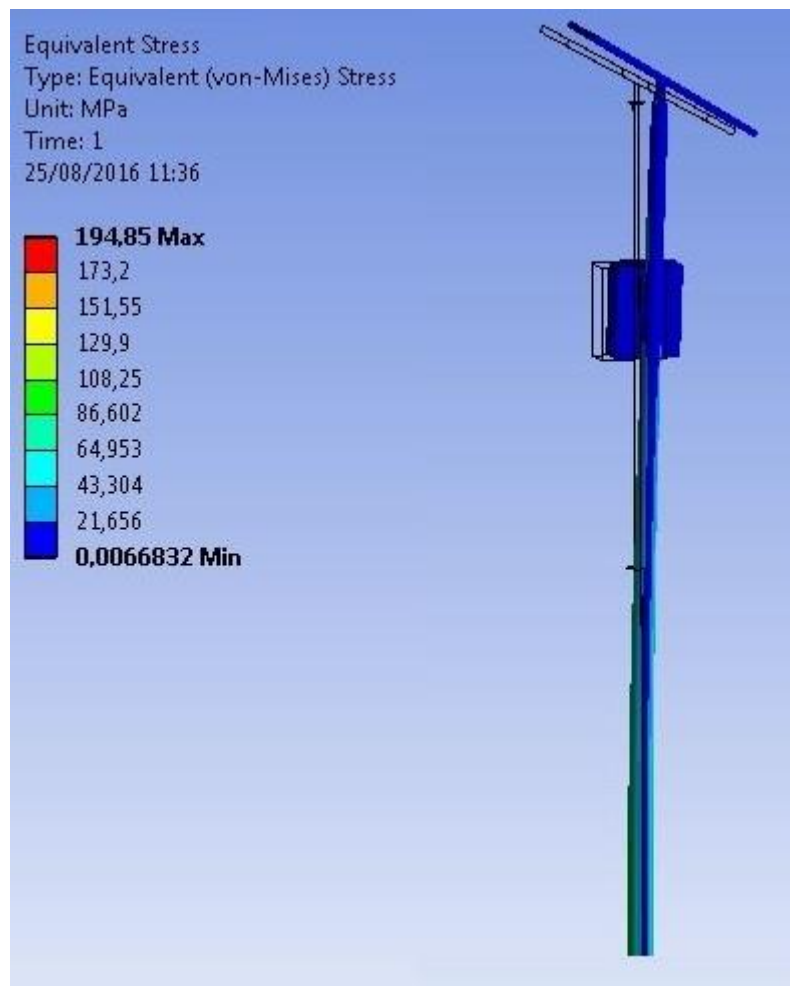
*figura A.11 Deformació del punt de llum*

A la figura 11, podem veure que la màxima deformació, com era d'esperar, és a la part superior on tenim el panell fotovoltaic. Per fer-nos una idea del que es pot desplaçar, s'ha col·locat el punt de llum en un estat sense una pressió del vent tant elevada.

Els resultats ens donen que la part superior té un desplaçament màxim d'aproximadament uns 98mm, cosa que no és gaire quan es parla que tenim 4.8 metres de columna per sobre el nivell de terra.

Per últim, veurem els resultats que fan referència a les tensions del nostre punt de llum.





*figura A.12 Tensions Equivalents (Von-Misses)*

En la llegenda de la figura 12, podem observar el rang dels valors de tensions que tindrem a la nostra columna, tal i com ens ha passat en el factor de seguretat i a diferència del desplaçament els punts amb més importància són els que estan a la part inferior. Podem observar que tenim punts amb 195 MPa, però en el dibuix no s'aprecien. Aquests valors tan elevats a vegades són petits punts que donen punts molt més elevats que altres. Per tenir un valors més homogenis s'hauria de buscar unes tensions sense tenir en compte els extrems.

## B. CREACIÓ DE RENDERS AMB KEYSHOT

A continuació, s'explicarà el procés i l'obtenció dels renders.

Per poder tirar endavant amb el renderitzat, el primer que s'ha de tenir en compte és que s'ha de tenir completament dissenyat el punt de llum amb 3D, un cop aquest disseny ha estat realitzat ja es pot passar a donar "color" al nostre disseny.

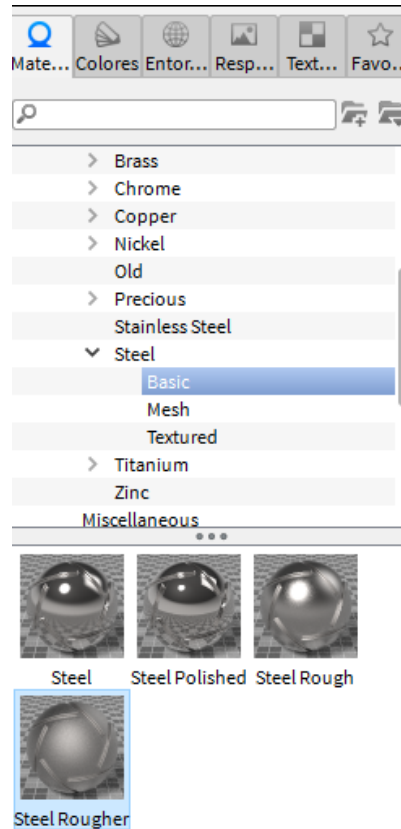
Primer partim d'un disseny 3D sense cap mena de material aplicat tal i com es pot veure en la següent imatge:



*figura B.1 punt de llum inicial*

així doncs veiem com inicialment no tenim cap material definit, per tant el següent pas a realitzar és el de determinar el material de les diferents parts del nostre punt de llum.

Amb anterioritat ja s'han definit aquests materials, per tant només s'han de buscar a l'interior del programa i aplicar les diferents textures. Així doncs hem de buscar els diferents materials, per la columna un acer, mentre que per les altres peces de fixació un alumini.



*figura B.2 Selecció material*

En l'anterior figura veiem com és el panell per seleccionar el material que estem buscant, en aquest cas es tracta d'un acer; de tots els que hi ha s'ha triat l'acer amb les característiques més semblants al real. En aquest cas un acer galvanitzat.

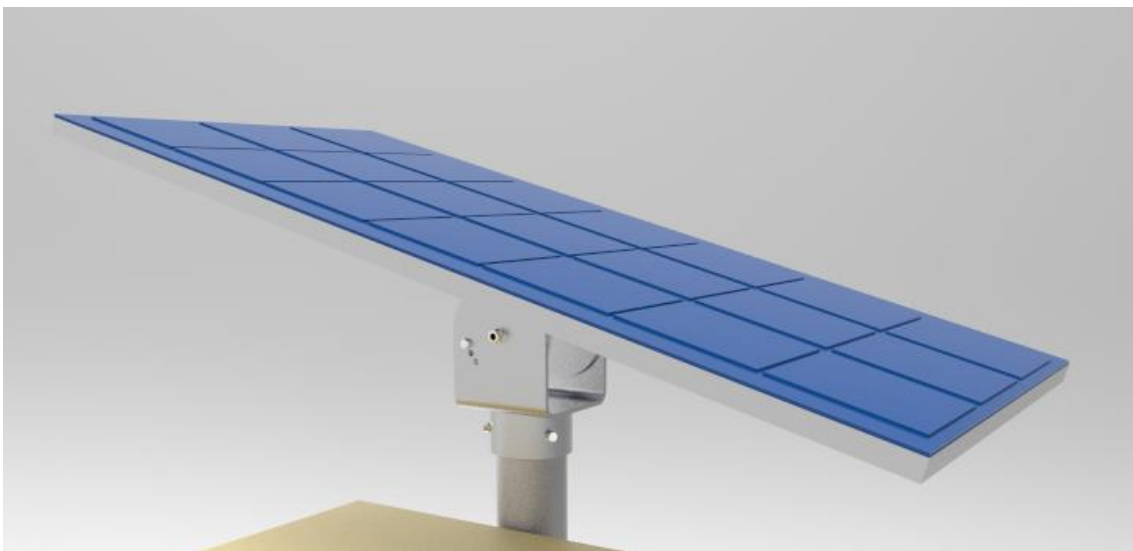
Tot seguit continuaré aplicant totes les textures dels diferents conjunts de la columna, per així tenir un resultat el més similar possible. S'ha de tenir en compte que l'armari i el color del panell fotovoltaic no seran exactes, per tant aplicarem una base d'un color amb l'acabat que doni un toc més real a la columna.

Per la lluminària es tractaran els LEDS com una font de llum, encara que no es vegi com emeten la llum, a l'hora de fer els renders aquests poden aplicar diferents il·luminacions.



*figura B.3 detall dels LED de la lluminària*

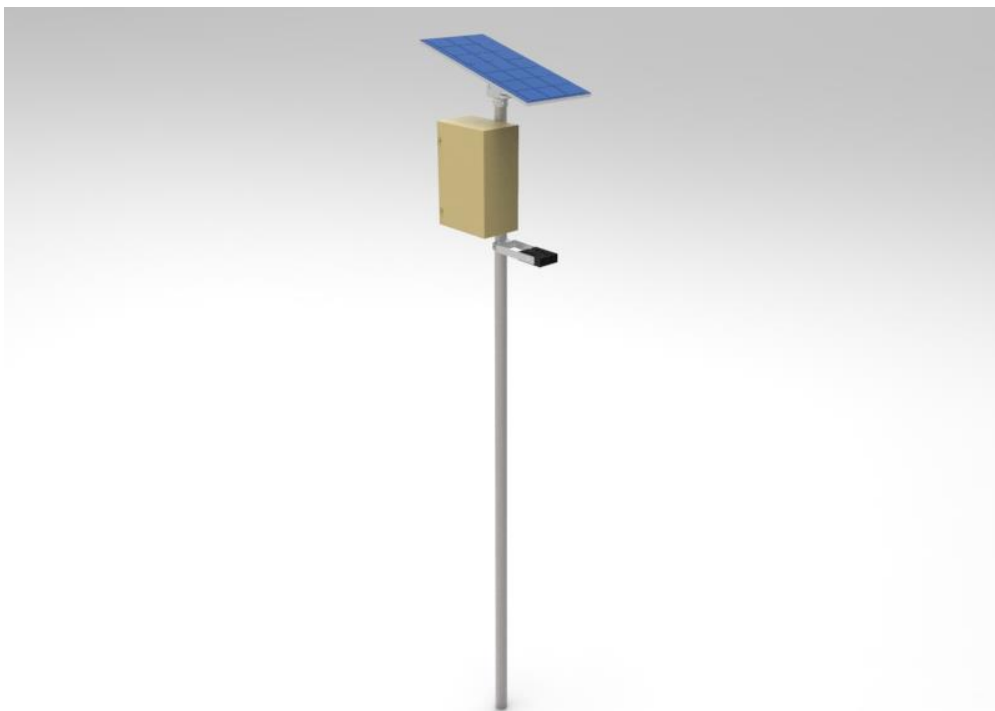
En la imatge anterior podem observar amb detall el toc d'il·luminació que donen els LED (a simple vista no es pot apreciar, encara que tenen un color brillant). També podem observar en la foto tots els materials, l'acer de la columna, l'alumini del perfil, l'acer inoxidable dels cargols i, pel que fa a la pròpia lluminària, el negre del dissipador i la carcassa dels LED que és de plàstic transparent, per això es veu la part interior on hi van els LED i el circuit.



*figura B.4 Detall subconjunt panell fotovoltaic*

En la imatge anterior, podem observar el color que hem donat al panell fotovoltaic, així com els colors dels casquets per poder fixar.

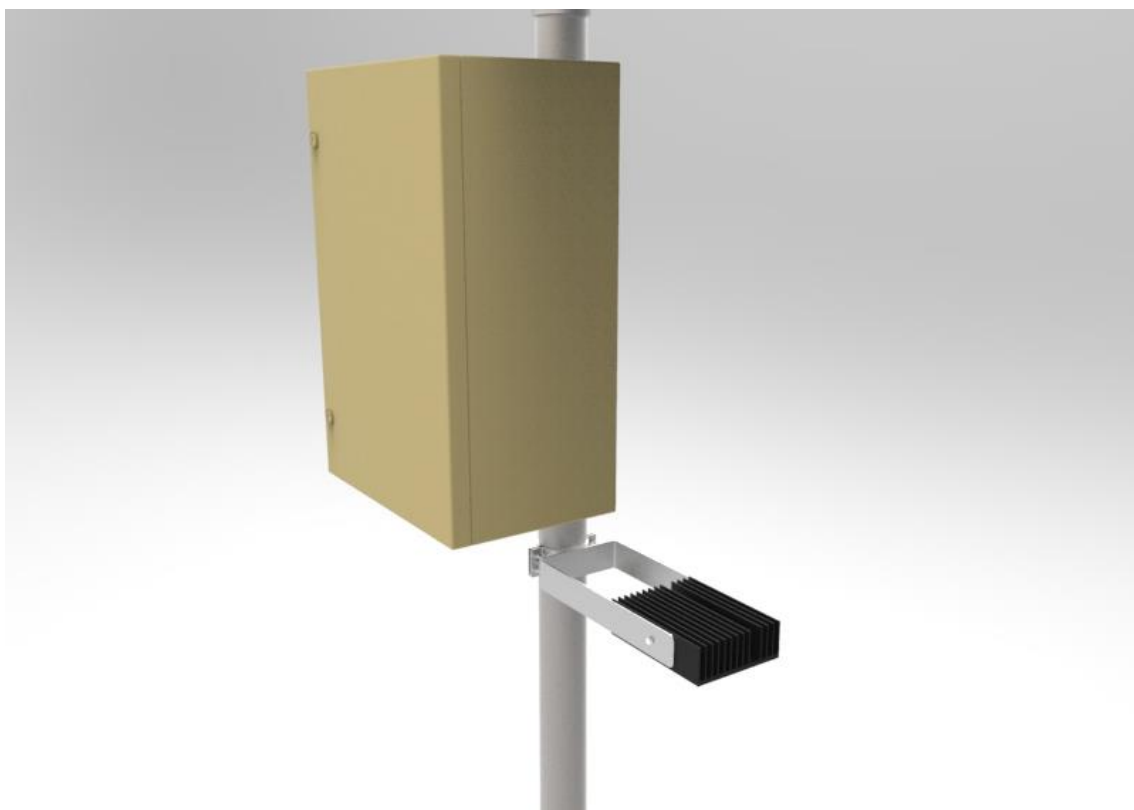
A continuació adjuntaré diferents imatges de diferents punts de vista amb el correcte renderitzat:



*figura B.5 Punt de llum*



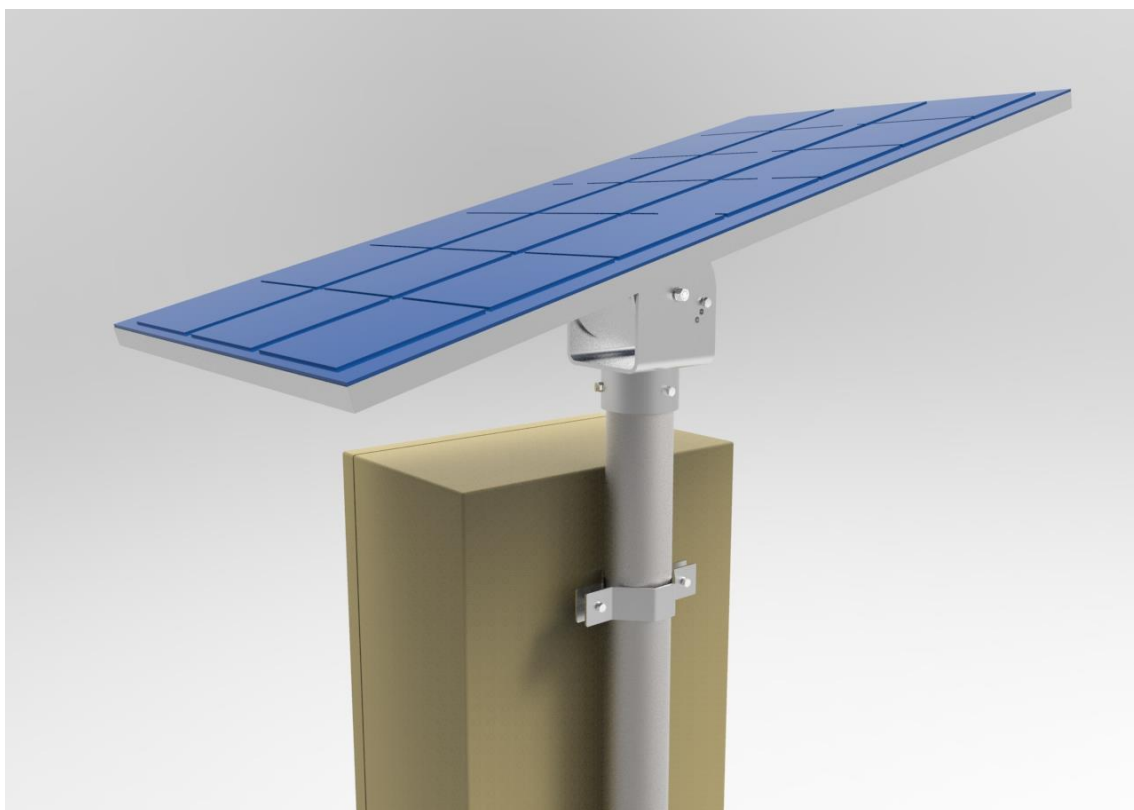
*figura B.6 Detall Il·luminària*



*figura B.7 Detall subconjunt armari i lluminària*



*figura B.8 Detall posterior subconjunt armari i lluminària*



*figura B.9 Detall subconjunt panell fotovoltaic*



*figura B.10 Detall regulació de posició del panell fotovoltaic*



Per veure com quedaria el nostre punt de llum, ja situat en una de les zones on pot anar col·locat, s'ha buscat un fons d'imatge per poder-lo col·locar.



*figura B.11 Col·locació punt de llum en una zona de obres*



*figura B.12 Col·locació punt de llum en un campament militar*





*figura B.13 Col·locació punt de llum en un camp de refugiats*

## C. RESULTATS TRACEPRO

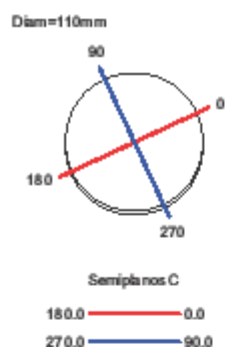
En aquest apartat s'adjuntaran els informes obtinguts dels assajos de les diferents òptiques que es poden utilitzar en la nostra lluminària per obtenir un tipus de lluminositat o una altra.

En els informes podem trobar la següent informació:

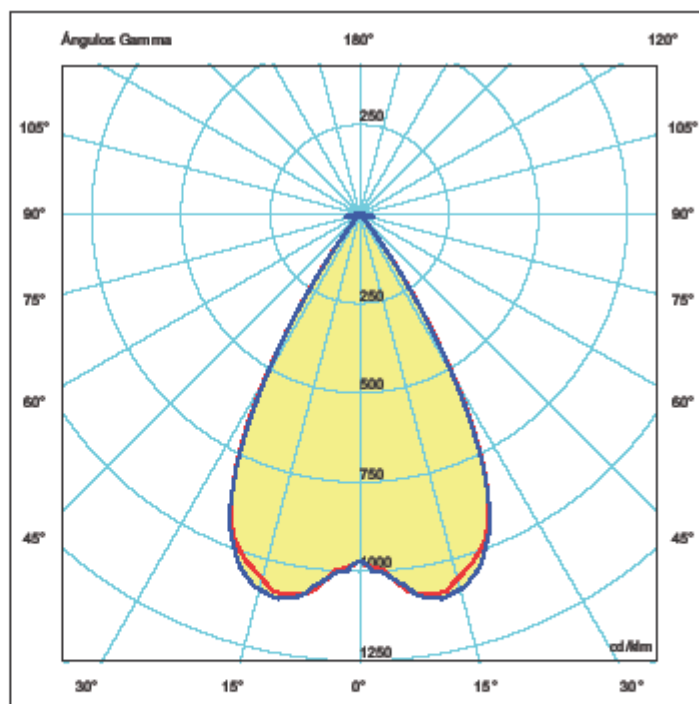
- El flux de la lluminària
- La potència que desenvolupa (tenint en compte les pèrdues en tots els components fet que ja s'han valorat a l'hora de fer els càlculs del panell fotovoltaic)
- L'eficàcia
- L'àrea il·luminada
- La inclinació utilitzada
- Així com una imatge que ens ensenya quina serà la seva projecció; el color vermell ens indica la secció longitudinal al pla del carrer, mentre que la de color blau és la perpendicular al carrer.



Luminaria							
Código	YTER 60D 30 W						
Nombre	TFG JOAN CARBONELL						
Ensayo	SEQUIL SZ5-M2						
Código	LUMINARIA PANEL SOLAR Y BATERÍA						
Nombre							
Flujo Luminaria	3092.92 lm	Potencia luminaria	28.25 W	Eficiencia	109.48 lm/W	Rendimiento	100.00%
Flujo de Lámpara	3092.92 lm	Valor Máximo	1121.12 cd/klm	Posición	C=80.00 G=10.00	CG	Bisimétrico
Luminaria Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm			
Área Luminosa Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm			
Área Luminosa Horizontal	0.009503 m2	Área Emisión sobre Pl. 180°		0.000860 m2			
Área Emisión sobre Pl. 0°	0.000860 m2	Área Emisión sobre Pl. 270°		0.000860 m2			
Área Emisión sobre Pl. 90°	0.000860 m2	Área de deslumbramiento a 78°		0.002939 m2			
Sist. de Coordén.	CG	Tipo de Simetría		Bisimétrico			
Fecha	13-04-2016	Máximo Ángulo Gamma		180			
Distancia de Ensayo	0.00	Flujo de Ensayo		3092.92 lm			
Operador				Tensión de alimentación			
Temperatura	25.00 °C				Corriente de alimentación		
Humedad	60.00 %				Fotocélula		
Notas							
Familia	Código	Lámparas de la Luminaria			Flujo [lm]	Pot. [W]	Cant.
	YTER 60D 30 W	Nombre RETROFIT - 28.25 W			3092.92	28.25	1
C.I.E.	93 93 95 99 100	D DIN 5040			A61		
F UTE	0.99 A + 0.01 T	B NBN			BZ 1		

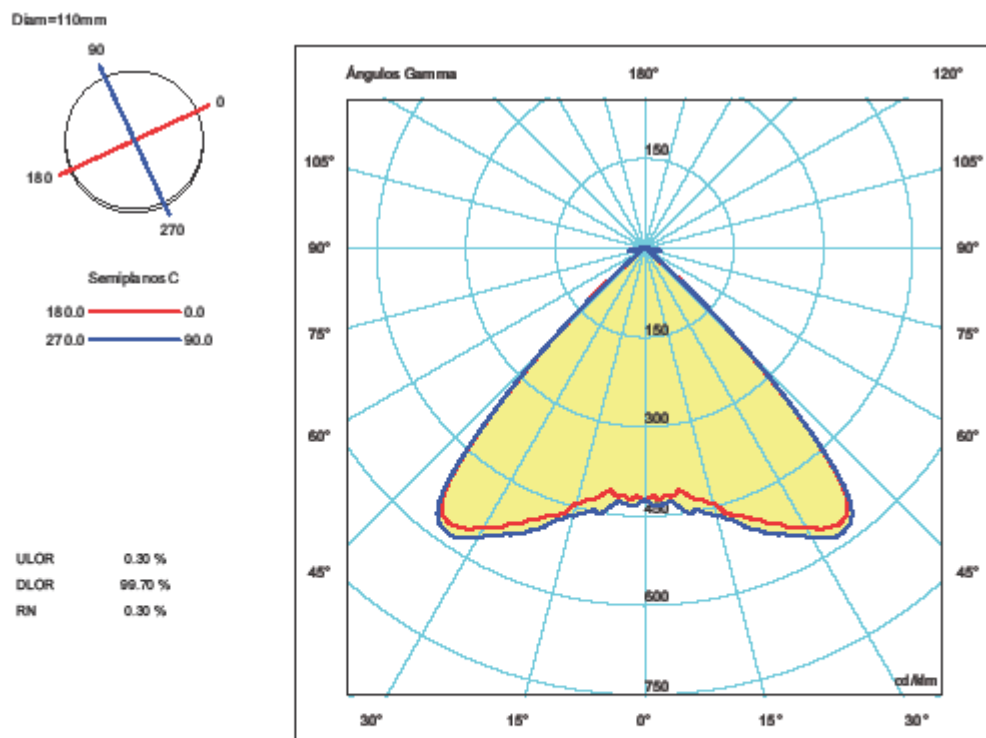


ULOR 0.81 %  
DLOR 99.19 %  
RN 0.81 %



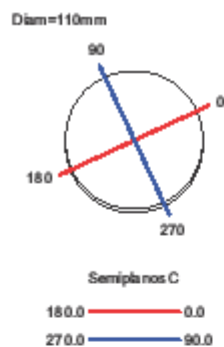


Luminaria							
Código	YTER 90D 30 W						
Nombre	TFG JOAN CARBONELL						
Ensayo	SEOUL SZ5-M2						
Código	LUMINARIA PANEL SOLAR Y BATERÍA						
Nombre							
Flujo Luminaria	3095.05 lm	Potencia luminaria	28.25 W	Eficiencia	109.56 lm/W	Rendimiento	100.00%
Flujo de Lámpara	3095.05 lm	Valor Máximo	582.11 cd/m2m	Posición	C=90.00 G=34.00	CG	Bisimétrico
Luminaria Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm			
Área Luminosa Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm			
Área Luminosa Horizontal	0.000503 m2	Área Emisión sobre Pl. 180°			0.000860 m2		
Área Emisión sobre Pl. 0°	0.000860 m2	Área Emisión sobre Pl. 270°			0.000860 m2		
Área Emisión sobre Pl. 90°	0.000860 m2	Área de deslumbramiento a 76°			0.002939 m2		
Sist. de Coord.	CG	Tipo de Simetría			Bisimétrico		
Fecha	13-04-2016	Máximo Ángulo Gamma			180		
Distancia de Ensayo	0.00	Flujo de Ensayo			3095.05 lm		
Operador	Tensión de alimentación						
Temperatura	25.00 °C	Corriente de alimentación					
Humedad	60.00 %	Fotocélula					
Notas							
Familia	Código	Lámparas de la Luminaria			Flujo [lm]	Pot. [W]	Cant.
	YTER 90D 30 W	Nombre RETROFIT - 28.25 W			3095.05	28.25	1
C.I.E.	78 95 97 100 100	D DIN 5040			A60		
F UTE	1.00 B	B NBN			BZ 2		

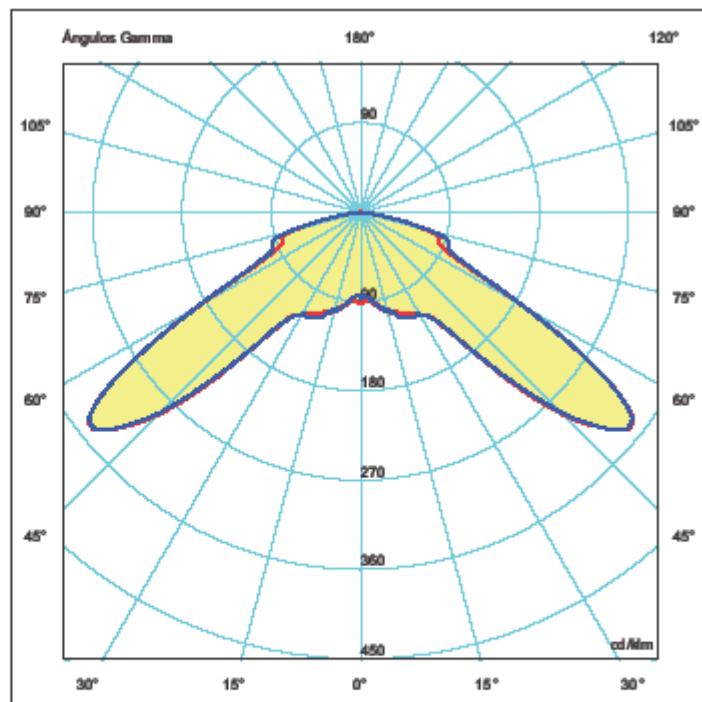




Luminaria								
Código	YTER 120D-Square 30W							
Nombre	TFG JOAN CARBONELL							
Ensayo	SEQUIL SZ5-M2							
Código	LUMINARIA PANEL SOLAR Y BATERÍA							
Nombre								
Flujo Luminaria	3100.47 lm	Potencia luminaria	28.25 W	Eficiencia	109.75 lm/W	Rendimiento	100.00%	
Flujo de Lámpara	3100.47 lm	Valor Máximo	598.44 cd/m²	Posición	C=46.00 G=56.00	CG	Bisimétrico	
Luminaria Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm				
Área Luminosa Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm				
Área Luminosa Horizontal	0.008503 m²	Área Emisión sobre Pl. 180°		0.000860 m²				
Área Emisión sobre Pl. 0°	0.000860 m²	Área Emisión sobre Pl. 270°		0.000860 m²				
Área Emisión sobre Pl. 90°	0.000860 m²	Área de deslumbramiento a 76°		0.002939 m²				
Sist. de Coord.	CG	Tipo de Simetría			Bisimétrico			
Fecha	13-04-2016	Máximo Ángulo Gamma			180			
Distancia de Ensayo	0.00	Flujo de Ensayo			3100.47 lm			
Operador	Tensión de alimentación							
Temperatura	25.00 °C	Corriente de alimentación						
Humedad	60.00 %	Fotocélula						
Notas								
Lámparas de la Luminaria								
Familia	Código	Nombre			Flujo [lm]	Pot. [W]	Cant.	
	YTER 120D-Square 30W	RETROFIT - 28.25 W			3100.47	28.25	1	
C.I.E.	20 73 95 100 100	D DIN 5040			A10			
F UTE	1.00 I	B NBN			BZ 9 / 0.8 / BZ 8 / 1 / BZ 7 / 1.25 / BZ 6 / 4 / BZ 5			

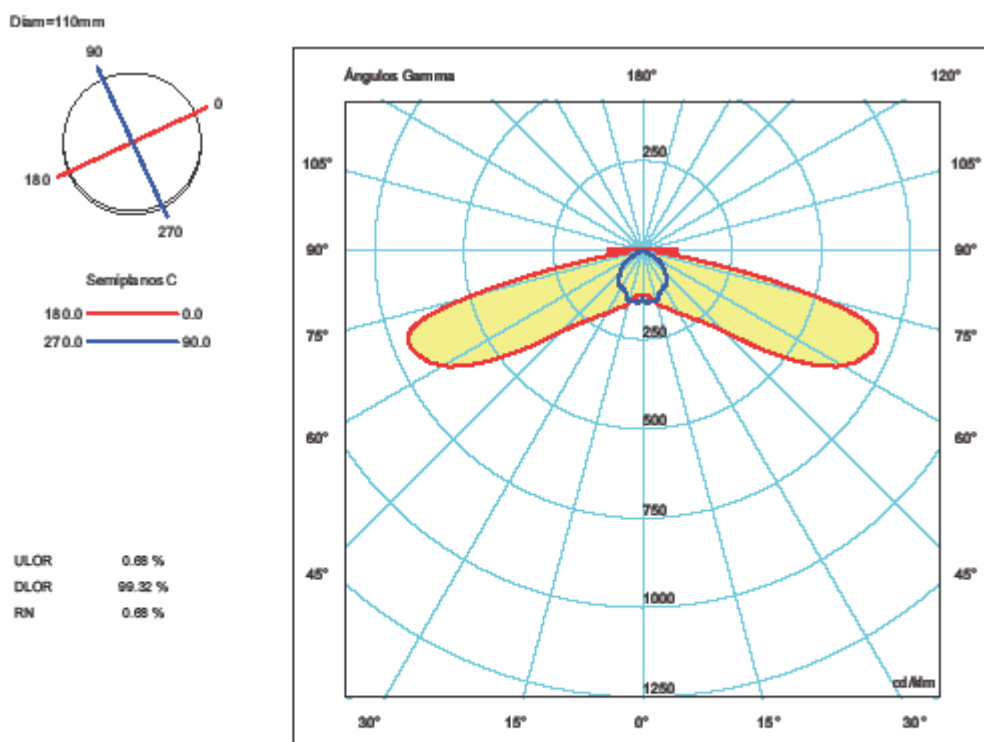


ULOR 0.07 %  
DLOR 99.93 %  
RN 0.07 %



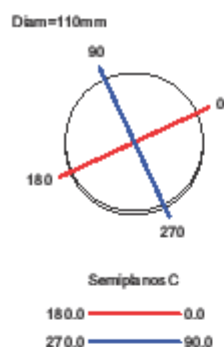


<b>Luminaria</b>							
Código	YTER IESNA-Type I 30W						
Nombre	TFG JOAN CARBONELL						
Ensayo	SEOL SZ5-M2						
Código	LUMINARIA PANEL SOLAR Y BATERÍA						
Nombre							
Flujo Luminaria	3100.61 lm	Potencia luminaria	28.25 W	Eficiencia	109.76 lm/W	Rendimiento	100.00%
Flujo de Lámpara	3100.61 lm	Valor Máximo	723.93 cd/m/m	Posición	C=9.00 G=85.00	CG	Biarmétrico
Luminaria Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm			
Área Luminosa Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm			
Área Luminosa Horizontal	0.009503 m2	Área Emisión sobre Pl. 180°		0.000860 m2			
Área Emisión sobre Pl. 0°	0.000960 m2	Área Emisión sobre Pl. 270°		0.000860 m2			
Área Emisión sobre Pl. 90°	0.000960 m2	Área de deslumbramiento a 78°		0.002939 m2			
Sist. de Coordén.	CG	Tipo de Simetría		Biarmétrico			
Fecha	13-04-2016	Máximo Ángulo Gamma		180			
Distancia de Ensayo	0.00	Flujo de Ensayo		3100.61 lm			
Operador	Tensión de alimentación						
Temperatura	25.00 °C	Corriente de alimentación					
Humedad	60.00 %	Fotocélula					
Notas							
<b>Lámparas de la Luminaria</b>							
Familia	Código	Nombre		Flujo [lm]	Pot. [W]	Cant.	
	YTER IESNA-Type I 30W	RETROFIT - 28.25 W		3100.61	28.25	1	
C.I.E.	27 60 92 99 100	D DIN 5040		A11			
F.U.T.E.	0.99 H + 0.01 T	B NBN		BZ 6 / 0.8 / BZ 7 / 1.5 / BZ 6			

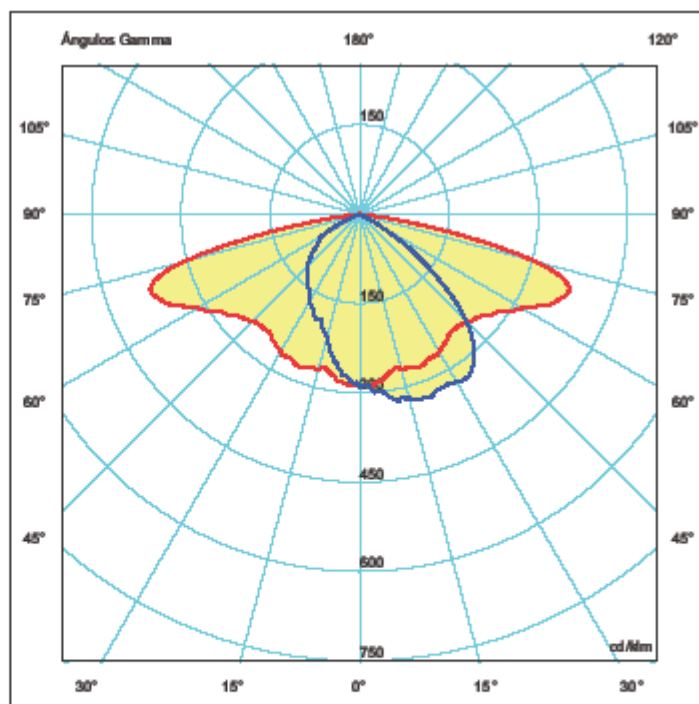




<b>Luminaria</b>							
Código	YTER IESNA-Type II 30W						
Nombre	TFG JOAN CARBONELL						
Ensayo	SEOL SZ5-M2						
Código	LUMINARIA PANEL SOLAR Y BATERÍA						
Nombre							
Flujo Luminaria	3100.30 lm	Potencia luminaria	28.25 W	Eficiencia	109.75 lm/W	Rendimiento	100.00%
Flujo de Lámpara	3100.30 lm	Valor Máximo	407.17 cd/m	Posición	C=13.00 G=69.00	CG	Asimétrico
Luminaria Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm			
Área Luminosa Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm			
Área Luminosa Horizontal	0.009503 m2	Área Emisión sobre Pl. 180°		0.000860 m2			
Área Emisión sobre Pl. 0°	0.000860 m2	Área Emisión sobre Pl. 270°		0.000860 m2			
Área Emisión sobre Pl. 90°	0.000860 m2	Área de deslumbramiento a 78°		0.002939 m2			
Sist. de Coordén.	CG	Tipo de Simetría		Asimétrico			
Fecha	13-04-2016	Máximo Ángulo Gamma		180			
Distancia de Ensayo	0.00	Flujo de Ensayo		3100.30 lm			
Operador	Tensión de alimentación						
Temperatura	25.00 °C	Corriente de alimentación					
Humedad	60.00 %	Fotocélula					
Notas							
<b>Lámparas de la Luminaria</b>							
Familia	Código	Nombre		Flujo [lm]	Pot. [W]	Cant.	
	YTER IESNA-Type II 30W	RETROFIT - 28.25 W		3100.30	28.25	1	
C.I.E.	41 74 96 100 100	D DIN 5040		A30			
F UTE	1.00 G	B NBN		BZ 5			

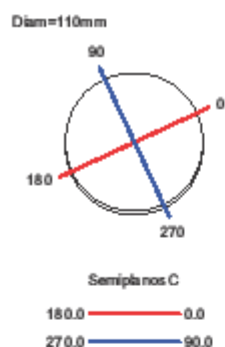


ULOR 0.14 %  
DLOR 99.85 %  
RN 0.14 %

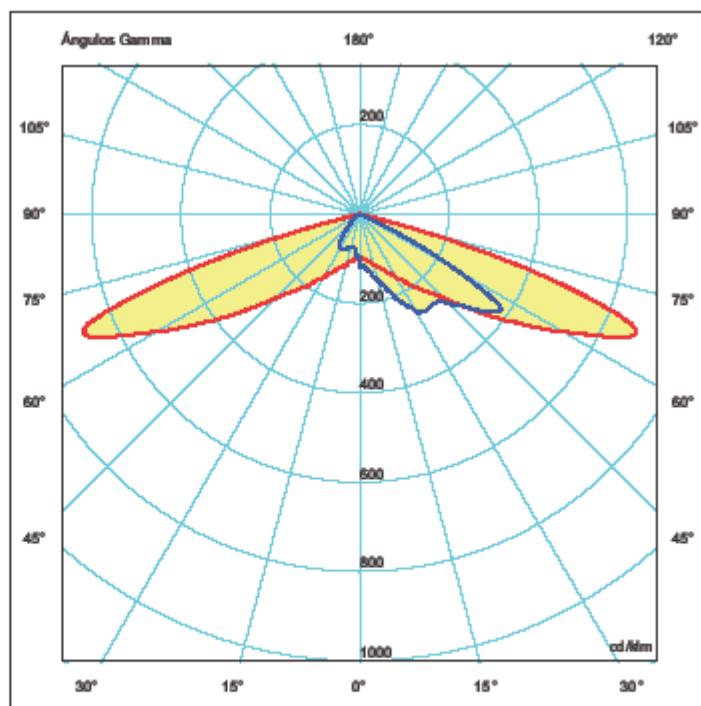




Luminaria							
Código	YTER IESNA Type III 30W						
Nombre	TFG JOAN CARBONELL						
Ensayo	SEOL SZ5-M2						
Código	LUMINARIA PANEL SOLAR Y BATERÍA						
Nombre							
Flujo Luminaria	3093.70 lm	Potencia luminaria	28.25 W	Eficiencia	109.51 lm/W	Rendimiento	100.00%
Flujo de Lámpara	3093.70 lm	Valor Máximo	811.24 cd/mim	Posición	C=29.00 G=67.00	CG	Asimétrico
Luminaria Redonda		Diam.	110 mm	Altura	6 mm		
Área Luminosa Redonda		Diam.	110 mm	Altura	6 mm		
Área Luminosa Horizontal	0.0006503 m2			Área Emisión sobre Pl. 180°		0.000660 m2	
Área Emisión sobre Pl. 0°	0.000660 m2			Área Emisión sobre Pl. 270°		0.000660 m2	
Área Emisión sobre Pl. 90°	0.000660 m2			Área de deslumbramiento a 76°		0.002939 m2	
Sist. de Coordn.	CG			Tipo de Simetría		Asimétrico	
Fecha	13-04-2016			Máximo Ángulo Gamma		180	
Distancia de Ensayo	0.00			Flujo de Ensayo		3093.70 lm	
Operador				Tensión de alimentación			
Temperatura	25.00 °C			Corriente de alimentación			
Humedad	60.00 %			Fotocélula			
Notas							
Familia	Lámparas de la Luminaria						
	Código	Nombre					
	YTER IESNA Type III 30W	RETROFIT - 28.25 W					
				Flujo [lm]	Pot. [W]	Cant.	
				3093.70	28.25	1	
C.I.E.	24 64 96 100 100			D DIN 5040	A10		
F UTE	1.00 I			B NBN	BZ 6 / 0.8 / BZ 7 / 1.25 / BZ 6 / 3 / BZ 5		



ULOR 0.27 %  
DLOR 99.73 %  
RN 0.27 %

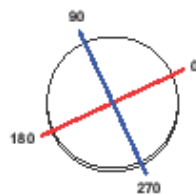






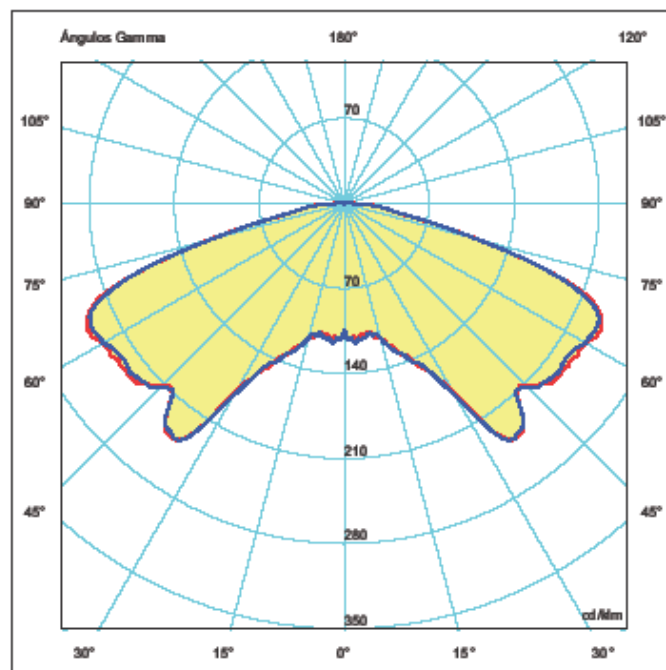
<b>Luminaria</b> <b>Código</b> YTER IESNA Type V 30W <b>Nombre</b> TFG JOAN CARBONELL <b>Ensayo</b> <b>Código</b> SEOUL SZ5-M2 <b>Nombre</b> LUMINARIA PANEL SOLAR Y BATERÍA							
<b>Flujo Luminaria</b>	3092.79 lm	<b>Potencia luminaria</b>	28.25 W	<b>Eficiencia</b>	109.48 lm/W	<b>Rendimiento</b>	100.00%
<b>Flujo de Lámpara</b>	3092.79 lm	<b>Valor Máximo</b>	239.20 cd/m/m	<b>Posición</b>	C=0.00 G=35.00	<b>CG</b>	Biarmético
Luminaria Redonda		Diam.	110 mm	Altura	6 mm		
Área Luminosa Redonda		Diam.	110 mm	Altura	6 mm		
Área Luminosa Horizontal	0.000503 m2			Área Emisión sobre Pl. 180°		0.000860 m2	
Área Emisión sobre Pl. 0°	0.000860 m2			Área Emisión sobre Pl. 270°		0.000860 m2	
Área Emisión sobre Pl. 90°	0.000860 m2			Área de deslumbramiento a 78°		0.002939 m2	
Sist. de Coord.	CG			Tipo de Simetría		Biarmético	
Fecha	13-04-2016			Máximo Ángulo Gamma		180	
Distancia de Ensayo	0.00			Flujo de Ensayo		3092.79 lm	
Operador				Tensión de alimentación			
Temperatura	25.00 °C			Corriente de alimentación			
Humedad	60.00 %			Fotocélula			
Notas							
<b>Familia</b>							
		<b>Lámparas de la Luminaria</b>					
		<b>Código</b>	<b>Nombre</b>			<b>Flujo [lm]</b>	<b>Pot. [W]</b>
		YTER IESNA Type V 30W	RETROFIT - 28.25 W			3092.79	28.25
							<b>Cant.</b>
							1
C.I.E.	28 62 93 100 100			D DIN 5040	A10		
F UTE	1.00 I			B NBN	BZ 7 / 1.25 / BZ 6		

Diam=110mm



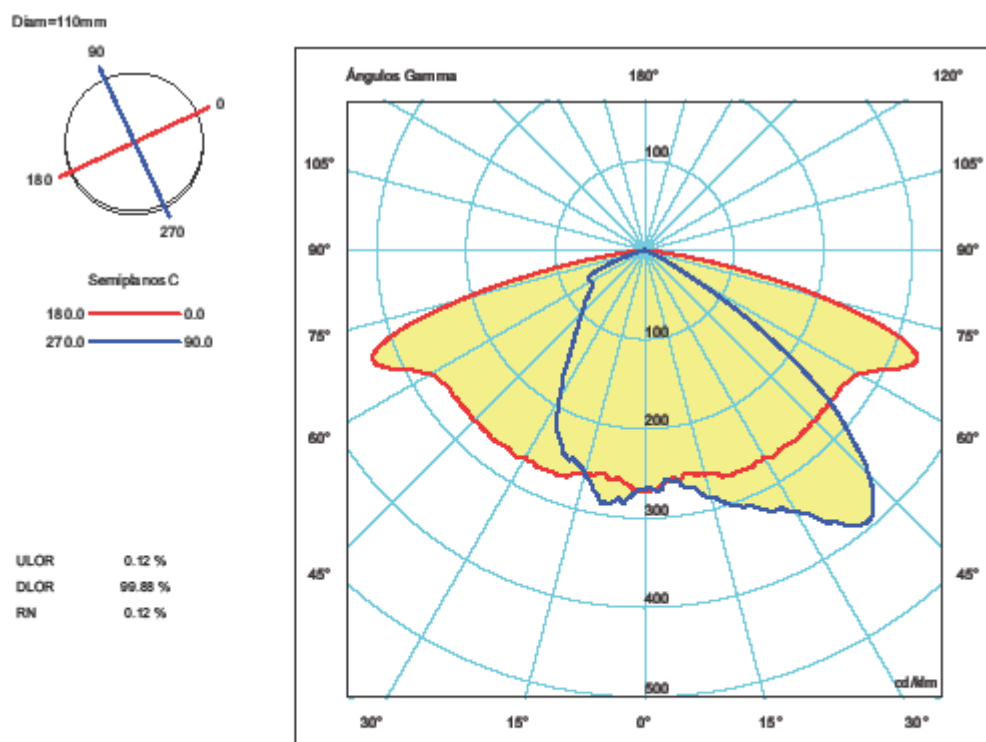
Semiplanos C  
180.0 — 0.0  
270.0 — 90.0

UIOR 0.27 %  
DILOR 99.73 %  
RN 0.27 %





<b>Luminaria</b>							
Código	YTER ME3A IESNA II 30W						
Nombre	TFG JOAN CARBONELL						
Ensayo	SEOL SZ5-M2						
Código	LUMINARIA PANEL SOLAR Y BATERIA						
Nombre							
Flujo Luminaria	3100.69 lm	Potencia luminaria	28.25 W	Eficiencia	109.76 lm/W	Rendimiento	100.00%
Flujo de Lámpara	3100.69 lm	Valor Máximo	524.59 cd/m	Posición	C=21.00 G=67.00	CG	Asimétrico
Luminaria Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm			
Área Luminosa Redonda	Diam.	110 mm	Altura	6 mm			
Área Luminosa Horizontal	0.009503 m2	Área Emisión sobre Pl. 180°		0.000860 m2			
Área Emisión sobre Pl. 0°	0.000860 m2	Área Emisión sobre Pl. 270°		0.000860 m2			
Área Emisión sobre Pl. 90°	0.000860 m2	Área de deslumbramiento a 76°		0.002939 m2			
Sist. de Coordén.	CG	Tipo de Simetría		Asimétrico			
Fecha	13-04-2016	Máximo Ángulo Gamma		180			
Distancia de Ensayo	0.00	Flujo de Ensayo		3100.69 lm			
Operador				Tensión de alimentación			
Temperatura				Corriente de alimentación			
Humedad				Fotocélula			
Notas							
<b>Lámparas de la Luminaria</b>							
Familia	Código	Nombre			Flujo [lm]	Pot. [W]	Cant.
	YTER ME3A IESNA II 30W	RETROFIT - 28.25 W			3100.69	28.25	1
C.I.E.	41 77 97 100 100	D DIN 5040			A30		
F UTE	1.00 E	B NBN			BZ 5		



## D. COMPONENTS COMPRATS

En aquest apartat s'explicaran tots els elements que s'han comprat per al correcte funcionament del punt de llum. En aquest punt no s'ha tingut en compte els cargols, les femelles i les volanders ja que són materials estàndard per a tothom.

També cal remarcar, que aquests elements es poden substituir per altres que tinguin les mateixes característiques o de característiques superiors.

Un altre tema a tenir en compte és el preu dels components; quan es fan comandes molt grans els venedors ajusten el preu de venda així s'obté un cost menor. En el nostre cas s'ha establert per una comanda d'unes 100 unitats.

Primer parlarem del panell solar; en aquest cas entren en joc les seves dimensions. En el mercat hi ha moltes cases de panells solars i de diferents dimensions, a nosaltres ens interessa que aquesta no tingui unes dimensions molt elevades ja que ens provocaria un efecte pantalla més elevat i la pressió del vent ens donaria més problemes.

En el nostre cas he trobat un panell fotovoltaic que no té unes dimensions molt elevades i un cost no molt elevat.

Model: *Panel Solar 100W 12V Policristalino ATERSA SHS*

Dimensions: 1200 x 670 x 35



*figura D.1 Panell fotovoltaic*

Un altre component necessari és el regulador de càrrega. Com en el cas anterior tenim diferents models al mercat, i som nosaltres els encarregats de decidir quin és el més adequat a les nostres característiques.

En el mercat s'ha trobat el següent:

Marca: *Regulador carga solar Victron Blue Solar 10A 12/24V*



*figura D.2 Regulador de Càrrega*

Aquest s'encarregarà d'evitar possibles pujades de tensió que farien malbé la bateria i el seu correcte funcionament de càrrega.

El següent element de compra és l'armari per a col·locar la bateria i els elements necessaris pel correcte funcionament de la lluminària. Per tant les dimensions no han de ser gaire grans, ja que es tracta de components relativament petits.



*figura D.3 Armari schneider acer inoxidable*

L'altre component indispensable és la bateria, en aquest cas hem fet servir la següent:

CENTURY GEL (Gel Valve Regulated Sealed)									
Battery Type	Volts	Amp Hour Capacity @ 25°C			Overall Dimensions (mm)			Weight (kg)	Terminal Type
		20Hr	10Hr	5Hr	Length	Width	Height		
GU1H	12V	32	29	25	211	130	184	11	Lug
GDC33	12V	33	29	25	195	130	170	11	Insert M6
GDC40	12V	40	36	31	198	165	171	14	Insert M6
GDC78	12V	78	70	60	260	169	220	24	Insert M6
GDC110	12V	110	99	85	330	172	225	31	Insert M8
GDC150	12V	150	135	116	490	170	245	46	Insert M8
GDC232	12V	232	209	180	522	270	219	70	Insert M8

- Fully sealed – non-spillable GEL design
- Maintenance free – gas recombination technology
- GEL technology – superior vibration resistance
- Strong case material – high quality ABS case and lid resist distortion
- Carrying convenience – pre-fitted carry handles for ease of transportation and placement




figura D.4 Bateries de gel

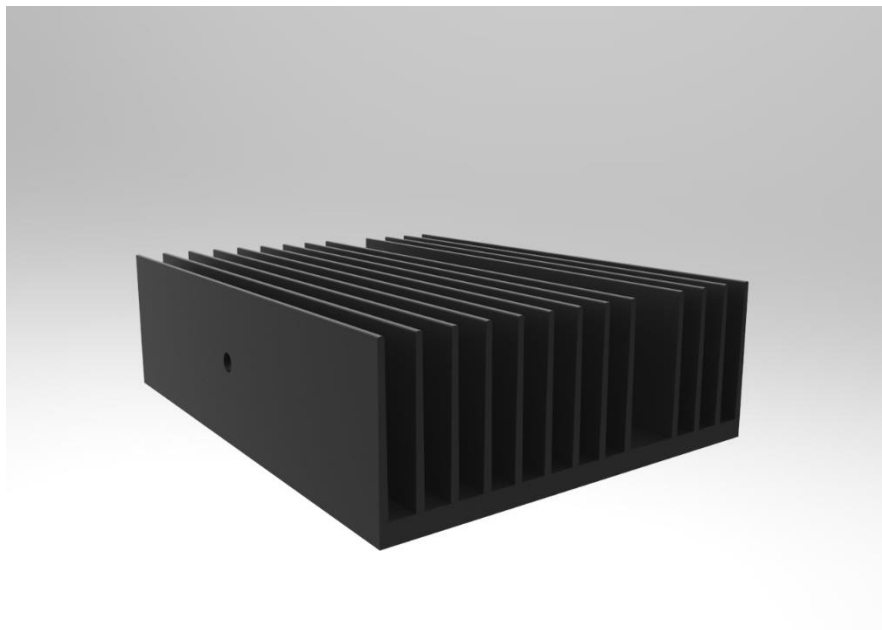
En la figura anterior tenim diferents tipus de bateries. En el nostre cas s'ha seleccionat la bateria GDC40, ja que per les nostres necessitats ja és suficient.

L'altre element indispensable és la cèl·lula fotoelèctrica, que és l'encarregada de determinar l'inici i el final del funcionament de la nostra lluminària. En el mercat hi ha molts models i tots tenen les mateixes funcions.

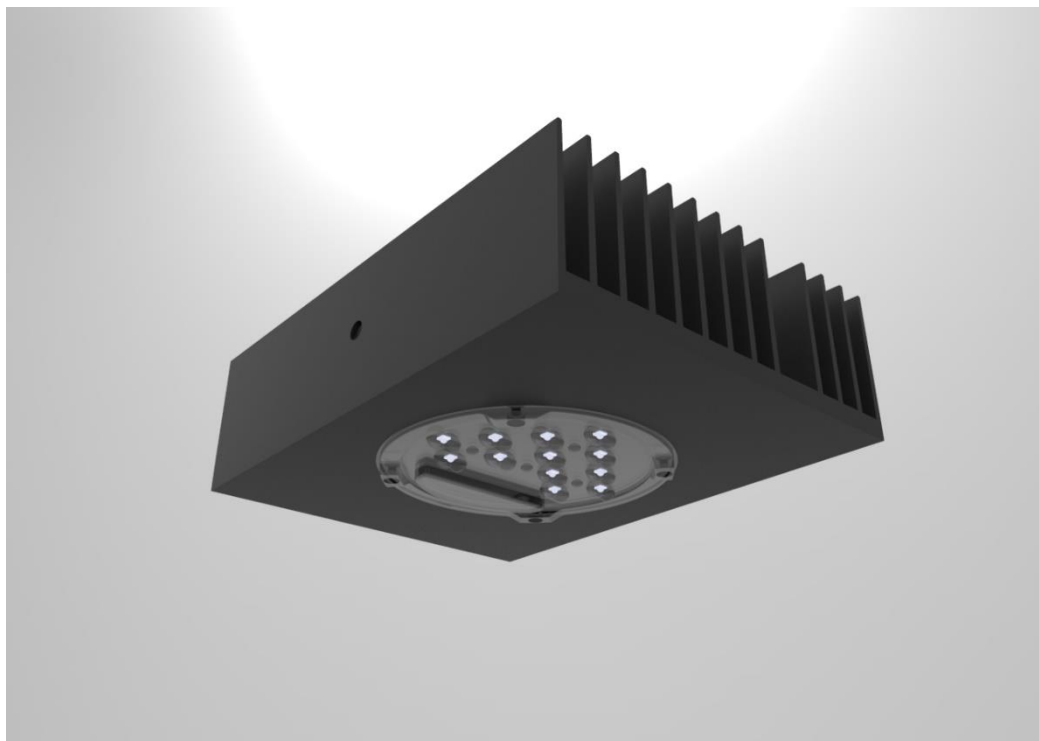


figura D.5 Interruptor fotoelèctric

La lluminària no s'ha comprat sinó que l'he dissenyat conjuntament amb YterLed. Gràcies a la seva ajuda s'ha pogut desenvolupar una lluminària que satisfà les nostres necessitats; que mostraré a continuació:



*figura D.6 Dissipador calor lluminària*



*figura D.7 Part inferior lluminària*

Firmat a 5 de setembre de 2016 per l'autor

Joan Carbonell Valls