

LED-AK



Lucia Del Rio, Mikel Eguía, Andrea Eizagirre eta Ainhoa Tomas

AURKIBIDEA

1. Sarrera	3
2. LED argien hedapena historioan zehar.....	4
3. LED-ak	6
3.1 Zer dira LED-ak?	6
3.2 LED baten funtzionamendua	6
3.3 LED baten atalak	7
3.4 LED motak	8
3.4.1 LED DIP	8
3.4.2 LED SMD	8
3.4.3 LED COB	9
3.4.4 MicroLED	9
3.5 Koloreak eta materialak.....	10
3.6 LED eta OLED arteko desberdintasunak	10
4. LED-en analisi teorikoa	11
4.1 Oinarri fisikoak	11
4.2 Kalkulu matematikoak	12
5. LED-en erabilera praktikoa	14
5.1. Adierazleak eta seinale-lanparak	14
5.2. Argiztapena	15
5.3. Komunikazio optikoak.....	16
5.4. Argiztapen Iraunkorra	17
5.5. Ikusmen artifizialeko sistemetarako argi-iturriak	18
5.6. Medikuntza eta biologia	18
5.7. Industria	19
6. LED teknologiaren etorkizuneko lerroak	20
7. Ondorioak	21
8. Bibliografia	22

1. Sarrera

LED teknologiak argiztapen mundua erabat eraldatu du azken hamarkadetan, eta onura esanguratsuak eskaini dituzte eraginkortasun energetikoan, iraunkortasunean eta aldakortasunean. Hasieran teknologia garestia bazen ere, gaur egun edozein lekutan ikus dezakegu teknologia hau, bai etxeko argietan baita *International Space Station* (NASA)-en.

Lan honetan zehar LED teknologia aztertuko dugu, argiaren lehen diodo igorlea sortu zenetik, LED argiek gaur egun duten garrantzia lortu zuten arte.

2. LED argien hedapena historioan zehar

Gaur egun, ez dugu LED argirik gabeko mundu batean pentsatzen; leku guztietatik ikus ditzakegu, bai etxeen, bai kanpoan gure kaleak argiztatzen. Hala ere, sortu zirenetik gaur egun arte, aldaketa asko izan dituzte.



Lehenik eta behin, Henry Joseph Round aipatu behar dugu, lehenengo deskribapen notak elektroluminizentziaren inguruan idatzi zituelako, LED-en oinarri printzipala izan zena. Henry erradioa sortzeko ideak izan zituen lehenetariko pertsona bat izan zen, gainera, tentsioa semikonduktore batean aplikatzeko ideia ere izan zuen, erradioaren seinalea amplifikatzeko eta horrela, semikonduktoretan korronte elektrikoa pasatzen denean argia ematen zutela ohartu zen. Haren deskripzioak “Electrical World” aldizkarira bidaltzea erabaki zuen eta 1907ko otsailaren 9an argitaratu ziren.



LED argiekin zerikusia izan zuen hurrengo zientzialaria, Oleg Vladimirovich Lósev izan zen. Oleg-ek lehenengo LEDaren eraikuntzaren berri eman zuen 1927an, LEDei buruzko lehen ikerketa zabaldua argitaratuz. Bere ikerketa lehenik aldizkari zientifiko sovietarretan (zehazki, bera sovietarra zen) argitaratu zen, eta gero aldizkari alemaniar eta britaniarretan, baina praktika ez zen aurrera eraman hamarkada batzuk geroago arte. Talentu handiko zientzialari eta ikertzailea izan zen, eta Henry Joseph Roundek ikusi zuen zerbaitetan ohartu zen: irratihargailuetan erabilitako erdieroaleek argia igarotzen zutela korronte elektriko batek zeharkatzen zituenean. Orduan, diodo kristalino bat egin zuen zink oxidoarekin eta silizio karburoarekin eta uste zuen bezala, fotoiak igortzen ziren korrontea bertatik pasatzen zenean. Azkenean, “Light Relay” argi-erreala patentatu zuen, eta telekomunikazioetan erabili zuen; aitzitik, Oleg oraindik gazte zenean hil egin zen, bere asmakizuna garatu gabe.

Nahiz eta Oleg izan LED-aren garapen nagusiena egin zuena, Nick Holonyak LED argien asmatzailea bezala ezagutzen da. 1962an, Nick Holonyak-ek lehenengo LED-a sortu zuen “General Electric” konpainian lan egiten zuen bitartean. Gainera, LED argiak, Thomas Edison-ek sortutako bonbilak ordezkatuko zutela baiezttatu zuen. Holonyak-ren diodoak bi sarrera zituen, batetik karga positiboa sartzen zena eta bestetik negatiboa, biak banatuta espazio txiki batengatik, argia ematen zuena. Bestalde, oso aipagarria da lehen diodo horren kolorea, zuria izan beharrean, asmatutako lehen LED-a gorria izan zelako, hala ere, lehen LED-aren sorkuntza beste zientzialari asko horretan lan egitera bultzatu zuten, hainbat koloretako LED-ak sortuz. Azkenean, LED zuria sortu zen 1995an eta 1997an merkatura atera zen.



3. LED-ak

3.1 Zer dira LED-ak?

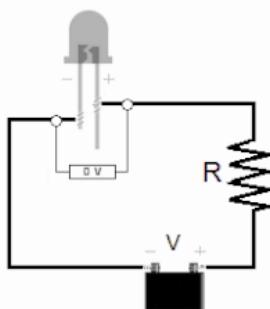
LED hitza ingelesetik dator, “light-emitting diode” esan nahi du, hau da, argi hedapen diodoak dira. Diodoak elektronikan erabiltzen diren elementuak dira, zeinak elektrizitatea noranzko bakar batean pasatzen uzten duten, beste noranzkoan, aldiz, elektrizitatea ez da pasatzen, etengailu baten antzera. Diodo Led bat, diodo baten funtzionamendua du, hau da, korrontea noranzko bakarrean pasatzen uzten du, eta korrontea pasatzean, honek argia ematen du.

LED baten barruan erdieroale bat dago; tentsio konstante batetik igarotzen denean, argia ematen duena. Hortik abiatuta, LED desberdinak existitzen direla jakin ditzakegu, fabrikazio eta teknologia zirkuituetan muntatzeko erabilitako teknologien arabera. Gainera, oso garrantzitsua da jakitea LED diodo batek 2 voltioekin funtzionatzen duela eta beste tentsio desberdin bateko elementuekin elkartu nahi badugu, seriean dagoen zirkuitu berri bat sortu behar izango zen LED-a ondo funtzionatzeko.



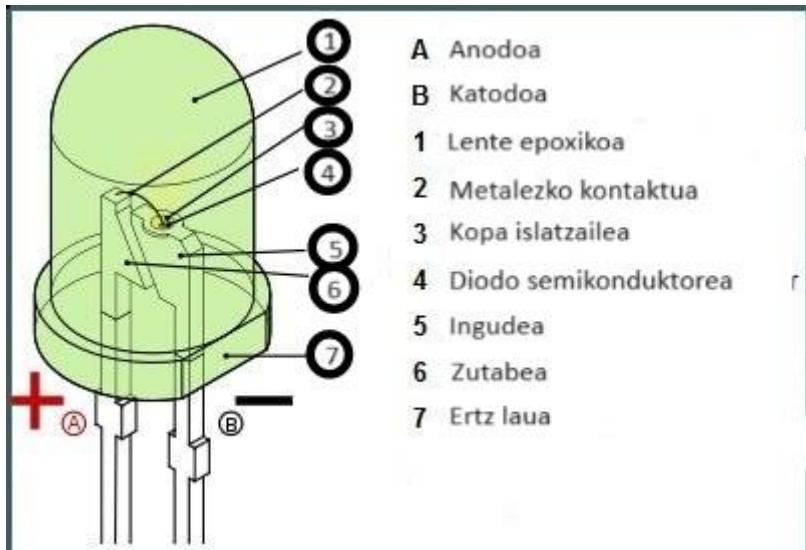
3.2 LED baten funtzionamendua

LED-en funtzionamendua nahiko erreza eta simplea da, izan ere, honela funtzionatzen du: korrontea LED diodoaren goiko erdieroaleari konektatzen da eta korronte elektrikoa garraitzea ahalbidetuko du eta horrek, erdieroaleak argia igortzea eragingo du. Gainera, erdieroalearen materialaren arabera, LED diodoek kolore desberdinak argiak proiektatzen dituzte.



3.3 LED baten atalak

Led arrunt bat 7 zatitan banatzen da, irudian ikus dezakeen bezala.



- A: Anodoa
 - B: Katodoa
 - (1) Lente epoxikoa: Objektu bat babesteko estaltzen da, horretarako errexina epoxikoa erabiltzen da.
 - (2) Metalezko kontaktua / Kable eroalea: Katodoa eta anodoa kontaktuan egoteko kablea da
 - (3) Kopa islatzailea: Ingudearen gainean kokatzen da, erdieroaleak igortzen duen kolorearen argia islatzeaz arduratzen da.
 - (4) Diodo erdieroalea: Bera da eta korronte elektrikoa garraiatzea ahalbidetuko duena eta gero, argia igorriko du, beti ere, erdieroalearen materialaren arabera kolore desberdina igorriko du.
 - (5) Ingudea: Katodoaren barne zatia da.
 - (6) Zutabea: Anodoaren barne zatia da.
 - (7) Ertz laua: Katodoaren adierazpena adierazten du, gainera, ertz laua izan beharrean koxka txiki bat izan daiteke.

LED baten barneko atalak hurrengoak dira:

- **Txipa:** Led baten txipa 5mm-ko zabalera duen osagai erdieroalea da, galiozko edo siliziozko kristalez eginda. Txipa elektrizitatea jasotzean argia sortzeaz arduratzen da. Galiozko edo siliziozko basearen gainean hainbat material jartzen dira geruza moduan, hala nola, fosforoa, zeinak argiaren kalitatea eta kolorea aldatzen duen. Txipa kanpo eragileetatik eta kolpeetatik babesteko, polikarbonatoz edo errexinaz estaltzen da. Honen arabera, argiaren iraupena eta

kalitatea jakin daiteke. Txipa 1V eta 4V arteko tentsioarekin eta 10mA eta 40mA arteko korrontearekin funtzionatzen du, kolorea eta tamainaren arabera.

- **Kable eroalea:** Kable honek bi poloak konektatzen ditu, hau da, katodoa eta anodoa.
- **Plaka basea:** PCB plaka edo zirkuitu impresoa da. Honek txiparen eta elementu elektronikoen conexioak jasaten ditu, hala nola, beroa garraiatzen duten bideak eta txiparen conexioak.
- **Lente epoxikoa:** LEDak sortzen duen argia banatzen duten lente multzoa da. Lente hauen osaera eta arauak, argiztapen beharren arabera aldatzen dira. Hori dela eta, argi izpiak dibergenteak edo konbergenteak izan daitezke, lentearen arabera, hau da, izpia handia edo txikia izan daiteke.
- **Bero disparadorea:** Pieza hauek kobrez, aluminioz edo zeramikaz eginda egon daitezke, eta LEDEi beroa emateaz arduratzentz dira. Hauek oso azalera handia dute eta beroa azkar xahutzeko aukera ematen duten hegalak dituzte. Honekin argiaren kalitatea eta kolorea kaltetzea saihesten da.

3.4 LED motak

LED-ak lau mota desberdinak bana ditzakegu.

3.4.1 LED DIP

DIP LEDak argi tradizionalak dira, normalean ikusten ditugun eta pentsatzen ditugun horiek dira.



Diseinuari dagokienez, plastiko gogor gardeneko karkasa baten barruan diodo bat dago eta konektatzeko paraleloan bi pinu nabamentzen dira. Karkasaren araberakoa izango da LED horrek igorriko duen argia.

Gaur egun, DIP txipak erabiltzen dira baina LED berriaren aldean argi-eraginkortasun txikia dute, ondorioz, argiaren adierazle bezala erabiltzen dira produktu elektrikotan.

3.4.2 LED SMD

SMD LED-ek aurrerapen handia suposatu zuten LED-en historian zehar, 3 diodo txip berdin batean sartzeagatik. Orain arte, argia zuria lortzeko moduetako bat 3 kolore (gorria, berdea eta urdina) primarioen arteko batasuna izan delako, hala eta guztiz ere, kolore horiekin 16 milioi kolore desberdin lor dezakegu.



Diseinuari dagokienez, laukizuzen formakoak dira eta hiru gelaxkaz osatuta daude. Gelaxka horiek argi-elementua dute (kristal erdieroalea), argia sortzen duena korronte jarraitu batek kitzikatzen duenean. Gelaxka horiek babesteko erretxinak erabiltzen dira goiko aldea erabat estaliz eta erretxina horiek kolore eta tonu desberdinatan daude eskuragarri.

Gaur egun, merkatuan gehien erabiltzen diren LEDak dira. Kristal erdieroaleen argiztaz garatzen eta berritzen jarraitzen dute, urte SMD LED argitsuagoak eskainiz baina kontsumo txikiagoarekin. Horri esker, led horiek asko erabiltzen dira etxeko eta industriako argiztapen-sisteman, ibilgailuetako argiztapenean eta mota guztietako gailu elektronikoetan (LED pantailetan, telebistetan...).

3.4.3 LED COB

COB LED-ak LED argiztapenaren garapenean egindako azken aurrerapenetako bat dira. LED SMDeek bezala, LED COB txipek diodo ugari dituzte, hala nola, bederatzi edo gehiago, eta kapsulatze berean sartzen dira.

COB txipen aplikazio hedatuenetako bat gailu txikietan erabiltzea da, adibidez, mugikorretan edo kameretan. Gailu horien flashetarako aproposa da, energia-kantitate oso txikia duten lumen-kopuru handia sortzen dutelako.

Aipatzekoak dira errendimendu eta ezaugarri batzuk. Hala nola, Watt bakoitzeko 120 lumenetik gorako argi-errendimendua eskaintzen dute, iraunkortasunari dagokienez, korronte elektrikoan tentsio-aldaaketak jasateko gaitasuna du eta 160º rainoko angelua eskaintzeko gai da.



3.4.4 MicroLED

Mikro LED-ak irudi digitalak sortzeko LED ultra-mikroskopietan oinarritutako pantaila-teknologia bat da. LED mikroskopiko horiek LCD pantaila gehienek baino distira handiagoa eta kontraste handiagoa sortzeko gaitasuna dute, erabiltzaileei kolore hobeak eta garbiagoak izateko aukera emanez.

Diseinuari dagokionez, milaka LED pixel txikik osatzen dute, eta irudi garbi eta bizia sortzen dute. Gainera, mikro LEDak energia-kontsumo txikia du eta ez du blacklight-ik(atzerako argiztapena) behar, horregatik, aplikazio eramangarrietarako egokia da, hala nola, telefono eta tabletetarako.

Gaur egun, merkatuan dagoen panel aurreratuenetako bat da, izan ere, oraindik ez da beste LED panelak bezain arrunta, nahiko garestia delako.



3.5 Koloreak eta materialak

Led batek ikusgarri uzten duen kolorea uhin luzeraren arabera eta semikonduktorearen konposatuaren arabera aldatzen da, gainera, gerta daiteke kolore batzuk konbinatzea, horrela beste koloreak agertzeko. Hurrengo taulan ikus dezakegu zein uhin luzeratan agertzen diren kolore batzuk:

Kolorea	Uhin luzera
Gorria	$610\text{nm} < \lambda < 760\text{nm}$
Laranja	$590\text{nm} < \lambda < 610\text{nm}$
Horia	$570\text{nm} < \lambda < 590\text{nm}$
Berdea	$500\text{nm} < \lambda < 570\text{nm}$
Urdina	$450\text{nm} < \lambda < 500\text{nm}$
Morea	$400\text{nm} < \lambda < 450\text{nm}$
Zuria	Kolore guztien konbinazioa

Bestalde, LEDak hainbat material desberdinez sortu daitezke, kolorean ere eragin daitekeenak. Material ohikoenak zafiroa eta galio artsenikoa dira, lehenengoa kolore zuria edo kolore argiagoak lortzeko erabiltzen da, bitartean, bigarrena kolore gogorragoak lortzeko erabiltzen da, horrez gain, kolore argiak sortzeko teknologiari, InGaN deritzo, Indioa, Galioa eta Nitrogenoa erabiltzen direlako. Bestaldetik, kolore gogorragoak sortzeko teknologia AlInGaP deitzen zaio, Aluminio, Indio, Galio eta Fosforoaren erabilera gatik.

RGB argiak: RGB (Red Green Blue) motatako LED argietan 3 erdieroale mota ezberdin erabiltzen dira, kolore ezberdinak sortzen dituztenak, erdieroale bakoitzera heltzen den tentsio kantitatea aldatuz. Horrela, koloreak nahastuz, edozein kolore lortzeko gai dira.

3.6 LED eta OLED arteko desberdintasunak

LED-ak forma eta tamaina desberdinak eta ugaritan fabrikatzen dituzte. Plastikozko lentearen kolorea aldiz, LED-ak igorritako argiaren kolorearekin bat etorri daiteke baina beti ez da horrela izaten.

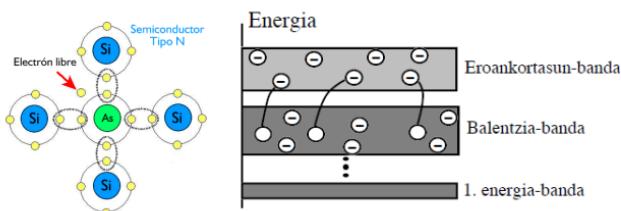
4. LED-en analisi teorikoa

LED-en analisi teorikoa erdieroaleen eta elektrodinamika kuantikoaren funtsezko printzipioetan oinarritzen da.

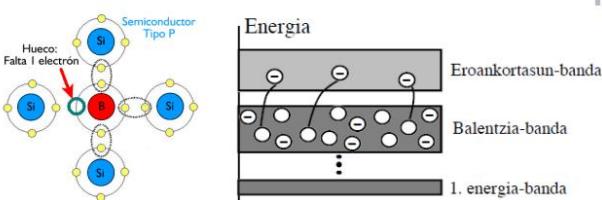
4.1 Oinarri fisikoak

Diodo baten barruan silizioz egindako bi material erdieroale aurkitzen ditugu. Siliziozko pieza bat aztertzen badugu, atomo bakoitzak lau balentzia-elektroi ditu eta inguruko atomoekin partekatzen ditu. Horrela lotura kobalentea duen egitura kristalinoa sortzen da, hau da, haien elektroiak partekatzen dituzte, beraz, zortzi balentzia-elektroi daude atomo bakoitzeko. Ondorioz, dena lotuta gelditzen da eta siliziora heltzen diren elektroiak ezin dira mugitu, korronte fluxua oztopatuz. Arazo hori konpontzeko, erdieroale estrintsekoak erabiltzen dira, non V. taldeko elementuak (artsenikoa edo fosforoa) eta III. Taldeko elementuak (aluminioa, indioa edo galioa) gehitzen zaion silizioari, haren eroankortasuna kontrolatzeko eta n motatako edo p motatako erdieroalean bihurtzeko.

N-motatako erdieroaleak: 5 balentzia-elektroi dituen ezpurutasuna gehitzen badugu, 9 elektroiko atomoak izango ditugu, beraz, elektroi bat soberan egongo da eta beste elektroiak baino askatasun gehiago izango du. Ondorioz, energia iturri batera konektatuz gero, material eroale gisa jardutea eta elektrizitatea pasatzea ahalbidetuko du. Honi n-motatako erdieroalea deritzo elektroi gehiegia dituelako, karga negatiboa dutenak.



P-motatako erdieroaleak: 3 balentzia-elektroi dituen ezpurutasuna gehitzen badugu, 7 elektroiko atomoak izango ditugu, beraz, hutsune bat izango dugu, elektroieei mugitzeko ahalmena ahalbidetuz. Horrela, energia iturri batera konektatuz gero, elektrizitatea pasatzea ahalbidetuko du. Honi p-motatako erdieroalea deritzo elektroi bat gutxiago duelako eta karga positivo bat izango du.



PN-juntura: PN juntura bat sortzen denean bi emaitza posible egongo dira tentsio iturriaren polarizazioaren arabera; polo positiboa n-motatako erdieroalera konektatuta badago eta polo negatiboa P-motatako erdieroalera. Hutsuneak eta elektroi askeak urrunduko dira, mutur positiboak elektroiak erakarriko dituelako eta negatiboak hutsuneak, korronte elektrikoa pasatzea saihestuz. Kasu honi alderantzizko polarizazioa deritzo.

Aldiz, polo positiboa p-motatako erdieroalera konektatuta badago eta polo negatiboa n-motatako erdieroalera, n aldeko elektroi askeak PN juntura zeharkatzeko adina energia dute, beraz p aldera pasatuko dira, korrontea pasatzen utziko duena. Kasu honi zuzeneko polarizazioa deritzo.

Azken kasu honetan, argia sortzen duen fenomeno fisikoa gertatzen da. P-motatako erdieroalea eta N-motatako erdieroalea kontaktua egiten dutenean, balentzia elektroi gehiago dituen atomo batetik, balentzia elektroi gutxiago dituen atomora mugitzen dira, hau da, n-motatako erdieroaleetik p-motatako erdieroalera. Beste era batean esanda, energia handiagoa duen atomo batetik energia gutxiago duen atomo batera mugitzen dira elektroiak, hau da, elektroiak juntura zeharkatzen dutenean energia galtzen ari da baina energiaren kontserbazioaren legearen arabera, energia ezin da ez sortu ez galdu, soilik eraldatu. Kasu honetan, elektroiek galtzen duten energia, argia bihurtzen da fotoien bidez. Eraldatutako energia beti izango da konstantea, hau da, igorritako argia beti izango du uhin-luzera espektro berdina (kolorea mantenduko da). Hori aldatzeko PN junturaren atomoak alda ditzakegu.

Kolorea	Uhin luzera	Atomoak
Gorria	$610\text{nm} < \lambda < 760\text{nm}$	AlGaAs/GaAsP
Laranja	$590\text{nm} < \lambda < 610\text{nm}$	AlGaAs/GaAsP
Horia	$570\text{nm} < \lambda < 590\text{nm}$	GaP
Berdea	$500\text{nm} < \lambda < 570\text{nm}$	AlGaNp
Urdina	$450\text{nm} < \lambda < 500\text{nm}$	InGaN
Morea	$400\text{nm} < \lambda < 450\text{nm}$	InGaN

4.2 Kalkulu matematikoak

Diodoak bi atal dituzte, anodoak (p-motako erdieroalea) eta katodoak (n-motako erdieroalea).



Aurretik aipatu bezala, diodoa zuzenki polarizatuta dagoenean korrontea pasatzen da eta argia ematen du, aldiz, alderantziz polarizatuta egonez gero, ez du ez korronterik ezta argirik emango.

Diodo LED baten kurba diodo erdieroale baten kurbaren antzekoa da. Hala ere, ezaugarri berezi batzuk ditu argi igorlea delako. Hori dela eta, diodo LED baten kurba portaera ekuazioarekin deskribatu daiteke, zeinak korrontea(I) eta tentsioa(V) erlazionatzen ditu. Diodo ideal batentzako portaera ekuazioa hurrengoa da:

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{qV_D}{kT}} - 1 \right)$$

Hala ere, diodo LED baten atari tentsioa 1.7V eta 3.4V artean da, eta kolorearen arabera aldatzen da.

Kolorea	Atari tentsioa
Gorria	1.8V
Berdea	2.1V
Horia	2.0V
Urdina	3.4V

Diodo LED bat egoki erabiltzeko bertatik pasatzen den korrontea ezin da 20mA baino handiagoa izan. Informazio hori kontuan hartuta, diodo LED batek duen zirkuitua nola muntatu behar den jakiteko, hurrengo formulak erabiliko dira:

Diodo LED bakarreko zirkuitua: $R = \frac{V - V_D}{I_D}$

Bi diodo LED seriean: $R = \frac{V - (V_{D1} + V_{D2})}{I_D}$

Bi diodo LED paralelo: $R = \frac{V - V_D}{I_D \cdot LEDkop}$

5. LED-en erabilera praktikoa

5.1. Adierazleak eta seinale-lanparak

Adierazleak eta seinale-lanparak energia-kontsumo baxuko argiak direnez (mantentze-behar eskasak eta LEDen tamaina txikiak), egoera eta bistaratze ekipo adierazle gisa erabiltzea ekarri dute instalazio ugaritan. Azalera handiko LED pantailak joko estadioetan jarraitzeko erabiltzen dira, dekorazio-pantaila dinamiko gisa eta baita ere, autobideetako mezu dinamikoen seinale bezala. Mezuak dituzten pantaila meheak, aireportuetan eta tren-geltokietan erabiltzen dira, helmugei buruzko informazio-panel bezala erabiltzen dira, trenetan, autobusetan, tranbietan eta transbordadoreetan.



Kolore bakarreko argiak egokiak dira semaforoetarako, trafiko-seinaleetarako, irteera-idazkunetarako, ibilgailuen larrialdi-argiztapenerako, nabigazio-argietarako, faroetarako eta LEDEz osatutako Gabonetako argietarako. Klima hotzeko eskualdeetan, LED semaforoak elurrez estalita egon daitezke. Led gorriak edo horiak erabiltzen dira adierazle eta pantaila alfanumerikoetan gauez ikusmenari eutsi behar zaion inguruneetan, hala nola: hegazkinen kabinetan, itsaspeko eta itsasontzien zubietan, behatoki astronomikoetan eta landa-eremuetan, adibidez, animaliak gauez behatzeko eta landa-eremuko aplikazio militarrak egiteko.

LED-en kommutazio-denbora azkarrak eta bere intentsitate eta kontzentrazio altuaren ondorioz, gaur egun argiz ikusteko gaitasuna direla eta, duela denbora batzuetatik hona automobiletako, kamioietako eta autobusetako balazta-argietarako eta norabidea aldatzeko seinaleetarako erabiltzen dira; gaur egun ibilgailu askok atzeko argimultzoetan erabiltzen dituzte. Balazten erabilerak segurtasuna hobetzen du, erabat pizteko behar den denbora asko murriztu delako, hau da, igoera-denbora laburragoa delako, bonbila gori bat baino 0,5 segundo azkarrago delako, honek erreakzio denbora gehiago ematen die atzeko gidariei. Bi intentsitateko zirkuitu batean (atzeko posizio-argiak eta balaztak), LEDEi ez bazaie behar bezain azkar eragiten, matrize



fantasma bat sor dezakete, non LED-aren mamu-irudiak agertuko diren begiak argiak jartzeagatik azkar mugitzen badira.

LED zuriz hornitutako itsasargiak erabiltzen hasi dira.

LED-ak erabiltzeak estilo aldetik abantailak ditu, erreflektore parabolikoak dituzten lanpara goriek baino argi sorta askoz meheagoak osa baititzakete.

5.2. Argiztapena

LED-ak kaleko argi gisa eta argiztapen arkitektonikoan erabiltzen dira. Sendotasun mekanikoa eta bizitza baliagarri luzea dela eta, autoetako, motozikletako eta bizikleta-argietako argiztapenean erabiltzen dira. LED argiaren emisioa eraginkortasunez kontrola daiteke ez-irudiaren printzipio optikoak erabiliz.



2007an, Italiako Torracá herriak bere argiztapen-sistema osoa LED bihurtu zuen. Airbusek LED argiztapena erabili du bere Airbus A320n 2007tik, eta Boeing-ek LED argiztapena erabiltzen du 787 modeloa.

LEDak ere erabiltzen dira orain aireportuak argiztatzeko, hain zuzen ere, aparatuak intentsitate ertaineko pistako argietan, pistako erdiko lerroko argietan, errodaje kaleko erdiko lerroetan eta ertzeko argietan erabiltzen dira.

LED-ak DLP proiektagailuetarako eta LCD telebistak (LED telebistak) eta ordenagailu eramangarrietarako pantailak argiztatzeko ere erabiltzen dira, RGB LED-ek kolore-sorta % 45eraino igotzen dute. Telebistarako pantailak eta ordenagailu-pantailak meheagoak izan daitezke, LED-ak erabiliz atzerako argiztapenerako. Era berean, erradiazio infragorri edo termikorik ez dagoenez, LED-ak ezin hobeak dira RGB LED-ak dituzten eszenatokiko argietarako, erraz alda daitezke kolorez eta argiztapenaren berotzea gutxitzen da, baita IR erradiazioa kaltegarria izan daitekeen argiztapen medikoan.

Gainera, LEDak txikiak eta iraunkorrak direnez eta potentzia txikia behar dutenez, internak bezalako gailu eramangarrian erabiltzen dira. LED argi estroboskopikoak



(adibidez, polizia-autoetan, anbulantzien sireneta eta kameraren flashetan) tentsio seguru eta baxuan funtzionatzen dute, xenon flashean oinarritutako argiztapenean eskuarki aurkitzen diren 250+ Voltaien ordez, hau bereziki erabilgarria da telefono mugikorren

kameretan. LEDak ere argiztapen infragorriko erabiltzen dira gaueko ikusmenaren erabileretan, segurtasun-kamerak barne. Argazkien eta bideoen edizioaren esparruan, LED eratzun batek, atzealde islatzaile batean aurrera zuzendutako bideo-kamera baten inguruan, bideo-produkzioetan kroma kodetzeko aukera ematen du.

LEDak meatzaritzako eragiketetan erabiltzen dira, esaterako, estalkiko lanparak meatzariei argia emateko. Meatzaritzako LEDak hobetzeko eta itsualdia murrizteko argiztapena handitzeko ikerketak egin dira, meatzariei lesioak eragiteko arriskua murrizteko.

Orain, LEDak merkatuko eremu guztietan erabiltzen dira, merkataritza-erabileratik etxeko erabileraraino: argiztapen estandarra, antzerki-argiztapena, arkitektura-argiztapena, instalazio publikoak, eta argi artifiziala erabiltzen den lekuak.



5.3. Komunikazio optikoak

LEDak argi datu eta seinale analogikoak transmititzeko erabil daiteke. Adibidez, LED zuriak sistemetan erabil daitezke, jendeari espazio itxietan orientatzen laguntzeko, antolamenduak edo objektuak aurkitzeko.

Antzoki askotako eta antzeko espazioetako entzunaldi lagundurako gailuek LED infragorrien matrizeak erabiltzen dituzte soinua hartzaileei bidaltzeko. LEDak (eta baita erdieroale laserrak ere) zuntz optikoko kable mota askoren bidez datuak bidaltzeko erabiltzen dira. Audio digitala transmititzeko TOSLINK kableetatik Interneteko bizkarrezurra osatzen duten banda-zabalera oso altuko zuntzak dira. Denbora batez ordenagailuek Irda interfazeak izan zituzten, erradiazio infragorri bidez hurbileko ekipoen datuak bidaltzeko eta jasotzeko.

LEDak segundoko milioika aldiz piztu eta itzali daitezkeenez, banda-zabalera oso altua behar dute datuak transmititzeko.



Toslink kablea

Irda interfazea

5.4. Argiztapen Iraunkorra

Argiztapenaren eraginkortasuna beharrezko da arkitektura iraunkorrerako. 2009an, Estatu Batuetako Energia Departamentuak LED bonbillekin egindako probek 35 lm/W-tik LFCen eraginkortasunaren azpitik zegoen batez besteko eraginkortasuna erakusten zuten, baita 9 lm/W bezain balio baxuak ere, bonbilla goriak baino okerragoak. 13 watteko LED bonbilla tipiko batek 450 eta 650 lum-en artean igortzen zituen, 40 watteko bonbilla gori estandar baten parekoa.

Nolanahi ere, 2011n 150 lm/W-ko eraginkortasuna zuten LED bonbillak zeuden, eta gama baxuko modeloak 50 lm/W-tik gorakoak ziren; beraz, 6 watteko LED batek 40 watteko bonbilla gori estandar baten emaitza berberak lor zitzakeen. Azken horiek 1000 orduko iraupena dute, eta LED batek, berriz, eraginkortasun txikiagoan jardun dezake 50.000 ordutik gora.



	Led	CFL	Goritasun-lanpara
Ordu-bizitza	50 000 ordu	10 000 ordu	1200 ordu
Watt bonbila bakoitzeko	10	14	60
Bonbila bakoitzeko kostua	\$2	\$7	\$1.25
50.000 ordutan kontsumitutako kW	500	700	3000
Kostu elektrikoa(\$0.10/kW)	\$50	\$70	\$300

50.000 argi-ordu osatzeko behar diren bonbilak	1	5	42
50.000 orduko argirako bonbiletan egindako gastua	\$2	\$35	\$52.50
Kostu guztira 50.000 argi-ordutarako	\$52	\$105	\$352.50

5.5. Ikusmen artifizialeko sistemetarako argi-iturriak

Industria-ikuspegiko sistemek argiztapen homogeneoa behar izaten dute irudi interesgarriaren ezaugarrietara bideratu ahal izateko. Hori da LED argien erabilera ohikoetako bat, eta ziur aski horrela mantenduko da, argi-seinaleetan oinarritutako sistemek prezioak jaitsiz. Barra-kodeen eskanerrak ikusmen-sistemen adibiderik ohikoena dira, eta kostu txikiko produktu horietako askok LEDak erabiltzen dituzte laserren ordez. Ordenagailuko sagu optikoek ere LEDak erabiltzen dituzte beren ikusmen-sistemarako, saguaren barruan miniaturazko kamerarako gainazalean argi-iturri uniforme bat ematen baitute.



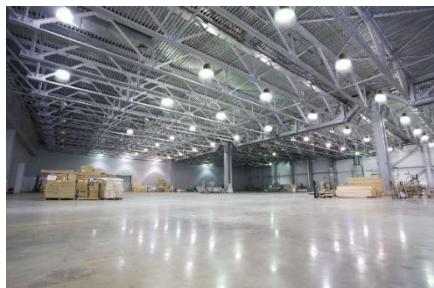
5.6. Medikuntza eta biologia

Osasungintzak LED-ek beste argiztapen mota batzuen aldean dituzten abantailen berri eman du, eta azken belaunaldiko ekipamenduan txertatu ditu. LEDek gaur egungo garapen-egoeran eskaintzen dituzten abantailei esker, azkar hedatu dira prozedura medikoak eta kirurgikoak diagnostikatzeko eta laguntzeko tresnen munduan. Medikuntzako profesionalek honako abantaila hauek hauteman dituzte:

- Argi-iturrien tamaina txikia, oro har, argi-gida oso mehe eta malguei lotuta egon daitezkeenak eta horri esker, kateter meheen barrualdetik mugitu daitezke.
- Erradiazio infragorri laguntzailerik ez dagoenez, argi hotzaren kalifikatzailea lotu dokieke. Beste argi-iturri batzuek askatutako beroak zaildu egiten zuen hura erabiltzea diagnostiko-behaketa edo ebakuntza kirurgiko jakin batzuetan.
- Behaketa medikoetarako gogokoena izaten den tonalitate zuria. Kolore zuri naturala izan behar du, kolore guztiak metamerismo-arazorik gabe erakusteko gai dena. Horrela argiztatutako ehunen kolore naturalak behatutako eremuaren diagnostiko zuzena errazten du.
- Argi-iturri horiek har dezaketen argi-intentsitate altua.



5.7. Industria



Industriak medikuntzan erabilitako behaketa-ereduak egokitu ditu bere beharretarako, eta ekipoei endoskopio industrialak, boroskopioak, flexoskopioak edo bideo-endoskopioak esaten zaie. Makinen, motorren, hodien, barrunbeen edo armen barrualdea ikus daiteke, desmuntatu gabe.

6. LED teknologiaren etorkizuneko lerroak

Europako IMARC txostenaren arabera, LED argiztapenaren merkatuak 20.400 milioi dolarreko balioa zuen 2022an. Zifra hori oso positiboa izango da 2023tik 2028ra, eta proiektatutako hazkunde-tasa (CARG) % 10,7koa izango da, hau da, 37.900 milioi dolar 2028aren amaieran.

Energia aurrezteko eta ahalik eta gutxien galtzeko etengabeko bilaketa 2023an jarraituko duen joera da. Argiztapen-instalazioen testuinguruan, LED soluzioen eta argi zaharkituen eguneratzearen aldeko argudio handia da.

LED teknologiaren garapenari esker, argi naturala espazio itxietan birsortu ahal izan da, eguzkiaren ibilbidea imitatuz. Giza beharrei lehentasuna ematen dieten irtenbideak ezartzeko joerak ospea irabazi du pandemiaren ondorengo aroan eta behin betiko geratzeko iritsi da.

Teknologian lan egiteaz eta argiztapen-parametroak hobetzeaz gain, argiztapen-ekoizleek indar handiagoa jarriko dute luminarien diseinuan. Luminariak jada ez dira argi-iturri bat bakarrik, diseinuaren elementu garrantzitsu bat ere badira, barnealdearen izaera nabarmentzen duena.

7. Ondorioak

1960ko hamarkadan lortutako LED-ak ez zuten etorkizun handirik aurreikusten, argi gorriak baino ez baitziren. Hala ere, gaur egun LED-ak teknologia oso garrantzitsua bilakatu dira, eta teknologiaren historiaren zati handi bat dira, gainera, lehen azaldu dugunez, haien erabilera oso garrantzitsua bihurtu da gaur egun, hobeak direlako ingurunerako eta beste edozein bonbila baino gehiago irauten dutelako, horrela gutxiago kutsatu ez ezik, jendea gehiago erabiltzen hasi da, denbora gehiago irauten dutelako zehazki.

Ondorioz, LEDa ez den beste argiren bat izanez gero, LED argi batengatik aldatzea hoberena izango litzateke.

8. Bibliografia

Bienvenido / Bem-vindo - efectoLED blog. (2020, agosto 7). efectoLED.

<https://efectoled.com/blog/es/origen-e-historia-del-led/>

¿De qué están hechas las bombillas? (2022, julio 27). Endesa.

<https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/las-bombillas>

El verdadero origen de las bombillas LED. (2019, noviembre 26). Endesa.

<https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/led-origen-historia>

[eng], V. [@VirtualBrainENG]. (2021, junio 30). *How LED works* ⚡ *What is a LED (Light Emitting Diode)*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=9BDTtcRMxpA>

Fernandez, S. (2018a, agosto 1). *¿Qué es un led SMD?* Visual Led; Visual Led Systems.

<https://visualled.com/glosario/led-smd/>

Fernandez, S. (2018b, agosto 2). *¿Qué es un led? Tipos de Led, aplicaciones y usos.* Visual Led; Visual Led Systems. <https://visualled.com/glosario/que-es-un-led/>

Formulas para LED. (s/f). Scribd. Recuperado el 2 de enero de 2024, de

<https://es.scribd.com/document/150202929/Formulas-Para-LED>

LED circuits, theory, applications and tips. (2016, septiembre 2). LEDnique.

<https://lednique.com/>

Luque, R. (2022, julio 6). Diodos Led: ¿Qué son y qué características tienen?

Todoelectronica.com. <https://www.todoelectronica.com/blog-electronica/diodos-led-que-son-y-que-caracteristicas-tienen.html>

Marujita. (2023, enero 30). MicroLED. Muy Tecnológicos.

<https://muytecnologicos.com/diccionario-tecnologico/microled>

Montalban, J. (2023). 8.Gaia-Erdieroaleak.

Montalban, J. (2023). *9.Gaia-Diodoak.*

Partes de un Led. (2018, mayo 4). Partesdel.com; Equipo de Redacción PartesDel.com.

<https://www.partesdel.com/led.html>

Villagran, V. (2021, febrero 24). ¿QUIÉN INVENTÓ LAS LUCES LED Y CUÁL ES SU HISTORIA? *Mega Lámparas, Tienda de lámparas.*

<https://megalamparas.com.gt/quien-invento-las-luces-led/>