
DISSENY D'UNA CORTINA TÈXTIL AUTOIL·LUMINADA PER L'ENERGIA SOLAR (TFG)

Treball Final de Grau en Enginyeria de Tecnologia i Disseny Tèxtil

LI, LINYING

Director/a:

Ardanuy Raso, Monica

Codirector/a:

Ventura, Heura

Departament de Ciència i Enginyeria de Materials (CEM)

Secció Àmbit Enginyeria Tèxtil (SAET)

21 de febrer de 2020

Continguts

Agraïments	5
Resum (CAT)	6
Resumen (ESP).....	6
Abstract (ENG).....	6
Graphical abstract	7
Declaració d'Honor	9
1. Introducció.....	10
1.1. Objecte i abast del treball	10
1.2. Objectius.....	10
1.3. Utilitat del treball.....	11
1.4. Planificació i requeriments del treball	12
2. Estat de l'art i antecedents	17
2.1. Primeres inspiracions.....	17
2.2. Cortines del mercat	20
2.3. Smart Textiles al mercat	29
2.4. Energia solar fotovoltaica	41
3. Desenvolupament de la/les solucions escollides	47
3.1. Requeriment de producte	47
3.2. Matèries primeres	51
3.3. Procediment teòric per desenvolupar el teixit base.....	60
4. Anàlisi i valoració de les implicacions econòmiques	71
4.1. Pressupost	71
5. Anàlisi i valoració de les implicacions ambientals.....	72
6. Conclusions	75
7. Planificació i programació del treball futur proposat	76
Bibliografia.....	77

Índex de figures.....79

Índex de taules80

Agraïments

Primer de tot, vull agrair a totes aquelles persones conegudes o desconegudes que m'han donat suport per poder completar aquest projecte en aquesta època tan difícil amb la pandèmia mundial.

Al segon lloc, vull agrair a la meva directora, Monica Ardanuy, per la seva gran ajuda durant l'elaboració del treball.

Al tercer lloc, vull agrair a tots els professors, amics, i familiars que m'han donat ànims i ajuts durant tota la meva vida perquè jo pogués aconseguir tots els meus desitjos.

Resum (CAT)

En aquest projecte es dissenya teòricament una cortina que es pot il·luminar per la nit per millorar el nivell de vida de les persones. De manera que utilitza un sistema de control automàtic basada en la llum solar que rep pel fotoresistor i també aprofitant-la per generar energia. Per poder fer-ho, es fan anàlisis de les cortines i dels teixits intel·ligents ja existents al mercat per trobar-la combinació òptima de diverses matèries primeres. A més a més es fa l'estudi sobre l'energia solar fotovoltaica per poder aplicar-la sobre la cortina. Amb totes aquestes cerques, es dissenya el teixit que compleix totes les necessitats requerides que es defineixen en aquest projecte.

Paraules clau: cortina, energia solar, fotovoltaica, teixit, intel·ligent, LilyPad Arduino

Resumen (ESP)

En este proyecto se diseña teóricamente una cortina que se puede iluminar por la noche para mejorar el nivel de la vida de las personas. De este modo utiliza un sistema de control automático basado en la luz solar que recibe por fotorresistor y también aprovechándola para generar energía. Para poder hacerlo, se hacen análisis de las cortinas y de los tejidos inteligentes ya existentes en el mercado para encontrar la combinación óptima de distintas materias primas. Además, se hace el estudio sobre la energía solar fotovoltaica para poder aplicarla sobre la cortina. Con todas estas investigaciones, se diseña el tejido que cumple todas las necesidades requeridas que se definen dentro de este trabajo.

Palabras clave: cortina, energía solar, fotovoltaica, tejido, inteligente, LilyPad Arduino

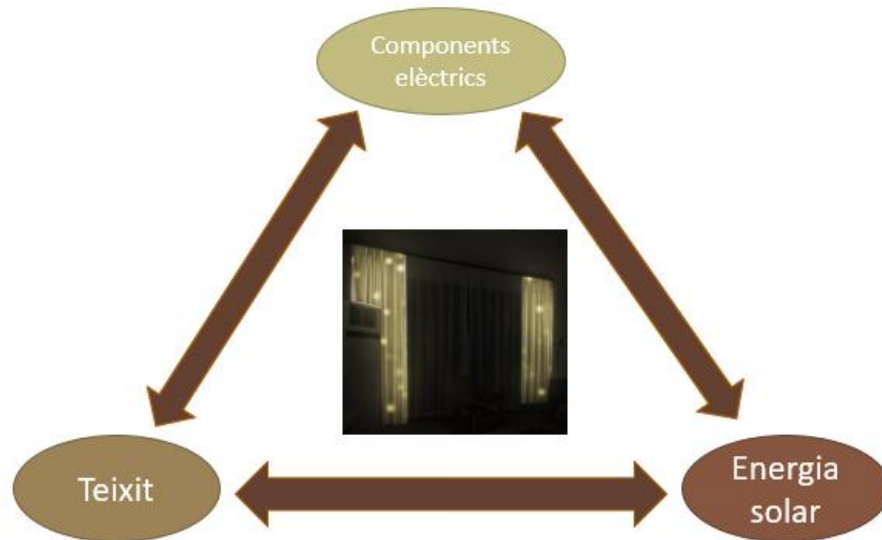
Abstract (ENG)

This project is about design theoretically a curtain that can be illuminated at night to improve people's living standards. It uses an automatic control system which based on the sunlight received by a photoresistor and also taking advantage of sunlight to generate energy. In order to do this, we have to analyse that curtains and smart fabrics already on the market to find the optimal combination of different raw materials. In addition, the study on photovoltaic solar energy is made to be able to apply on the curtain. With all those investigations, the fabric is designed that meets all the required needs that will be defined within this work.

Keywords: curtain, solar energy, photovoltaic, fabric, smart, LilyPad Arduino

Graphical abstract

La cortina autoil·luminada és un objecte que combina tres sectors principals: teixit, energia solar i components elèctrics.



1. Introducció

1.1. Objecte i abast del treball

L'objectiu d'aquest projecte és dissenyar teòricament una cortina de teixit autoil·luminada, per tant, en aquest treball només se'n farà una revisió de literatura i un desenvolupament teòric. És a dir, d'entrada no hi ha cap prototip. A la llista que es troba a continuació s'indiquen els altres punts que no es tocaran durant la realització del treball:

- Estudi sobre els sistemes per penjar les cortines. S'utilitzarà el sistema que es troba actualment al mercat.
- La comercialització de la cortina fora del mercat principal. Aquesta cortina es basa en la norma europea. Si la instal·lació fos en un altre país caldria aplicar les modificacions necessàries, però aquest no és el nostre cas.
- Embalatges i transport de materials.

Aquest treball també té com a funció principal combinar els coneixements tècnics adquirits al llarg de tota la carrera, per exemple:

1. Tecnologies ambientals i sostenibilitat.
2. Materials per al disseny de productes tèxtils
3. Disseny d'estructures laminars de calada
4. Avaluació de la qualitat dels teixits
5. Disseny Jacquard
6. Metodologia i orientació de projectes

1.2. Objectius

L'objectiu general del projecte és dissenyar i desenvolupar una cortina que sigui capaç d'il·luminar una habitació utilitzant l'energia solar a través d'un circuit elèctric unit amb el fil conductor. La idea ha nascut a partir de la necessitat d'il·luminació domèstica sense fer ús d'un endoll prèviament instal·lat. Per tal d'aconseguir-ho, és necessari definir els requeriments del producte i quins materials poden ser útils per a complir aquests requeriments.

D'altra banda, aquest projecte també pot ser d'utilitat com a referència bibliogràfica per una futura millora o desenvolupament del prototip, ja que actualment no existeix una cortina al mercat que combini la funció de il·luminació nocturna.

Tenint en compte el que s'ha comentat anteriorment, l'objectiu que s'intenta assolir en aquest projecte és desenvolupar una proposta teòrica d'una cortina autoil·luminada a partir d'un estudi conceptual dels materials existents que construeixen un Smart Textiles (teixits intel·ligents). A continuació s'indiquen en ordre tots els objectius parcials durant la realització de treball. Anàlisi sobre les característiques tècniques principals de les cortines del mercat.

- Anàlisi sobre les característiques tècniques principals de les cortines del mercat.
- Anàlisi sobre les característiques i funcions d'un Smart Textiles del mercat. Aquesta informació ens servirà com a base per al desenvolupament del treball.
- Anàlisi sobre les característiques dels edificis, clima principal i durada del sol a Espanya. Aquest resultat ens orientarà el disseny de la cortina a l'hora del compliment dels requisits.
- Estudiar la viabilitat econòmica i ambiental d'aquest projecte.

1.3. Utilitat del treball

D'una banda, com he comentat anteriorment en l'apartat d'objectius, aquest projecte pot facilitar la instal·lació d'una nova font de llum a casa sense la necessitat d'utilitzar un endoll. El fet de no tenir instal·lat un endoll redueix la dificultat d'instal·lació d'un circuit elèctric. A més a més, amb la llum es pot aconseguir que l'espai sembli més gran del que realment és.

D'altra banda, el producte que es desenvolupa aprofita la superfície plana de la cortina per a la captació d'energia solar i després la transforma en energia elèctrica per a il·luminar i decorar. Aquesta combinació de llum i cortina a part d'estalviar espai per instal·lar un endoll, allibera al mateix temps un altre espai ja que elimina una llum sobre la taula.

Encara que aquest projecte s'enfoca a l'àmbit domèstic també té la possibilitat d'utilitzar-se en espais públics. En aquest cas s'haurien de complir les normes necessàries respecte a aquest tipus de material.

1.4. Planificació i requeriments del treball

Per facilitar el desenvolupament del treball, el projecte es divideix en petits apartats.

1.4.1. Estructura de descomposició del projecte (WBS: Work Breakdown Structure).

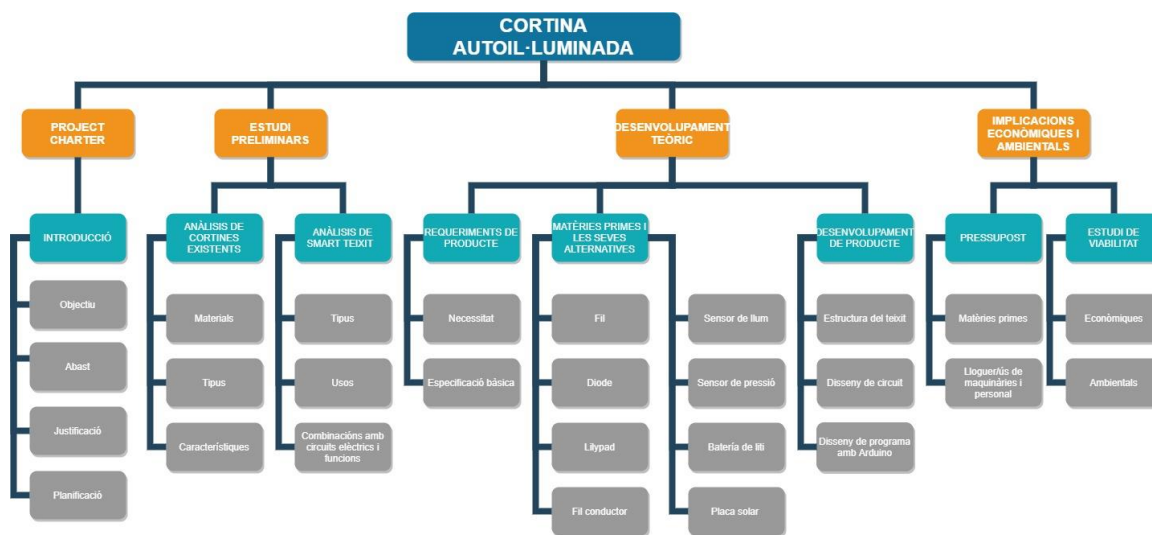


Figura 1. Estructura de la descomposició del projecte.

1.4.2. Descripció de les activitats requerides a partir del WBS.

Taula 1. Explicacions sobre activitats requerides per desenvolupar el projecte.

CODI	APARTAT	DESCRIPCIÓ
1.	Introducció	Breu resum de tot projecte.
1.1	Objectiu	Orientació del desenvolupament de projecte.
1.2	Abast	Material necessari per a obtenir els resultats desitjats.
1.3	Justificació	Antecedents i aplicació de projecte.
1.4	Planificació	Planificar els temps i els procediments que cal seguir a l'hora de desenvolupar el projecte.
2.	Anàlisi de cortines del mercat	Una part de l'anàlisi dels antecedents: Estudi sobre els productes de mercat que tenen una funció similar. En aquest cas, les cortines ordinàries que es troben al mercat.
2.1	Materials	Matèries primeres principals per a construir les cortines.
2.2	Tipus	Classificació de cortines segons la seva funció.
2.3	Característiques	Característiques principals d'una cortina.

3.	Anàlisi dels teixits intel·ligents de mercat	Un part de l'anàlisi dels antecedents: Estudi sobre els productes de mercat que tenen una funció similar. En aquest cas, els Smart Textiles que es troben al mercat.
3.1	Tipus	Classificació de Smart Textiles segons la seva funció i combinació.
3.2	Usos	Les aplicacions actuals que té cada tipus de Smart Textiles.
4.	Anàlisi climàtic	Anàlisi de les temperatures i hores solars d'Espanya.
5.	Requeriment de producte	A partir dels estudis anteriors, donar una proposta pel producte.
5.1	Necessitat	Aspectes que aquest producte ha de complir.
5.2	Especificació	Especificacions del producte acabat segons les normes i els mercats.
6.	Matèries primeres i alternatives	Estudi dels components necessaris per a poder desenvolupar aquest producte i les seves alternatives.
7.	Desenvolupament de producte	Construcció d'una estructura tèxtil, com instal·lar un circuit elèctric i dissenyar programa d'Arduino per a complir la funció del producte.
8.	Pressupost	Pressupost per desenvolupar el producte i el projecte.
8.1	Matèries primeres	Cost de les matèries primeres seleccionades.
8.2	Maquinàries i personal	Cost de la maquinària i personal per a fabricar el producte.
9	Estudi de viabilitat	Estudi sobre les perspectives del producte.
9.1	Econòmiques	Estudi sobre el pressupost per a desenvolupar aquest treball.
9.2	Ambientals	Estudi sobre quines aportacions ambientals té el nostre producte.

1.4.3. Identificació de les relacions de dependència entre les diferents activitats.

Taula 2. Identificació de les relacions de dependència.

CODI	APARTAT	DEPENDÈNCIA
1.	Introducció	Varies fases
1.1	Objectiu	Inicial
1.2	Abast	4.
1.3	Justificació	Inicial
1.4	Planificació	Inicial
2.	Anàlisi de Cortines existents	Inicial
2.1	Materials	2.2
2.2	Tipus	Inicial
2.3	Característiques	2.2 / 2.3
3.	Anàlisi de Smart Textiles al mercat	Inicial
3.1	Tipus	Inicial
3.2	Usos	3.1
3.3	Combinacions amb circuits elèctrics	3.1 / 3.2
4.	Anàlisi climàtic	Inicial
5.	Requeriment de producte	1. / 2. / 3.
5.1	Necessitat	1.
5.2	Especificació	2. / 3.
6.	Matèries primeres i alternatives	4. / 1.
7.	Desenvolupament de producte	4. / 5.
8.	Pressupost	5.
8.1	Matèries primeres	5./ 6.
9	Estudi de viabilitat	5. / 7.
9.1	Econòmiques	7.
9.2	Ambientals	5. / 7.2

1.4.4. Estimació del temps requerit (duració) per a realitzar les activitats utilitzant el Diagrama de Gantt.

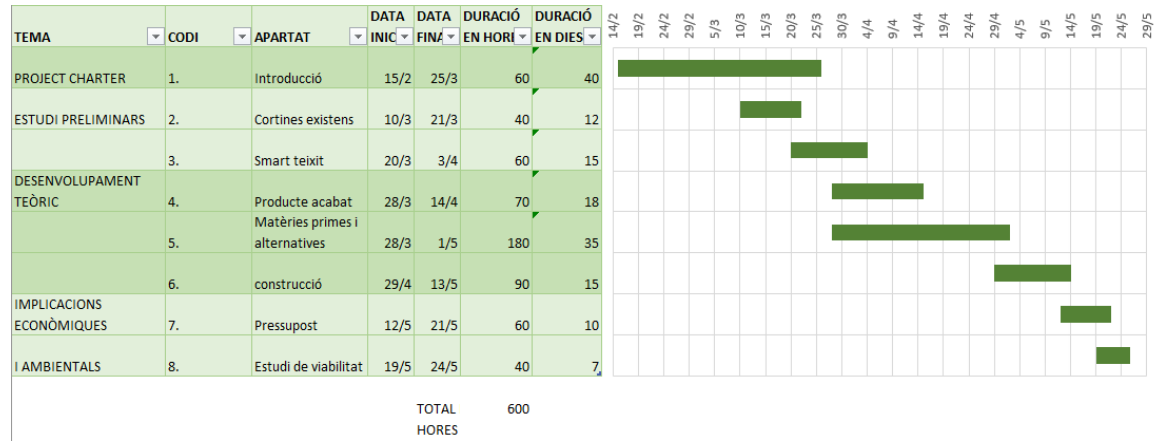


Figura 2. Diagrama de Gantt.

2. Estat de l'art i antecedents

2.1. Primeres inspiracions

Aquest treball va néixer a causa de la necessitat de disposar de llum a qualsevol hora. Per exemple, aquelles persones que s'aixequen a la nit i necessiten llum que els il·lumini i que a més a més no els ocupi espai. La millor manera d'aconseguir aquesta idea és combinar algun element fonamental de l'habitació amb la llum, en el cas d'aquest projecte, és la cortina (Figura 3). Així doncs, compleixen els objectius i l'abast del projecte que s'indica a la introducció.



Figura 3. Sala d'estar amb la cortina autoil·luminada.

Cal insistir en què els suports per a desenvolupar aquest treball, són les obres d'art teixides o no teixides creades per artistes i l'existència de components elèctrics especials per a teixits intel·ligents. A la següent taula es comenten alguns exemples.

Objectes	Descripció
 <p data-bbox="252 1933 746 1966">Figura 4. Liquid Light From Malin Bebeck.¹</p>	<p data-bbox="911 1391 1342 1570">La figura 4 és una obra d'art creada per l'artista Malin Bebeck utilitzant LEDs, fibra òptica i un teixit de base.</p>



Figura 5. Interactive Light Painting: Pu Gong Ying Tu From JieQi.²

Obra interactiva (figura 5) construïda amb papers, circuit elèctrics, LilyPad, sensor de pressió, etc. Tocar una dent de lleó amb els dits pot fer flotar els seus pètals.

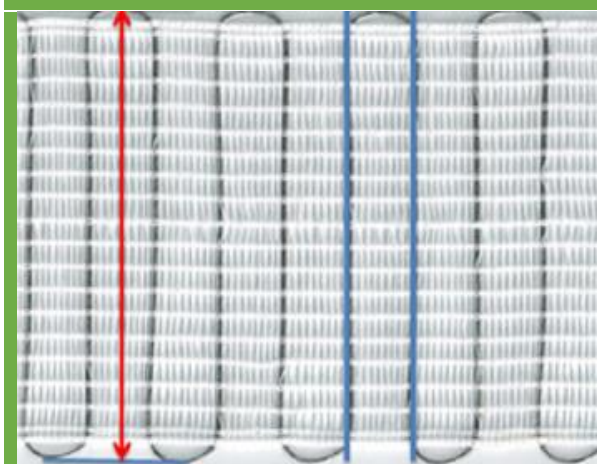


Figura 6. Circuit dins de la manta elèctrica.

La manta elèctrica amb la funció de preescalfament del llit abans del seu ús o per a mantenir a l'usuari calent mentre està al llit. La calor es genera a través d'un circuit elèctric integrat a dins de la manta. El podem veure a la figura 6.

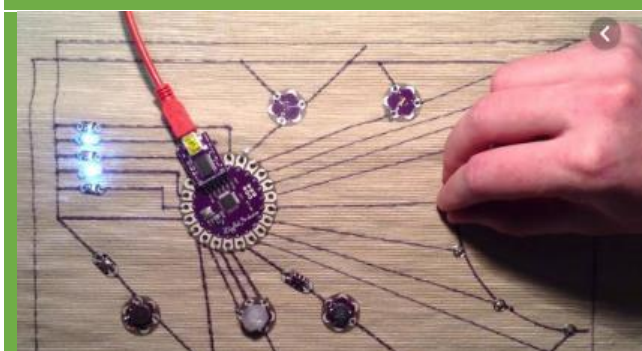


Figura 7. LilyPad Arduino que interacciona amb ambient extern.³

La figura 7 és un exemple d'ús d'Arduino LilyPad, que fa servir un sensor. El LilyPad pot interaccionar amb un estímul extern per a donar una resposta programada anteriorment.



Figura 8. Multicapa d'una faldilla per aconseguir llum difusa By ThinkGeek.⁴

La construcció dels teixits formen diferents capes. (figura 8). És capaç de dispersar la llum en diferents direccions, de manera que aconseguix una llum més suau.

2.2. Cortines del mercat

2.2.1. Històries de les cortines

Avui en dia, les cortines són una part fonamental de la casa. N'hi ha diversos tipus al mercat per cobrir les diferents necessitats, com ara protegir-nos de l'excés de llum externa, crear un espai privat, decorar l'espai per crear un ambient agradable, aïllar-nos del fred i del so, i fins i tot també pot reduir consum d'energia de climatització.

El diccionari defineix la 'cortina' com una peça de tela o d'un altre material semblant que es penja de la part de dalt d'una porta, d'una finestra, d'un forat, etc. per cobrir-los.

Les primeres cortines de la història estaven fetes amb pell d'animals i es penjaven a la entrada de les coves. Tenien com a funció l'aïllament tèrmic, evitar l'entrada de la pluja, la neu, la pols i els insectes entre d'altres coses. Aquestes funcions s'han mantingut durant tota la història de les cortines. A l'Antiga Roma, el seu estil artístic va fer sorgir una nova funció per a la 'cortina', va passar de ser una simple partició o cobertor a ser una part de la decoració d'un edifici. A continuació podem veure una cortina amb funció decorativa a la part superior de la figura 9.



Figura 9. Pintura de Giovanni Battista Pittoni: Clemencia de Escipión(1737).

Durant l'Edat Mitjana, en la que els edificis estaven fets de pedres, la cortina va tornar a tenir un gran significat en l'aïllament tèrmic. Després del segle XVII, la cortina també és va utilitzar en l'escenografia. Des d'aquell moment, la cortina va començar a tenir una altra funció pràctica, l'aïllament de la llum.

La cortina ha anat evolucionant contínuament al llarg de la història. A hores d'ara, la cortina no només té una funció concreta (com les comentades anteriorment), sinó que també s'han de cuidar estèticament i s'han de satisfer altres necessitats adaptant la cultura i el gust personal. ⁵

Com s'ha mencionat anteriorment, les cortines han estat evolucionat durant molts anys i formen una part molt important de la tapisseria. Les podem trobar en diferents llocs com ara a una casa, a un hotel, un restaurant, espais públics, transports, etc. A continuació, s'explicarà amb més detall les diferents varietats de cortines, els materials i els dissenys.

2.2.2. Tipus de cortina existents al mercat

Hi ha diversos models de cortines al mercat. En aquest apartat s'explicaran els models principals: cortines convencionals, estors plegables, estors enroflables, panells japonesos, venecianes, cortines verticals i cortines prisades. ⁵

- **Cortines convencionals:**

Segons els comerciants, les cortines convencionals (figura 10) o clàssiques són les 'cortines de tota la vida' i les que sempre estan de moda. El mercat ofereix una àmplia varietat de possibilitats d'aquest tipus i s'adapten a qualsevol espai. Com que poden acomodar-se de diferents maneres, fins i tot es poden complementar amb altres teles com ara les cortinetes (és un tipus de cortina que té una funció totalment decorativa, ja que no ens permeten aïllar llum ni preservar la intimitat). Per aquesta raó, les cortines convencionals existeixen en gairebé tots els tipus de confeccions, per exemple: llises, frunzides, amb plecs, ullets, travetes, bagues, ona perfecta, etc. També és interessant comentar que poden ser instal·lades amb diversos tipus de sistemes d'obertura com ara barres, rails (manuels o motoritzats), tensor, etc.



Figura 10. Cortines i cortinetes convencionals de marca IKEA.

- **Estors plegables (figura 11):**

Són unes cortines amb o sense varetes intermèdies que es poden pujar i baixar amb una cadena lateral. Els plecs que la formen normalment tenen alçada entre 20 i 30 cm, segons l'alçada entre les diferents confeccions. Els estors plegables tenen dos subgrups, un d'ells forma plecs regulars i uniformes, i l'altre forma plecs més naturals i irregulars (que s'anomenen estors paquetto). Comparat amb les cortines convencionals, aquestes cortines ocupen menys espai, per tant són una bona solució per a les habitacions petites.



Figura 11. Estor plegable de marca IKEA.

- **Estors enrotllables (figura 12):**

Els estors enrotllables són un tipus de cortina que s'enrotlla o desenrotlla a través d'una cadena metàl·lica o plàstica mitjançant un mecanisme manual o motoritzat. Igual que els estors plegables, ocupen molt poc espai de la finestra un cop recollides i són fàcils d'instal·lar. Degut a aquests avantatges cada vegada s'està tornant més popular, tant en espais residencials com comercials. Per altra banda, el seu mecanisme permet que sigui adaptable per diversos materials teixits o laminars. Dins de l'estor enrotllable, hi ha un tipus que es diu estors nit i dia, es corda lateralment i permet regular l'entrada de llum gràcies a les combinacions dels marges horitzontals translúcids i opacs sobre la seva superfície.



Figura 12. Estor enrotllable intel·ligent de marca IKEA.

- **Panells japonesos:**

Aquests tipus de cortines (figura 13) estan formats per diversos panells de tela independents que es mouen paral·lelament a través de guies o rails. Poden creuar i superposar-se entre elles mateixes per controlar el pas de llum i ser recollida centralment, a banda i banda o unilateralment. Ens aporten estètica lineal i minimalista, però també ens aporten possibilitats il·limitades per a possibles combinacions de dissenys entre panells. Els panells japonesos són especialment útils per cobrir finestres grans i per a separar diversos ambients dins d'un mateix espai, tot i que també són aptes per a les finestres petites.



Figura 13. Panel japonés de marca IKEA.

- **Cortines venecianes:**

Les cortines venecianes (figura 147) són un tipus de persiana formades per lamel·les d'entre 16 a 50 mm de gruix. Normalment estan fabricades amb alumini, fusta o PVC. Els seus mecanismes de pujada i baixada funcionen mitjançant una corda com estors, i es poden plegar a través d'unes varetes que donen la possibilitat de controlar l'entrada de llum a través de la inclinació de les lamel·les.



Figura 14. Veneciana de l'alumini de marca Cortinadecor.

- **Cortines verticals:**

Igual que les cortines venecianes estan construïdes per lamel·les, però en cortines verticals (figura 15) i tenen una mida entre 89 i 127 mm. El mecanisme és similar al de les venecianes i poden controlar l'entrada de llum. La seva forma de recollida és igual que els panells japonesos. Normalment, aquestes tipus de cortines s'utilitzen en



Figura 15. Cortines verticals de marca Cortinadecor.

les oficines, tant per la seva resistència com per la seva durabilitat, ja que estan fabricades amb un teixit com el PVC, polièster, etc.

- **Cortines prisades:**

Les cortines prisades (figura 16^s) són unes cortines on el teixit està confeccionat en forma d'acordió. Els seus plecs tenen una amplada d'entre 20 i 30 mm. Porten unes guies per baixar-la i pujar-la igual al de les venecianes. Gràcies a la seva construcció formen un tipus de cortina molt estreta i a l'hora de la recollida ocupa molt poc espai. Per tant, podem adaptar les finestres de qualsevol mida i forma. No donen cap opció de controlar l'entrada de la llum però proporciona una llum suau i agradable quan tenen baixada.



Figura 16. Prisades SCHOTTIS de marca
IKEA.

2.2.3. Funcions de les cortines

Els clients esperen diferents funcions de les cortines en funció de diferents factors com ara la cultura, el clima, el canvi estacional i el gust personal. Per això és important comentar les funcions bàsiques de les cortines del mercat per a poder desenvolupar tècnicament les necessitats desitjades per al nostre producte.⁶ A continuació a la taula 3 s'especifiquen les funcions principals que pot tenir una cortina.

Taula 3. Funcions principals d'una cortina.

Funcions	Descripció
Decorar un espai	Complementar l'estil del disseny de la llar i ajustar l'ambient interior d'un espai. Aquesta funció principalment depèn de color, estructura i material de la cortina. Per exemple, les cortines clares tenen un estil més brillant i relaxat, i en canvi, les cortines de vellut són més nobles i elegants.
Controlar l'entrada de llum	Aquesta funció ens permet tenir un ús raonable de l'energia lumínica, ja que hem de regular la intensitat de la llum segons la utilitat d'un espai, el període de l'any, el temps actual, etc. Per posar un exemple, la sala d'estar exigeix un espai més lluminós, en canvi, a la hora de dormir ens interessa que l'habitació sigui el més fosca possible. Aquest objectiu es completa de manera que per una banda s'estableix la cobertura superficial, gruix, color de material, i per altra banda amb la selecció de models de la cortina.
Protegir la privacitat	A causa del gran ús del vidre avui en dia, la majoria de les finestres són transparents. Per tant, per a protegir la nostra privacitat és important seleccionar la cortina adequada. Casi totes les cortines poden complir aquesta necessitat d'una manera o altra, excepte les cortinetes amb orifici ja que la seva funció principal és decorar, i sempre apareixen acompanyant l'altra cortina.
Absorbir i reduir l'entrada de soroll	També a causa de l'ús del vidre en les finestres, aquestes tenen una alta reflectivitat per al so. En aquest cas és necessari instal·lar una cortina

	gruixuda que permeti reduir efectivament el soroll extern. Si la cortina té un gruix adequat tindrà la funció d'absorbir els sorolls innecessaris.
Contribuir a la partició de l'espai	Les cortines també poden estalviar espai ja que ens ajuden a evitar l'ús d'una gran paret de divisió en un lloc petit.
Mantenir la temperatura i ajudar a reduir el consum d'energia	La existència de la cortina proporciona una conductivitat tèrmica diferent que la paret. A més a més, redueix la convecció d'aire fred i càlid entre les cortines i els vidres de la finestra. D'aquesta manera, compleix l'objectiu de reduir el consum d'energia per a mantenir la temperatura.

2.2.4. Propietats principals dels teixits de les cortines (taula 4)

Taula 4. Propietats principals d'una cortina.⁷

Propietats	Descripció
Resistència al foc	Actualment, els incendis provocats per productes tèxtils són més freqüents que altres incendis. Degut a això la resistència al foc de les cortines ha cridat l'atenció de la gent. A l'hora de fabricar una cortina aplicada als espais públics, els fabricants han de respectar aquesta propietat, des de la selecció de materials fins als acabats de la cortina.
Caient	En les cortines convencionals i els estors plegables ens interessa el caient dels teixits per formar plecs que li donen un gran valor decoratiu. Aquesta propietat afecta entre d'altres en el pes de les fibres, els tipus de fibres, la densitat dels teixits i les torsions de fils.
Resistència al rentat	La majoria de les cortines tenen capacitat per ser rentades perquè durant el seu ús poden aparèixer taques. Per aquesta raó, cal tenir certa solidesa de color al rentat. També hi ha fabricants que apliquen aprestos o acabats per evitar l'enganxament o bé faciliten l'eliminació de taques.

Absorció i reducció de soroll	Aquesta propietat comporta un valor afegit a la cortina d'alguns casos especials com la del cinema, fàbriques, etc.
Resistència a la formació d'arruga	Per als teixits de les cortines, cal tenir una bona capacitat respecte les aparicions de les arrugues. Aquesta propietat té relació amb els tipus de fibres, densitat i estructura de teixit, a més a més també hi ha altres solucions com els aprestos antiarrugues.
Solidesa a la llum	Com que les cortines normalment reben insolació directa, els teixit que tenen aquesta aplicació han de tenir una bona solidesa a la llum per evitar un possible canvi de color.

2.2.5. Principals fibres utilitzades en el teixit de la cortina

Encara que en el món hi ha un gran rang de materials que es poden aplicar a les cortines, en el nostre estudi només ho enfoquem als materials tèxtils, perquè en aquest cas es desenvoluparà un producte concret del sector tèxtil.

A continuació a la taula 5 analitzem alguns dels materials més comuns per a la fabricació de cortines.

Taula 5. Materials principals per fabricar la cortina.

Materials	Descripció	Característiques
COTÓ	Una fibra natural vegetal que creix acompanyant a les llavors del cotoner <i>Gossypium</i> . És un dels materials més tradicional i més bàsic, avui en dia representa quasi la meitat del consum mundial de fibres tèxtils.	Té un aspecte fresc. Bona resistència. Bona solidesa de color. Bona transpirabilitat. Resistent als fongs. Apareixen fàcilment les arrugues.
POLIÈSTER	És una fibra artificial que té gran resistència. S'obté a partir del petroli i generalment són barats si no s'orienta a un ús tècnic. S'ha emprat per a	Poc pesada. Molta elasticitat. Bona resistència a les arrugues.

	<p>moltes aplicacions, especialment per a la confecció de tèxtils de la llar. Té bona solidesa de color un cop tintada. S'embruten molt menys que altres teixits pel seu component plàstic, ja que repel·leixen gran part de la pols que hi ha en l'ambient.</p>	
LLI	<p>Igual que el cotó, és una fibra natural vegetal, però s'obté de la tija de la planta <i>Linum usitatissimum</i>. Les seves fibres són més resistents que les de cotó però són poc elàstiques. La seva característica principal és que pot realitzar uns plecs bonics a l'espai pel seu caient.</p>	<p>Té un aspecte fresc. Bona flexibilitat. Bona resistència. Bona transpirabilitat. Antibacterià.</p>
VISCOSA	<p>Són fibres artificials regenerades a partir de la cel·lulosa. Tenen millor caient que el cotó però és menys resistent a les arrugues.</p>	<p>Té molt bon caient. Genera moltes arrugues.</p>
LLANA	<p>És la fibra d'origen natural animal, que s'obté a partir del pèl de l'ovella. Com que és un mal conductor de la calor, és un bon aïllant del fred. Té bona resistència contra els bacteris i els fongs, però pot ser una font d'aliment per alguns insectes.</p>	<p>Té un aspecte càlid. Bona resistència al foc. Mantenir la temperatura.</p>

2.3. Smart Textiles al mercat

Avui en dia, amb el creixement del nivell de tecnologia i nivell de vida de les persones, els requisits de les persones ja no només limiten objectius bàsics com ara el menjar, l'habitatge i la roba, sinó també la satisfacció. Requereixen productes que proporcionin més funcions addicionals, les quals satisfacin les necessitats de les persones en tots els aspectes. A més a més, l'aparició de la tecnologia intel·ligent ha subvertit la producció i l'estil de vida tradicionals, i també ha obert noves portes per la gent.

Actualment, la tecnologia intel·ligent és àmpliament utilitzada en la indústria tèxtil, això fa que tingui un gran desenvolupament i creixement econòmic.

En aquest apartat, a partir de les informacions relacionades, analitzarem conceptes bàsics dels tèxtils intel·ligents existents. I realitzarem una llista dels principals tipus de tèxtils intel·ligents i les seves aplicacions, així com un breu resum sobre la tendència del seu desenvolupament.

Per començar aquest anàlisi, haurem de saber les definicions bàsiques sobre tèxtils intel·ligents, és a dir, els materials intel·ligents i teixits intel·ligents.

- Materials intel·ligents:

Els materials intel·ligents es refereixen a materials que poden percebre estímuls externs i realitzar accions corresponents a partir dels canvis en les condicions externes. Aquests canvis poden ser produïts per la tensió mecànica, la temperatura, la humitat, el pH, els camps elèctrics o els camps magnètics.

En general, els materials intel·ligents són nous materials funcionals amb set funcions principals, entre les quals inclouen la funció de detecció, la funció de retroalimentació, la funció d'acumulació i reconeixement d'informació, la funció de resposta, la capacitat d'autodiagnosi, la capacitat d'autoreparació (la figura 17⁸, representa un cas d'autoreparació) i l'autoadaptació.

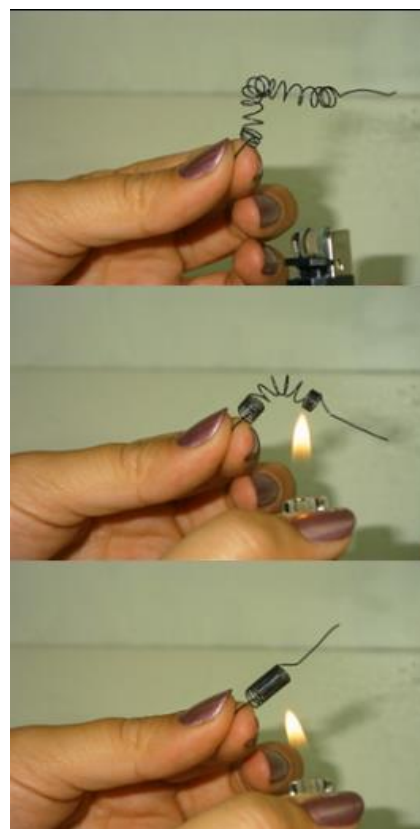


Figura 17. La imatge mostra una molla de Nitinol deformada, però recupera la seva forma original amb una aportació de calor.

- Teixits intel·ligents (Smart Textiles o e-tèxtils):

Els tèxtils intel·ligents es refereixen als tèxtils que s'obtenen de manera filant i teixint amb fibres de tèxtils intel·ligents com a matèries primeres o combinant altres materials intel·ligents amb tèxtils. Igual que els materials intel·ligents, els teixits intel·ligents poden sentir i en alguns casos reaccionar a partir dels estímuls externs. Per exemple: els teixits amb integració de tecnologia electrònica i informàtica es componen principalment per la unitat de detecció, la unitat de retroalimentació i la unitat de resposta (execució), detectant els senyals corresponents per obtenir el feedback de la informació i fer el processament corresponent.

Durant els últims anys, aquest sector ha estat molt important pels investigadors nacionals i estrangers i s'han desenvolupat diverses varietats de tèxtils intel·ligents. D'aquesta manera, s'han desenvolupat i dissenyat els productes de forma intel·ligent amb un disseny integral en els camps del tèxtil, l'electrònica, la biologia i la medicina. Els tèxtils intel·ligents no tenen massa requisits en el mètode de processament dels teixits i poden ser qualsevol tipus de teixits com ara de calada, de punt o no-teixits. Al mateix temps, els investigadors estudien que l'afectació en el rendiment original de les teles sigui mínim.

2.3.1. Classificació de tèxtils intel·ligents per funcionalitat

Actualment els teixits intel·ligents poden classificar-se en tres categories depenent de la seva funcionalitat: Passiu intel·ligent, actiu intel·ligent i ultra intel·ligent.

- **Passiu intel·ligent:**

Els tèxtils passius intel·ligents només poden percebre els estímuls de l'entorn extern, però no es poden ajustar segons els canvis exteriors, per això, es diu que són la primera generació de tèxtils intel·ligents. La roba anti-ultraviolada o el tèxtil antibacterià serien passius intel·ligents. De fet, alguns investigadors mostren que els tèxtils passius intel·ligents encara no poden considerar-se com a tèxtils intel·ligents en un sentit estricte, i haurien de ser anomenats tèxtils funcionals.

- **Actiu intel·ligent:**

Els tèxtils actius intel·ligents tenen actuadors i sensors. A part de que es poden percebre els estímuls externs, també són capaços de respondre en conseqüència a aquells canvis, per tant, es considera com la segona generació de tèxtils intel·ligents. La seva prova són aquells tèxtils de memòria de forma, camaleònics, resistents a l'aigua i permeables al vapor, emmagatzemadors de calor, reguladors de temperatura, absorbidor de vapor, vestits escalfats elèctricament, etc.

- **Ultra intel·ligent:**

Els tèxtils ultra intel·ligents o tèxtils intel·ligents adaptatius, són la tercera generació de tèxtils intel·ligents. A diferència de la segona generació, inclouen moltes disciplines d'alta tecnologia com ara la comunicació, la detecció, la intel·ligència artificial i la biologia. Pot percebre canvis o estímuls al medi extern i respondre-les, i adaptant-se al medi extern mitjançant l'autoregulació. Actualment, els tèxtils ultra intel·ligents es troben en la seva infància i han de ser estudiats més a fons.

2.3.2. Els principals tipus de tèxtils intel·ligents i les seves aplicacions

Actualment, les investigacions sobre els tèxtils intel·ligents estan centrades en els cinc aspectes principals. Aquests són tèxtils intel·ligents amb control de temperatura, tèxtils amb memòria de forma, tèxtils que canvien el color (tèxtils cròmics o camaleònics), tèxtils impermeables i transpirables i el desenvolupament de teixits que combinen tecnologia d'electrònica i d'informàtica.⁹

1. Tèxtils amb control de temperatura:

Els tèxtils intel·ligents amb control de temperatura es poden dividir en tres classes: tèxtils d'aïllament tèrmic, tèxtils de refrigeració i tèxtils de regulació automàtica de la temperatura d'acord amb la seva resposta respecte a l'estímul a la temperatura externa.

Els tèxtils d'aïllament utilitzen fibres d'emmagatzematge de calor de la llum solar o fibres infrarojos llunyans per aconseguir un aïllament tèrmic. La fibra d'emmagatzematge de calor de la llum solar absorbeix la llum visible i el raig infraroig més proper, irradiat al cos humà en forma de calor per aconseguir l'efecte de preservació de calor; per altra banda, la fibra d'infrarojos llunyans converteix la calor que emet el cos humà en raigs infrarojos llunyans en un rang de longitud d'ona determinada i després torna irradiant cap al cos humà, cosa que redueix la pèrdua de calor mitjançant l'acceleració de la circulació sanguínia i aconsegueix l'efecte de la preservació de calor, de manera que la fibra d'infrarojos extrems té un millor rendiment d'aïllament tèrmic.

Els tèxtils de refrigeració inclouen tres tipus: els teixits de protecció contra la calor i radiació ultraviolada, les teles fresques i els teixits que dissipen la calor. Les fibres de teixit de protecció contra la calor i radiació es produeixen barrejant uniformement la pols de ceràmica fina amb una solució de polímer. Com que la pols ceràmica fina pot reflectir els rajos ultraviolats, fa que l'interior del teixit mantingui una temperatura més fresca, aproximadament de 2 a 4°C inferior que el teixit de cotó convencional; el teixit fresc consisteix en afegir òxid metàl·lic a la fibra de polièster, a

través de l'òxid metàl·lic per reduir l'esvaïda de la roba causada pels rajos ultraviolats i la llum, d'aquesta manera també pot mantenir fresc l'interior de la roba, i la temperatura normalment és 5 a 10°C menys que el teixit de cotó convencional; per l'últim, les fibres de teixits que dissipen la calor estan recoberts per un recobriment de pols metàl·lic, de manera que la calor dissipada pel cos humà es pot dissipar ràpidament al món exterior ja que la pols metàl·lica té una alta conductivitat tèrmica.

Els tèxtils que regulen automàticament la temperatura ajusten la temperatura a ambdues direccions, generalment es combinen mitjançant la tecnologia de canvi de fase i de la fabricació de fibres, que pot absorbir i alliberar energia de calor segons l'augment o la baixada de la temperatura del ambient.¹⁰

Aplicacions:

Els tèxtils amb control de temperatura es poden utilitzar en camps com ara la indústria civil, roba de professionals i la fabricació d'automòbils.

- En el camp de la roba civil s'utilitza en les armilles de refrigeració, roba esportiva, vestits d'esquí, etc. Per exemple, la figura 18, és una samarreta que utilitza el teixit creat per la empresa colombiana Omni-Freeze. Dins de les microcàpsules de les fibres de teixit conté un producte químic de refrigeració. Quan la humitat (inclosa la suor) s'absorbeix pel teixit, la substància química s'activa, allibera la funció del producte químic per la baixada de temperatura i accelera el procés de transpiració, de manera que la persona que porta la peça se senti més fresca i còmoda. Tanmateix, l'ús de productes químics per refrescar-se tenen una vida funcional de teixit limitada. Segons la declaració oficial, la roba que utilitza aquesta tècnica es pot rentar de 50 a 70 vegades.



Figura 18. Camiseta de manga curta Zero Rules™ de la empresa OMNI Freeze.¹¹

- En el camp dels professionals especials, com ara vestits espacials, vestits de foc, vestits de busseig, etc.
- En el camp mèdic, es poden fer embenats de temperatura constants per protegir les ferides i evitar que la temperatura local sigui massa alta o massa baixa.
- En la fabricació d'automòbils, es pot utilitzar per a seients i posicions de sostre en automòbils per donar una major comoditat.

2. Tèxtils amb memòria de forma:

Els tèxtils amb memòria de forma es refereixen als tèxtils que poden canviar la seva estructura interna, forma o mida després d'estímul externs (com la temperatura, la humitat, la llum, el camp magnètic, el valor del pH), però poden restaurar el seu estat original en condicions específiques. Inclou principalment tres categories: els tèxtils d'aliatge amb memòria de forma, els tèxtils de polímer amb memòria de forma i els tèxtils d'hidrogel amb memòria de forma.

Els tèxtils d'aliatge amb memòria de forma es refereixen a aquell tipus de teixit que conté aliatges metàl·liques. Per l'estimulació tèrmica externa poden produir canvis reversibles d'estructura cristal·lina de les aliatges metàl·liques dels tèxtils, d'aquesta manera provocant canvis de forma de teixit.

Els materials per teixir **els tèxtils polímers amb memòria de forma** són els polímers formats per la implantació d'una matriu activa mitjançant una reticulació física permanent o una reticulació química. Aquesta matriu pot emmagatzemar energia de deformació mecànica, d'aquesta manera,

quan el teixit sigui estimulat per condicions exteriors pot restaurar la seva deformació, la figura 19 representa l'esquema d'aquest efecte.

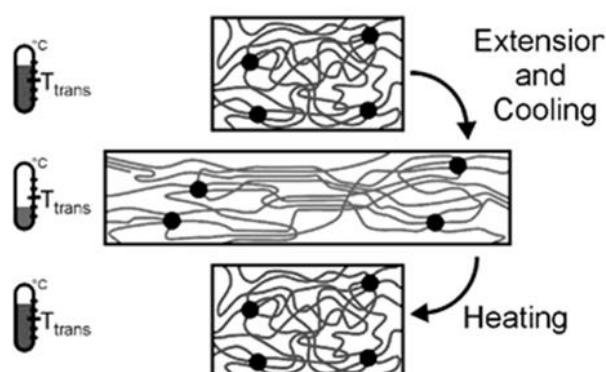


Figura 19. Esquema esquemàtic del mecanisme molecular d'efecte de memòria de forma induïda tèrmicament.

La propietat de memòria de forma **dels tèxtils d'hidrogel** està aconseguida degut a les característiques de hidrogels, ja que són polímers que poden inflamar-se en l'aigua però que són insolubles en l'aigua.¹⁰

Aplicacions:

Els tèxtils amb memòria de forma s'utilitzen principalment en àrees funcionals com ara la resistència al foc i la resistència als impactes i als camps estètics.

- La roba anti-escaldat és utilitzada per teixits d'aliatge amb memòria de forma. El teixit d'aquesta aplicació es fabrica primer en una forma de pagoda o de molla en espiral, i després es processa en una forma plana, i fixada a la capa d'interior de la roba. Quan la roba està exposada a altes temperatures, propietat de memòria de forma d'activa i canvia la forma de teixit de plana a pagoda, els espais buits formats entre la pell i la roba eviten efectivament les cremades i poden protegir el cos humà.
- La roba Oricalko (figura 20) desenvolupada per Grado Zero Espace pot enrotllar automàticament les mànigues durant un estiu calorós. La indicació Oricalko es mostra a la figura 14.



Figura 20. Roba Oricalco de la empresa Grado Zero Espace.¹²

- Les fibres de memòria de forma també s'utilitzen en coixins, encoixinaments de matalassos, etc.

3. Tèxtils canviant de color (cròmics o camaleònics):

Els tèxtils cròmics o camaleònics són tèxtils intel·ligents que canvien el color amb els canvis d'estímuls externs (com la llum, l'electricitat, la pressió, la temperatura, etc.). Aquests tèxtils inclouen principalment tèxtils fotocròmics, tèxtils termocròmics, tèxtils electrocròmics, tèxtils piezocròmics, tèxtils cromàtics sensibles al humitats, etc.



Figura 21. Fils fotocròmics.

El principi del treball dels **tèxtils fotocròmics** és que poden canviar el color sota la irradiació de la llum ultraviolada o visible, i poden revertir al color original després de que la llum desaparegui. A causa de les substàncies que contenen, per exemple sota l'acció de diferents ones de llum, la substància A es transforma en la seva substància isòmera B, i les dues substàncies tenen diferents espectres d'absorció i diferents estructures de nivell d'energia. En la figura 2116 podem veure una exemple de fils fotocròmics.

L'efecte que produeixen **els tèxtils termocròmics** es deuen a l'estructura molecular interna del pigment que hi ha sobre el teixit. Perquè el pot canviar amb la temperatura, cosa que provoca canvis

de color. En comparació amb els materials fotocromics, hi ha més estudis pel que fa als materials termocromics, especialment en l'aplicació de la impressió tèxtil, que han obtingut certs resultats.

Els tèxtils electrocromics fan referència a les propietats òptiques del material (reflectivitat, absorció, transmissió de llum, etc.) que produeixen canvis de color estables i reversibles sota l'acció d'un camp elèctric extern.

El canvi de color **dels tèxtils piezocromics** són sensibles a la pressió que suporta. Aquests tipus de teixits estan construïts per les fibres conductores per l'ordit i per la trama. El canvi de color es produeix quan aquelles fibres es formen en matrius a causa de la pressió.

El motiu principal del **canvi de color de tèxtil sensible a la humitat** és que la humitat de l'aire fa que l'estructura del propi colorant canviï. Com a resultat, l'espectre d'absorció de la llum visible d'aquell material canvia.

Aplicacions:

Actualment, els tèxtils cromics tenen moltes aplicacions, es poden utilitzar en molts camps com indústries civils, militars, treballs d'alt risc i altres.

- En el camp militar, es pot utilitzar en camuflatge militar, com ara roba de camuflatge de color controlable.
 - En el camp mèdic, es pot utilitzar en la vigilància mèdica, com la roba per a nadons, mitjançant el canvi de color de la roba per controlar si el nadó té febre.
 - Protecció de seguretat per a ocupacions especials, com ara per controlar l'exposició a llarg termini a perills químics o una forta radiació de l'usuari.
 - El camp digital, com ara la roba electrocromica, pot realitzar les funcions generals de les pantalles de televisió a la roba.
 - El camp de la moda, com ara els para-sols fotocromics, les samarretes fotocromiques, etc.
- La següent foto és un exemple de samarreta fotocromica de SUNCOLORS (figura 22)



Figura 22. Samarreta estampat per pigment fotocròmic de la empresa Suncolors.¹³

4. Tèxtils impermeables i transpirables intel·ligents:

El tèxtil impermeable i transpirables a la humitat és aquell teixit que no es mulla a l'aigua sota una certa pressió i, al mateix temps que la suor emesa pel cos humà es pugui transmetre a l'exterior en forma de vapor d'aigua i no s'acumuli entre la superfície del cos humà i el teixit, ja que això podria produir el fenomen de condensació i resultaria incòmode. Inclou principalment quatre tipus de teixit: Els teixits d'alta densitat resistent a l'aigua i transpirables a la humitat, membrana microporosa, membrana no porosa i tipus intel·ligent.

Els teixits d'alta densitat resistent a l'aigua i transpirables a la humitat utilitzen el principi de difusió de molècules de gas, ja que aquelles molècules es difonen des de l'alta concentració a baixa concentració. Quan el cos humà sua, la suor es pot difondre a través del teixit cap al món exterior i quan el teixit està humit, les fibres poden inflar-se lateralment i els forats són més petits per aconseguir un efecte impermeable.

Els teixits amb membrana microporosa utilitzen la diferència de mida entre el diàmetre de les gotes de pluja i el diàmetre de les molècules de vapor d'aigua per aconseguir permeabilitat a l'aigua i transpirabilitat a la humitat.

Els teixits amb membrana no porosa augmenten la tensió superficial de la pel·lícula mitjançant les característiques de les molècules hidròfiles per a aconseguir l'efecte impermeable.

Un teixit impermeable i transpirable de tipus intel·ligent significa que el teixit es pot ajustar automàticament al nivell de permeabilitat de la humitat segons diferents característiques ambientals. Per exemple, a temperatura alta, mitjançant una alta permeabilitat a la humitat, el teixit pot aconseguir una excel·lent dissipació i transpiració de calor; i, a temperatura baixa, la seva

permeabilitat a la humitat també baixa i redueix l'efecte de la dissipació de la calor, és a dir, manté la calor.

Aplicacions:

- Es poden utilitzar tèxtils impermeables i transpirables en roba militar, com vestits de pilot, roba de protecció contra el fred, etc.
- La roba per treballs especials, com ara roba de bombers, roba de policia, roba quirúrgica, roba de protecció polar, etc.
- També es pot utilitzar en roba d'esquí, roba d'alpinisme, roba esportiva, calçat esportiu, carpes, etc.
- A la figura 23 es mostra el material de superfície impermeable i permeable a la humitat. La pel·lícula DiAPLEX pot obrir els seus orificis del teixit en una temperatura determinada per alliberar vapor d'aigua i calor, però a baixes temperatures es reduirà la permeabilitat i es mantindrà la temperatura corporal.¹⁴



Figura 23. Forma de gota d'aigua sobre teixit impermeable i transpirable intel·ligent de Diaplex.

5. Tèxtil combinant amb tecnologia d'electrònica i de la informàtica:

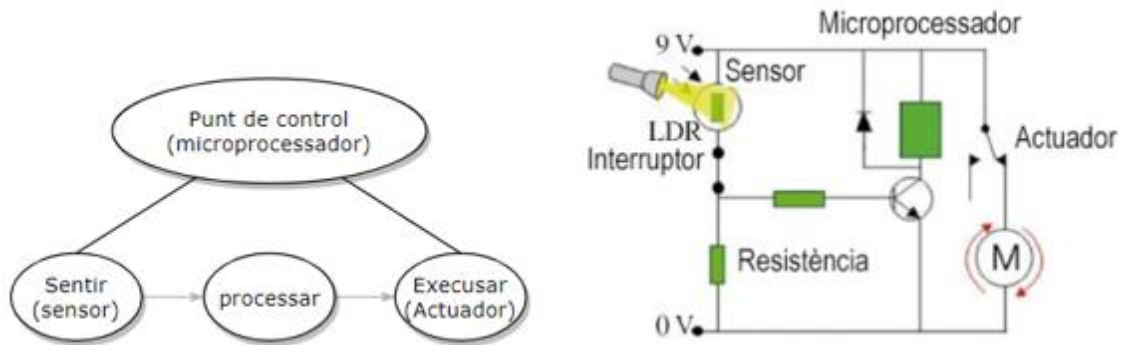


Figura 24. El principi bàsic de treball dels tèxtils intel·ligents amb tecnologia d'informació i d'electrònica.¹⁵

Aquest tipus de teixit es combinen els components electrònics flexibles amb tèxtils, de manera que el sensor pot induir canvis de l'entorn extern, el processador d'informació llegeix la informació, raonar-la i emet control, i després, a través d'actuador canvia l'estat del material per adaptar-se al món exterior, la figura 24 mostra l'esquema d'aquest tipus de teixit. Per tant, aquest teixit pot aconseguir les funcions com l'autodiagnosi, l'autoregulació, l'autoreparació, etc. Segons la combinació dels components i els tèxtils poden classificar en la tecnologia modular, la tecnologia incrustada i la tecnologia basada en fibres.¹⁶

La tecnologia modular consisteix a integrar directament components electrònics com a mòduls funcionals sobre els tèxtils, com ara afegir diversos sensors directament als teixits per aconseguir un control de la temperatura corporal, del ritme cardíac i d'altres dades, o, instal·lar circuits elèctrics i les resistències per aconseguir escalfar una superfície en concret.

La tecnologia integrada consisteix a integrar, els components electrònics, en algunes parts dels teixits, com ara connectar plaques de circuit mitjançant fils conductors, sensors flexibles basats en teixits, circuits integrats, etc.

La tecnologia basada en fibra constitueix en que els teixits o les fibres formen directament components i sensors electrònics, com ara pantalles tèxtils flexibles.¹⁷

La taula 6 representa algunes de les tecnologies de producció dels components electrònics basades en els tèxtils.

Taula 6. Les tecnologies de producció de components electrònics basada en tèxtil.¹⁸

Material com les fibres conductores o els components electrònics teixides als tèxtils	Material com les fibres conductores o els components electrònics formant pel·lícula sobre l'estructura dels teixits
Calada	Estampació per serigrafia
Punt	Impressió digital
No teixits	Recobriments superficials per tècnica d'apresto o acabat
Patró bordat	Galvanoplàstia
Costures	Autoassemblatge superficial

Aplicacions:

Aquests tipus de tèxtils intel·ligents s'utilitzen àmpliament i són un dels tèxtils intel·ligents més prometedors.

- Es poden utilitzar en aspectes mèdics i de salut, com samarretes mèdiques. Pot controlar la temperatura, els batecs del cor, la pressió sanguínia i altres dades per aconseguir un control remot dels pacients a l'hospital. També porta el sistema de posicionament per poder trobar al pacient per als primers auxilis. A part també hi ha moltes aplicacions mèdiques com: mitjons intel·ligents, samarretes intel·ligents per a nadons i altres robes que tenen funcions similars.
- En el camp esportiu, l'aplicació de teixit combinat amb tecnologia d'electrònica i d'informàtica es dona la possibilitat als usuaris de que comprovin el seu temps d'exercici, intensitat, distància, consum d'energia, control de la freqüència cardíaca i altres paràmetres d'exercici en qualsevol moment.
- S'utilitza per a productes digitals multimèdia, com ara hi ha una jaqueta (Levi's® Commuter™ Trucker Jacket with Jacquard™ by Google, la figura 25) que pot controlar el teu telèfon mòbil a través de gestos de mà desenvolupada per Google i per marca Levis. Aquest producte es fabrica en 85% cotó i 15% materials components electrònics, pot notar el toc de la mà i generar el corresponent senyal electrònic. Es pot utilitzar per escoltar música, a més a més ofereix funcions com ara navegació de mapes, seguiment de torns esportius, cronometratge, respondre trucades, llegir missatges de text, trobar telèfons mòbils, etc.¹⁹



Figura 25. Levi's® Commuter™ Trucker Jacket with Jacquard™ by Google.¹⁹

- Per l'ús militar, com ara uniformes de combat incrustats amb ultra-micro sensor, pot identificar les parts ferides i hemorràgies dels soldats. Aquesta part de l'uniforme militar es pot expandir i contractar-se immediatament per tenir un paper en l'hemostàsia, i els paracaigudes intel·ligents poden detectar les condicions de l'aire i del terra de manera puntual, canviar la direcció del vol i la velocitat, etc.

2.4. Energia solar fotovoltaica

2.4.1. Energia solar fotovoltaica

L'energia solar forma una font d'energia inesgotable i respecta el medi ambient, és aprofitable per l'ésser humà en dos formes: energia solar tèrmica (calor) i energia solar fotovoltaica (transformant-la en electricitat). En els últims anys, ha sigut un dels punts importants de desenvolupament sostenible. L'energia solar fotovoltaica és obtinguda directament a partir de la radiació solar, la seva transformació és mitjançant un dispositiu cel·la fotovoltaica (figura 26).

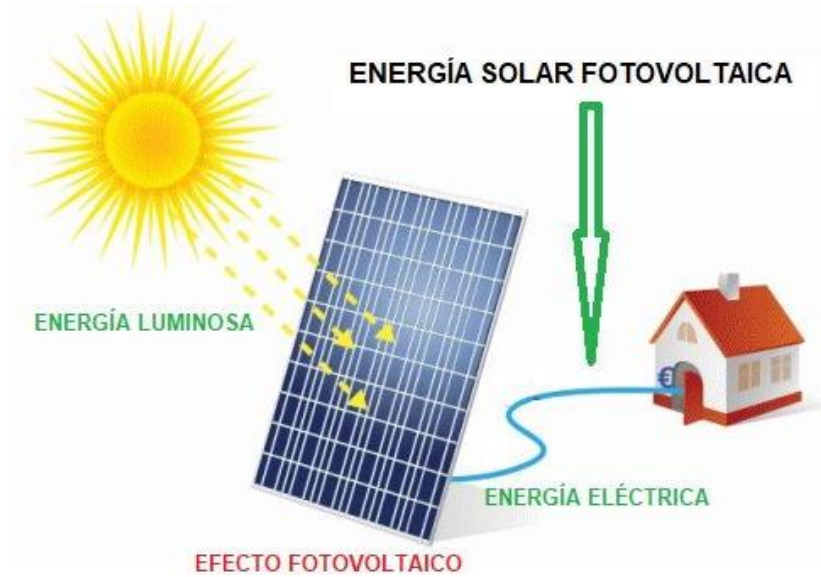


Figura 26. Principi bàsic de treball de transformació d'energia solar fotovoltaica.

La radiació solar:

La radiació solar (figura 27) descriu el conjunt de radiacions electromagnètiques emeses pel Sol cap a la superfície de la Terra. Al interior del Sol hi ha energia creada per reaccions nuclears de fissió, i aquesta energia s'allibera en forma de radiació que arriba a la Terra.

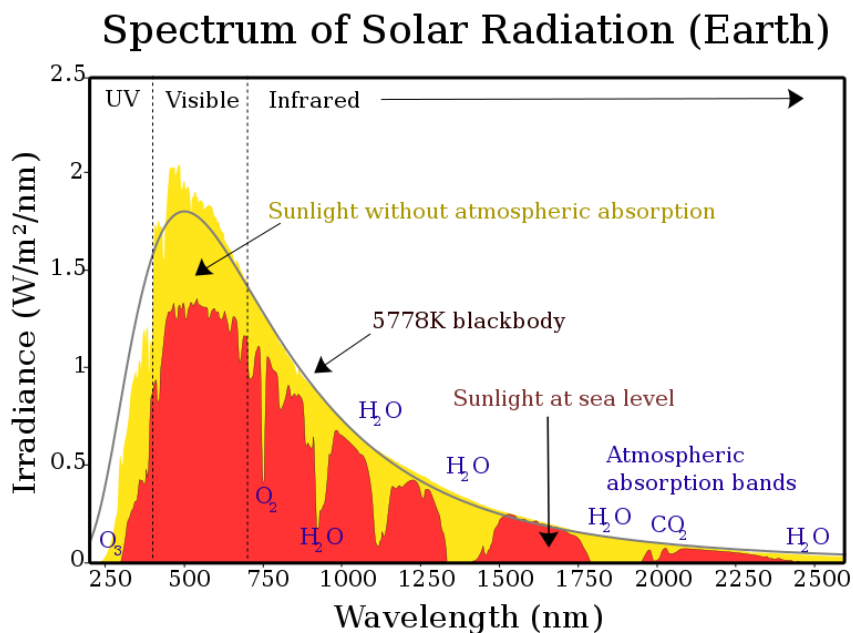


Figura 27. Distribució d'espectre de radiació solar sense i amb absorció per l'atmosfera (al cim de atmosfera i a l'altura del mar).

Hi ha 4 tipus de radiacions, que són els següents:

- Radiació extraterrestre: La radiació solar extraterrestre és la radiació solar diària que es rep sobre una superfície horitzontal situada al límit superior de l'atmosfera.
- Radiació solar difusa: Aquesta part de radiació es tracta de la quantitat que aconsegueix arribar fins a la superfície de l'atmosfera. Tenen una trajectòria aleatòria i dispersa per raó de l'absorció, reflexió que exerceixen elements que es troben concentrats a la part superior de la superfície terrestre, per exemple els gasos i aerosols.
- Radiació solar directa: Aquest tipus de radiació té trajectòria definida i recte des del sol fins un punt de la nostra superfície terrestre.
- Radiació solar global: És la suma de totes les radiacions solars, difusa i directa, que incideixen al llarg i ample de tot el nostre planeta.

Cel·la fotovoltaica:

La cèl·lula fotovoltaica o cèl·lula solar és un dispositiu electrònic que transforma energia solar de radiacions en energia elèctrica mitjançant l'efecte fotovoltaic. La seva funció és absorbir fotons de llum i emetre electrons, i a continuació aquells electrons són capturats per utilitzar-los com electricitat. No totes les radiacions del Sol són útils per la generació d'electricitat, depèn de l'energia que porta la radiació i del material del què està feta la cel·la.

2.4.2. L'energia fotovoltaica a Espanya

Espanya per la seva posició geogràfica i climatològica, és un país especialment afavorit de cara a l'aprofitament d'energia solar fotovoltaica. En la figura es presenten els mapes de camps promig de les irradiàncies globals a Espanya (figura 28) i a Europa (figura 29).²⁰



Figura 28. Camps mitjans d'irradiància global per a Espanya [1994-2018].

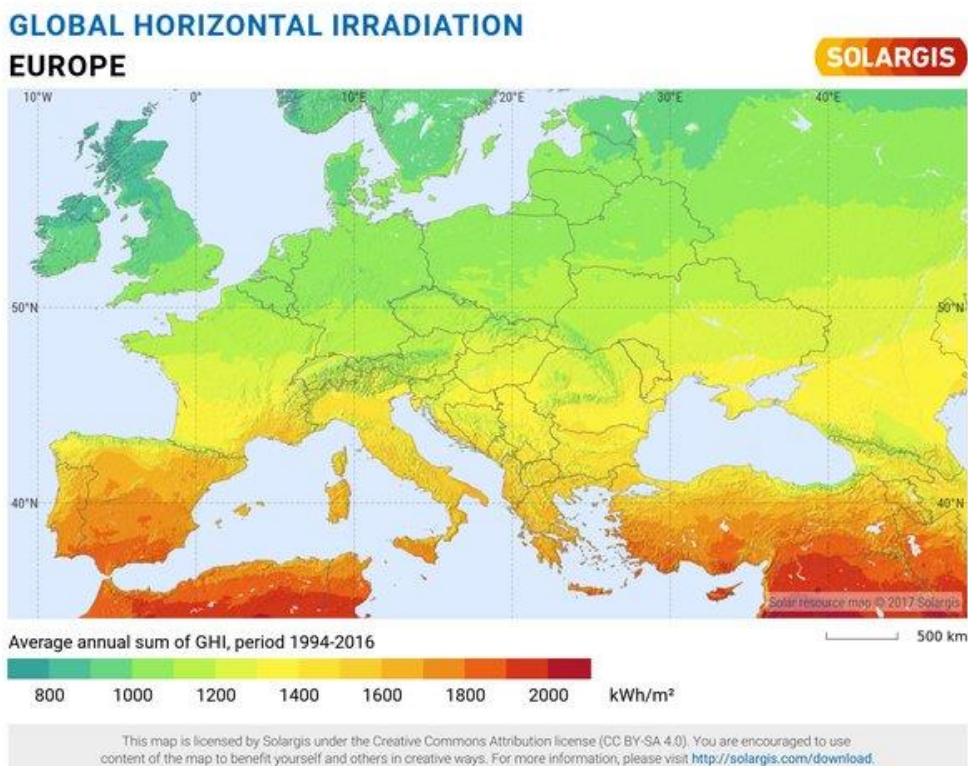
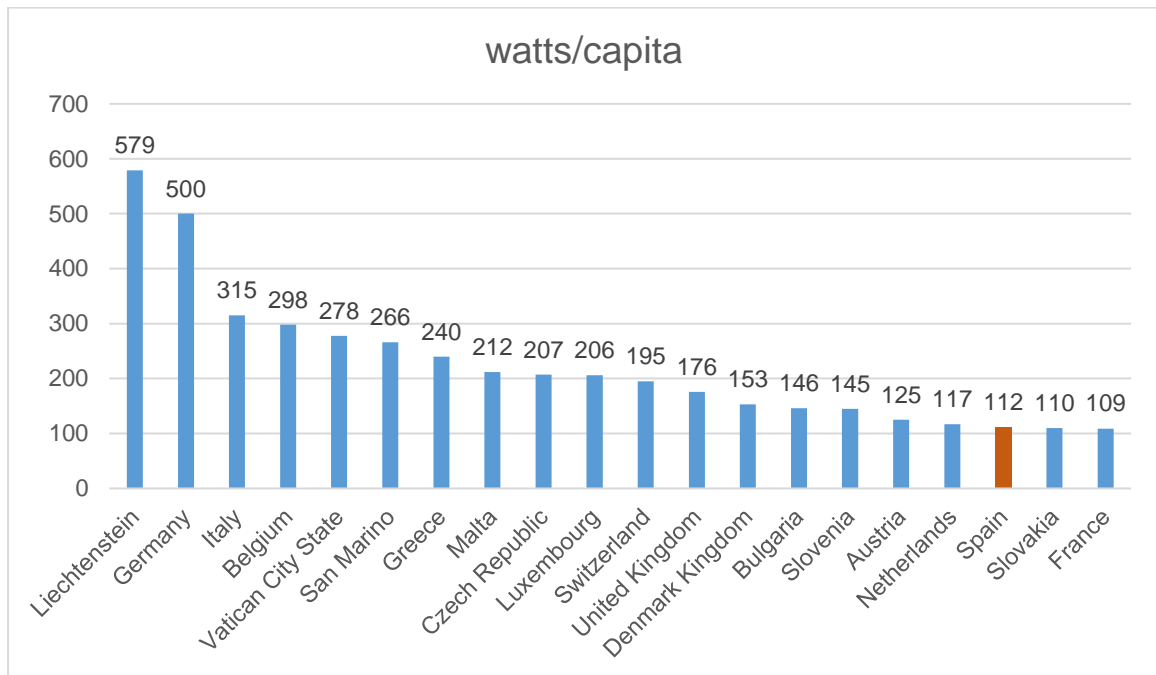


Figura 29. Camps mitjans d'irradiància global per a Europa [1994-2016].

D'aquesta manera, podem comprovar clarament que la irradiació mitjana a Espanya és superior a la mitjana europea. Per tant, Espanya forma una zona convenient per la instal·lació de la tecnologia fotovoltaica. Però actualment, la tecnologia fotovoltaica a Espanya està molt subdesenvolupada respecte altres països d'Europa que tenen menys irradiació anual. En la taula 6 trobem fins i tot el Regne Unit, on només rep la meitat d'irradiació anual global que Espanya, disposa quasi bé del doble de potència instal·lada per càpita.

Taula 7. Energia fotovoltaica acumulada per diferents països europeus en watts per càpita.



3. Desenvolupament de la/les solucions escollides

3.1. Requeriment de producte

3.1.1. Control de qualitat per al materials tèxtils i altres

El teixit de la cortina, igual que tots els articles teixits de la llar, tenen un detallat procés de control de qualitat amb l'objectiu d'ajudar a que els productes, processos o serveis s'adaptin per assolir un nivell determinat, al mateix temps que es protegeix la salut de la gent i el medi ambient. Això també facilitarà la comercialització.

El control de qualitat consisteix en determinar una sèrie de paràmetres respectant les normes establertes i béns relacionats. Les normes principals són les normes UNE (Una Norma Espanyola), les normes EN (Normes Europees) i les normes ISO (International Organization for Standardization).

Les característiques a complir d'una cortina estan recollides en la norma UNE-EN 14465:2004. La qual aquella norma recull varies especificacions principals i necessàries per als teixits de tapisseria d'ús domèstic i públic. La taula 8 descriu les característiques principals a avaluar de la norma UNE-EN 14465:2004. I la taula 10, descriu altres possibles paràmetres que es poden determinar i la normes a que es refereix. Totes aquestes propietats caldrien analitzar-les en el prototip de la cortina autoil·luminada en cas de que pogués anar a la universitat, en aquest cas no es pot (no es faran per raons de la pandèmia Covid-19).

Taula 8. Propietats del material. ²¹

Propietat	Mètode d'assaig	Unitats	Nivell de comportament				
			A	B	C	D	E
resistència a la tracció	EN ISO 13934-1	N	>= 600	>= 400	>= 350	>= 250	
Resistència a l'esquinçament	EN ISO 13937-3	N	>= 40	>= 30	>= 25	>= 20	>= 15
lliscament de la costura	EN ISO 13936-2	mm	>= 4	>= 6	>= 8		
Resistència a l'esclat	EN ISO 13938-1	kPa	>= 600	>= 400	>= 200		
Resistència a la abrasió	Teixits de calada plana	Fregaments (x1.000)	>= 35	12-30	4-10		
Resistència a la formació de 'Pilling'	EN ISO 12945-2 després de 2.000 fregaments	Classe 1 a 5	>= 4-5	4	3-4	3	

Solidesa del color a la llum	EN ISO 105 B02 (mètode 2 ^a)	Classe 1 a 8	>= 6	>= 5	>= 4		
Solidesa del color al fregament en sec	EN ISO 105-X12	Classe 1 a 5	>= 4-5	4	3-4		
Solidesa del color al fregament en humit	EN ISO 105-X12	Classe 1 a 5	>= 3-4	3	2-3		

Taula 9. Propietats del material opcionals. ²¹

Propietat	Mètode d'assaig	Unitats	Nivell de comportament	
			A	B
Solidesa del color a l'aigua	EN ISO 105-E01	Classe 1 a 5	>=4	3-4
	- Canvi de color - Taques		>= 3-4	3

Taula 10. Propietats del material addicionals per les tapes mòbils. ²¹

Propietat	Mètode d'assaig	Unitats	Nivell de comportament		Observacions
			A	B	
Solidesa del color al rentat manual	EN ISO 105-C06	Classe 1 a 5	4-5	4	
	A2S - Canvi de color - Taques		4	3-4	
Solidesa del color al rentat a màquina	EN ISO 105-C06	Classe 1 a 5	4-5	4	
	- Canvi de color - Taques		4	3-4	
Solidesa del color a la neteja en sec	EN ISO 105- D01	Classe 1 a 5	4-5	4	
Canvi dimensional en el rentat i en l'assecat	ISO 5077	%	+2	+3	Procediment de rentat a seleccionar de la Norma EN ISO 6330, d'acord amb les instruccions de manteniment.

Taula 11. Altres paràmetres.

Paràmetres	Normes
Composició del teixit	UNE-EN ISO 1833:2011
Gramatge o densitat superficial	UNE 40339:2002 UNE-EN 12127
Densitat de fils i passades o n° de fils / cm per ordit i trama	UNE 40075
Espessor del teixit	UNE 40245:1996 UNE-EN ISO 5084
Nombre del fil, títol o densitat lineal (Tex) per ordit i trama	UNE 40078
Lligament o estructura del teixit	UNE 40017 UNE 40084 UNE 40161
Grau de polimerització del cotó i la maduresa del cotó (si és cotó)	Mètode viscosimètric UNE 40141:2003
Torsió de el fil i sentit de torsió	UNE 40014 UNE 40600
Confecció i acabat	UNE-EN ISO 13936-1:2004
Etiquetatge de conservació	UNE EN-ISO 3758
Mesura de la color i índex de blancor	UNE-EN ISO 105-J01 UNE-EN ISO 105-J02:2001
Resistència a la formació d'arrugues	UNE-EN 22313:1993
Permeabilitat	UNE-EN ISO 4920
Estabilitat dimensional al rentat	UNE 40052:1980 UNE-EN ISO 5077:2008
Avaluació de grau d'aïllament tèrmic	Mètode de la mà

No obstant això, hi ha més normes com la norma referent al grau de resistència al foc: UNE 23740. Aquesta norma és per fabricar els teixits de la llar dedicats als llocs públics, per exemple com l'hospital, la biblioteca, el cinema, l'escola, els transports públics, etc.

A part de les normes, per desenvolupar aquest treball, també hi ha limitacions com la carga màxima de rail o barra de suport (generalment entre 2-5 kg, font: IKEA).

Pel que fa els components electrònics, cal complir la norma UNE 13120/2010, tal com s'ha dit 'els materials dels productes no han d'emetre substàncies perilloses que excedeixin els nivells màxims especificats'.

3.1.2. Requisits bàsics de la cortina autoil·luminada

Recollint les informacions des tots aquells estudis anteriors i relacionat amb l'objectiu principal del projecte, es pot resumir que la cortina autoil·luminada neix a partir d'una cortina normal però afegint tecnologia de teixit intel·ligent. En concret és el teixit intel·ligent que integra la tecnologia d'informàtica i d'electrònica. Aquest producte, a part de complir funcions bàsiques d'una cortina, també pot aprofitar l'energia fotovoltaica disposada a Espanya per il·luminar i decorar la casa en un ambient fosc.

- En primer lloc es necessita un teixit de suport per formar el cos principal de la cortina, podem utilitzar directament el fil conductor en algunes trames per facilitar la integració del circuit elèctric. Teòricament, el teixit es pot teixir en un teler Jacquard per obtenir flexibilitat màxima de l'estructura però també pot teixir en el teler ordinària. Aquest teixit suport ha de tenir un pes baix i bon caient. D'aquesta manera, el pes de la cortina estarà per sota de la carga màxima del rail o barra, mantenint la seguretat i l'estètica de la cortina.
- En segon lloc, és imprescindible un material conductor com el fil conductor per connectar els components electrònics. Aquest material ha de tenir alta conductivitat elèctrica per garantir una transferència de dades i d'energia eficient. Ha de ser flexible, s'ha de poder distribuir uniformement en el teixit de base i ha de ser durable als rentats domèstics, sense variació del rendiment del producte.
- Tots els components elèctrics que s'utilitzin han de tenir resistència als rentats, excepte per alguns casos com la bateria de liti, que s'ha d'extreure abans de la neteja de la cortina.
- En el cas del component per il·luminar, la millor opció és el LED (díode emissor de llum), ja que proposa avantatges ja que té llum amb bona intensitat lluminosa (LED amb llum blanca: 85-120 lm/W), alta eficiència de transformació d'energies, llarga vida útil i ocupa molt poc espai. Però també té desavantatges com, per exemple que la seva eficiència

disminueix bruscament sota la influència de la temperatura alta. A altes temperatures genera més calor, la qual cosa que augmenta encara més la temperatura i genera un despesa extra d'energia. De manera que quan utilitzem el LED cal un bon disseny de dissipació de calor. Un altre problema és que els LEDs tenen una àrea de font de llum petita i poden ser enlluernadors quan s'utilitzin amb finalitats d'il·luminació. Per això s'ha de fer servir un disseny òptic per dispersar la font de llum.

3.1.3. El principi de funcionament de la cortina

En primer lloc, l'estructura general de la cortina autoil·luminada és similar a les cortines ordinàries. La diferència és que les cortines ordinàries no poden emetre llum per si mateixes, en canvi la cortina autoil·luminada sí. El dispositiu instal·lat sobre la tela ha d'incloure els següents components:

- el panell solar que genera electricitat;
- el sensor i els commutadors;
- el LilyPad i Arduino que processa entrada i sortida d'instruccions;
- la tela de cortina forma la base per instal·lar tots aquells components elèctrics i dona funció principal de la cortina;
- els LEDs que il·luminen i depenen de la instrucció de LilyPad;
- la bateria de liti guarda l'energia elèctrica generada per panell solar;
- altres.

El llum LED s'il·lumina automàticament per disminució de la quantitat de llum que rep el fotoresistor de la cortina. A part del fotoresistor, la cortina autoil·luminada incorpora commutadors manuals per si el consumidor no vol l'autocontrol de l'equip. També s'ha de tenir en compte que, a la cortina s'instal·laran les cèl·lules solars fotovoltaïques, que poden convertir l'energia solar fotovoltaica en energia elèctrica i emmagatzemar-la per a la il·luminació, és a dir, l'energia que alimenta la cortina és neta.

3.2. Matèries primeres

En aquest apartat es presenta una llista de les matèries utilitzades per dissenyar la cortina autoil·luminada, s'expliquen les seves informacions bàsiques i també es dona un llistat de les empreses que disposen d'aquells materials.

3.2.1. La llista de matèries primeres

- Els fils a utilitzar pel teixit base:

D'acord amb la taula 5, el polièster es considera com una bona solució, perquè és un material que es recicla fàcilment, pesa poc, té bona resistència a les arrugues, es neteja fàcil i és bastant resistent a l'abradió, a la decoloració, als rajos UVA, a les altes temperatures, als bacteris i a les floridures. Com que combina unes bones propietats, compleix el criteri d'economia circular. D'altra banda també té alguns problemes com l'alta càrrega electroestàtica, que s'embruten amb facilitat i s'origina el problema de 'Pilling' per fregaments depèn de com estigui el polièster. El problema de la carga electroestàtica es pot solucionar combinant-lo amb la fibra del cotó, i altres problemes es poden solucionar posant aprestos o acabats especials.



Figura 30. Esquerre: fibres de polièster. Dreta: fibres de cotó.

- El fil conductor d'electricitat:

A part dels fils convencionals, s'afegeix a la construcció del teixit una quantitat determinada de fil conductor en la trama, per facilitar la instal·lació del circuit posteriorment.

Perquè sigui un fil conductor d'electricitat, tal com el seu nom indica, ha de ser un material capaç de conduir l'electricitat. Normalment aquests fils es fabriquen amb material de coure, de níquel, o d'acer inoxidable. Els fils conductors són



Figura 31. Fil conductiu d'empresa Adafruit.

necessaris per realitzar els projectes en els que hi ha circuits elèctrics en el teixit, ja que tenen

la mateixa flexibilitat com un fil de cosir normal, i al mateix temps tenen bona conductivitat. Cal tenir en compte a l'hora de desenvolupar un projecte que depenent del material escollit podrem tenir més o menys resistivitat, i podrem tenir més o menys problemes de durabilitat.

- **La cel·la fotovoltaica:**

Actualment, hi ha tecnologies per fabricar cèl·lula fotovoltaica de mida petita. Per exemple, Nottingham Trent University va desenvolupar al 2018 una cèl·lula solar miniaturitzada de 3 x 1,5 mm. Amb aquesta mida és possible incorporar aquestes cèl·lules en filats i després es poden teixir. Com que les plaques estan encapsulades en una resina, tenen durabilitat en els teixits. D'acord amb les dades publicades en Techxplore per Nottingham Trent University²⁵, 200 cèl·lules miniaturitzades poden generar entre 2,5-10 volts i fins a 80 mW de potència. Aquest avanç de la tecnologia permet ampliar l'abast d'aplicacions de plaques solars, com el cas del projecte de la cortina tèxtil autoil·luminada. Aprofitant aquesta tecnologia, podem fer un teixit amb diverses unitats de les cèl·lules fotovoltaïques.

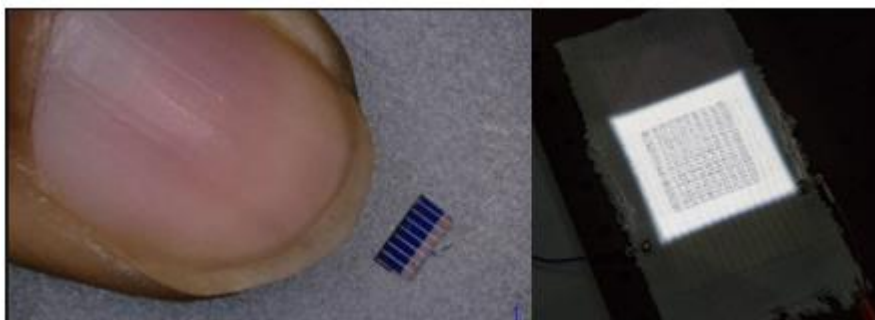


Figura 32. La cel·la fotovoltaica dissenyat per Nottingham Trent University.²²

- **La bateria d'ió liti en polímer(li-po):**

La bateria d'ió liti en polímer és un dispositiu que emmagatzema energia elèctrica generada emprant un electròlit (una solució de sals de liti en un polímer sòlid o gelatinós). De fet és una bateria recarregable que aconsegueix els ions necessaris per la reacció electroquímica reversible que tenen lloc entre el càtode i el ànode. Les propietat de les bateries li-po permeten dissenyar acumuladors segurs, lleugers, ocupant poc espai i amb qualsevol forma. A més, necessita poc manteniment i té un alt rendiment respecte les bateries de plom. En la figura 33 es pot veure una bateria de 1000mAh i 3,7V.



Figura 33. Una bateria li-po de 1000mAh 3,7V (43*25*10mm).

- **Lipo Rider v1.3²³:**

El Lipo Rider és un mòdul de potència dissenyat per la gestió de càrrega de bateria Li-po, també conté circuit impulsant. És fàcil d'utilitzar i no requereix cap programació. Pot funcionar directament quan es connecta a un circuit. El carregador incorporat pot gestionar tot el flux d'energia entre els diferents components. No es permet rentar, per tant, en aquest projecte s'ha de dissenyar amb una forma desmuntable.

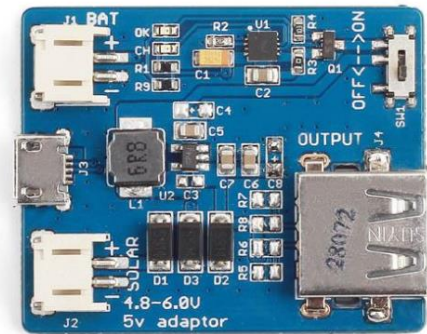


Figura 34. Placa Lipo Rider venut per empresa SeedStudio.

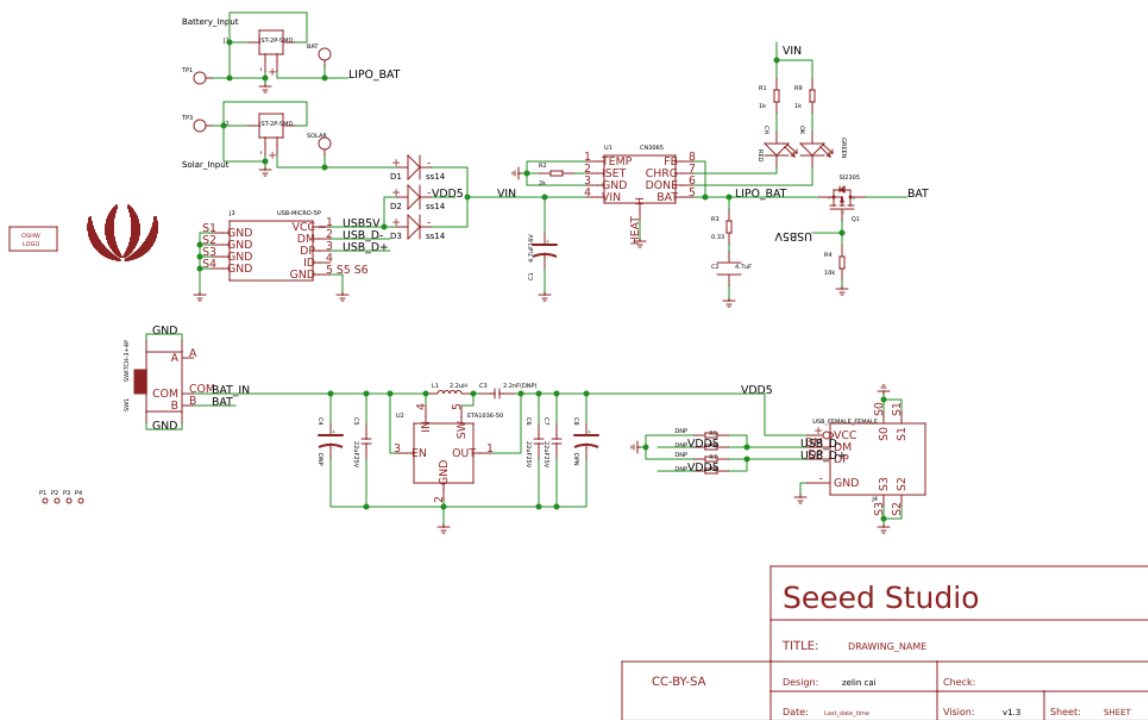


Figura 35. L'esquemàtica de la placa Lipo Rider v1.3.

- LilyPad:

La placa LilyPad és un microcontrolador ultra-compacte dissenyat per la plataforma de codi obert Arduino. La seva aplicació principal és per dissenyar projectes multidisciplinaris, particularment per desenvolupar projectes de teixits intel·ligents i portables.

Aquesta placa es pot cosir sobre el teixit, al igual que els components externs com els fonts d'alimentació, sensors i actuadors, etc. Es munten tots aquells components utilitzant el fil conductor d'electricitat per donar la interactivitat. Cal tenir en compte que el LilyPad només es pot alimentar amb connexió USB o amb una font d'alimentació externa que proporciona voltatge entre 2,7 i 5,5 volts. ²⁴

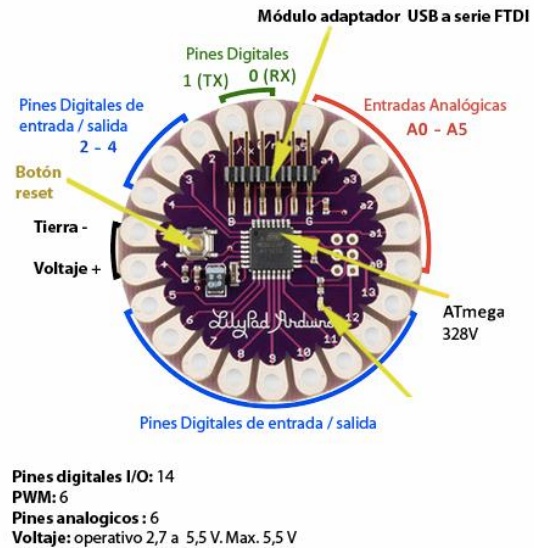


Figura 36. Esquema de entrada i sortida de la placa Lilypad ATmega328V.

Pensant en l'ús diari dels teixits, cal dir que aquesta placa i els components externs són tots rentables sota condicions determinades.

Actualment, existeix en el mercat diferents models que varien segons la seva funcionalitat. Però totes les plaques tenen entrades/sortides digitals, entrades analògiques, alimentació de terra i de voltatge i un botó de reinici com de l'esquema següent (figura 37).

Taula 12. La taula sobre les especificacions tècniques de la placa LilyPad ATmega328. ²⁴

Especificacions tècniques	
Microcontrolador	ATmega328V
Voltatge de funcionament	2.7-5.5 V
Tensió d'entrada	2.7-5.5 V
Entrades/sortides digitals	14
Canals PWM	6
Canals d'entrada analògics	6
Intensitat per corrent continua per l'entrades/sortides digitals	40 mA
Memòria Flash	16 KB
Velocitat del Relotge	8 MHz

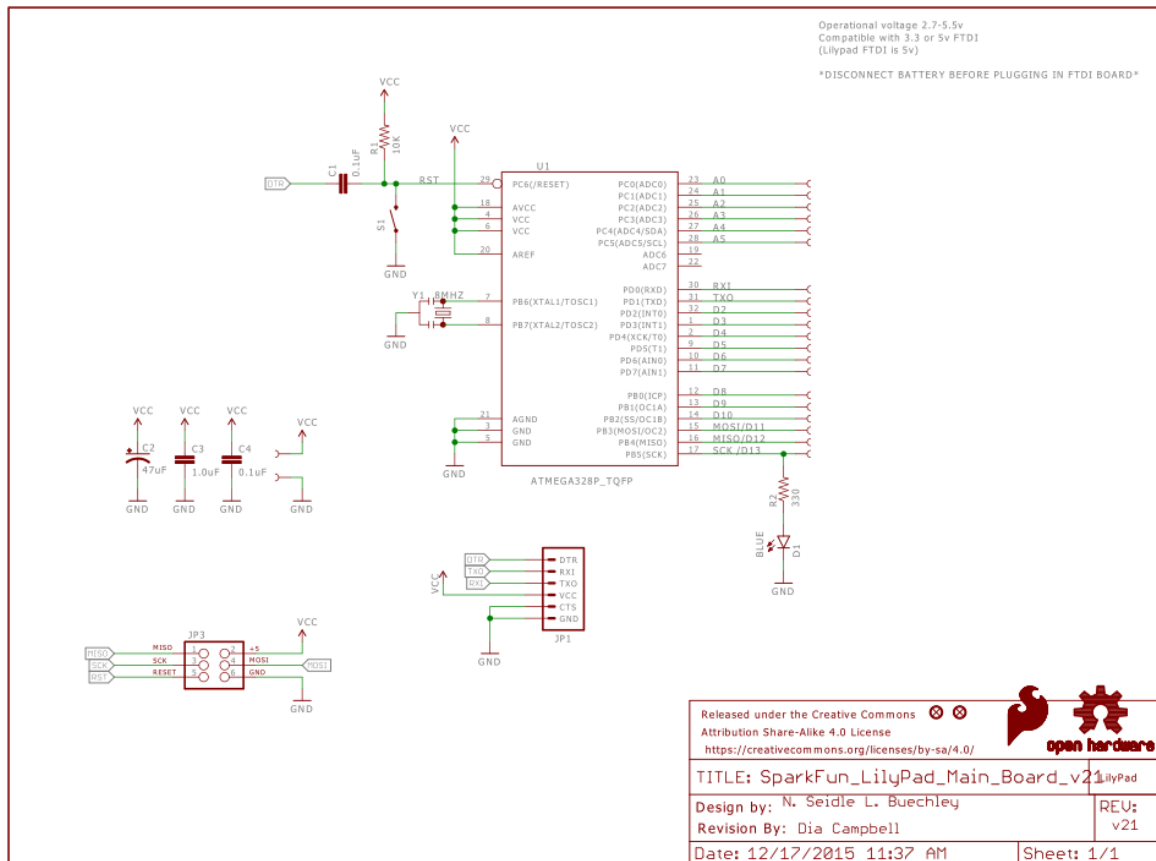


Figura 37. L'esquemàtica de la placa LilyPad ATmega 328. ²⁴

- **El fotoresistor:**

En aquest projecte de la cortina es pot instal·lar també el mòdul de sensor fotoresistor de LilyPad (LilyPad sensor de llum) per poder detectar estímuls de llum extern de la cortina. Aquest fotoresistor té una forma i un circuit intern com el que s'observa la figura 38.

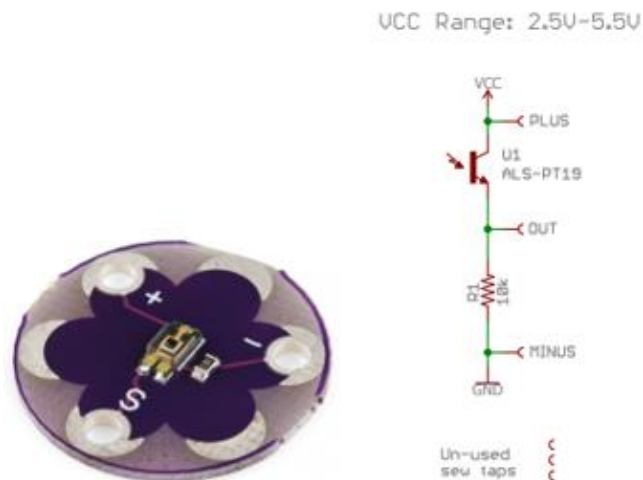


Figura 38. Un mòdul de sensor de llum amb la seva esquemàtica. ²⁴

El funcionament d'aquest component elèctric es basa en l'efecte fotoelèctric. Està fet per un semiconductor, i la seva resistència està directament relacionada amb la intensitat de la llum incident. Quan la intensitat de la llum augmenta, la resistència disminueix; quan la intensitat de la llum disminueix, la resistència augmenta. Si la llum que incideix en el fotoresistor és d'alta freqüència, el semiconductor absorbeix els fotons i dona als electrons energies suficients per deslocalitzar-se, formant forats que poden conduir l'electricitat. Llavors si la quantitat de llum que incideix augmenta, crea més electrons lliures, i així disminueix la resistència del semiconductor i condueix més electricitat.

- **Commutador (LilyPad Slide Switch):**

És un accessori simple complementari de la placa LilyPad (figura 39). Té la funció d'obrir o tancar els circuits elèctrics. S'escollirà un commutador perquè permet tenir enclavament, a diferència d'un pulsador que només permet passar el flux de la corrent elèctrica de manera instantània, és a dir, només realitza el seu treball mentre que el tingui pressionat.

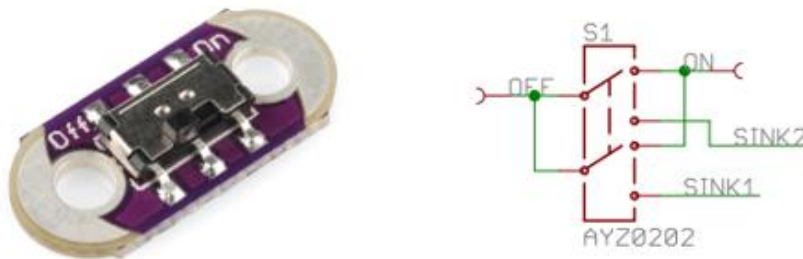


Figura 39. Un commutador de LilyPad i el seu esquemàtic. ²⁴

- **El LED:**

El LED (anglès: Light Emitting Diode) és un semiconductor que converteix la corrent elèctrica que passa pel seu xip en llum visible. En aquest projecte serà un dels components principals. S'ha de tenir en compte que per aconseguir suficient il·luminació, s'hauran d'instal·lar nombroses unitats dels LEDs.

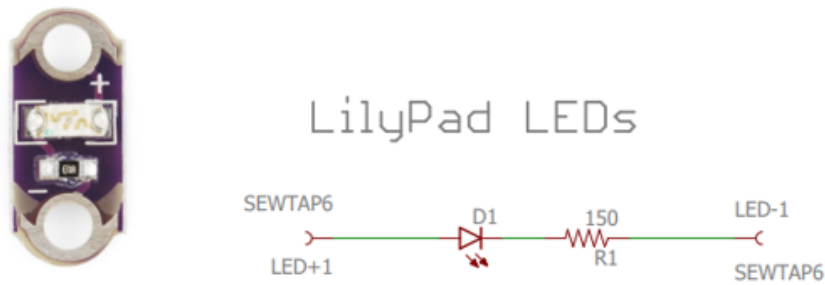


Figura 40. Un LED de color blanc de LilyPad i el seu esquemàtic.²⁴

Cal tenir en compte que ja s'estan desenvolupant fibres que contenen díode emissor de llum. Això significa que en el futur, es podria fer il·luminació amb les pròpies fibres (28). Aquesta informació va ser publicada a la revista Nature, volum 560, per un grup d'investigadors liderats per Michael Rein a l'any 2018.

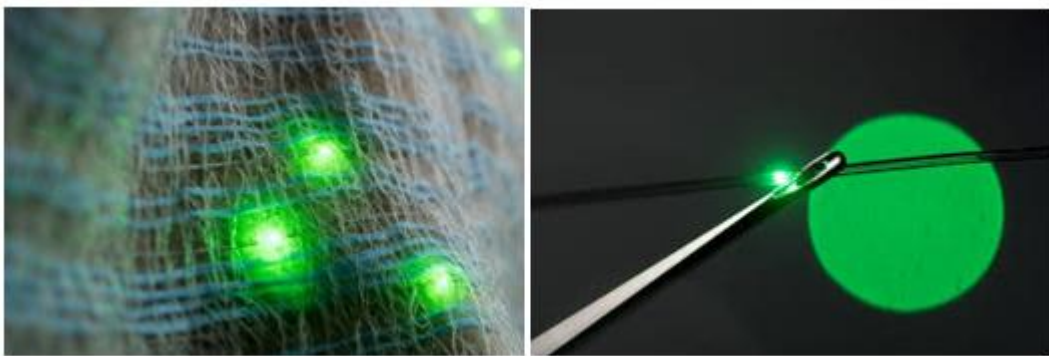


Figura 41. La fibra intel·ligent amb LED integrat. La seva finura és més petita que el forat d'una agulla.²⁵

3.2.2. La llista de proveïdors

Després de descriure tots els materials necessaris, a continuació, es presentarà un llistat dels possibles proveïdors i el cost mitjà dels materials en el cas de fer-se una gran producció del producte (taula 13).

Taula 13. Els proveïdors i els preus de cada component.

Material	Proveïdor	Cost/unitat
Teixit base:	Fil de polièster reciclat + cotó:	Fibra de polièster reciclat: 1 - 3 €/Kg
	- Hilaturas Arnau	Fibra de cotó: 0,6 - 2,5 €/Kg
	- Textil Santanderina	
	Fil conductor d'electricitat:	

	- Shieldex - Xiamen Fancy Textiles Co., Ltd	Fil conductor d'electricitat: 15 - 350 €/Kg
Cèl·lula fotovoltaica	- SolarSucceed Manufacturer Co.,Ltd	4 €/unitat
Bateria de li-po	- Seawill Technology Co., Ltd.	1,8 – 2,8 €/unitat
Lipo Rider	- Seed Studio	8,45 €/unitat
Lilypad	Model LilyPad 328V: - ATMEL Co. - Shenzhen Shengyu Electronic Co., Ltd.	6 – 22 €/unitat 1,6 - 1,8 €/unitat
Fotoresistor	- Shenzhen Sharphy Electronic Co., Ltd.	0,6 - 2 €/unitat
Commutador	- Shenzhen Efortune Trading Co., Ltd.	0,2 - 0,6 €/unitat
Led	- Shenzhen Shengyu Electronic Co., Ltd.	0,07 €/unitat

3.3. Procediment teòric per desenvolupar el teixit base

Amb estudis anteriors sobre les cortines existents, s'ha observat que generalment els teixits de cortines no tenen restriccions estrictes; excepte les que s'instal·len en espais públics. Llavors depenent de l'estil de vida, de la cultura i de la necessitat personal, pràcticament tots els teixits es poden utilitzar per fer cortines. Aquest treball consisteix a dissenyar un teixit per **una cortina convencional** per una millor adaptació del suport de la peça.

Per poder fer el teixit, en primer lloc s'analitzarà un teixit bàsic de tapisseria, a continuació se simularà gràficament l'estructura del teixit, en tercer lloc es dissenyarà un circuit elèctric de manera brodada sobre el teixit, i en últim lloc es dissenyarà el programa de funcionament amb Arduino. S'ha de tenir en compte que aquest procediment teòric és molt simplificat comparat amb un procés madur per la producció d'un bé comercial (figura 42), en el qual es presenta el control de qualitat en tots els punts.

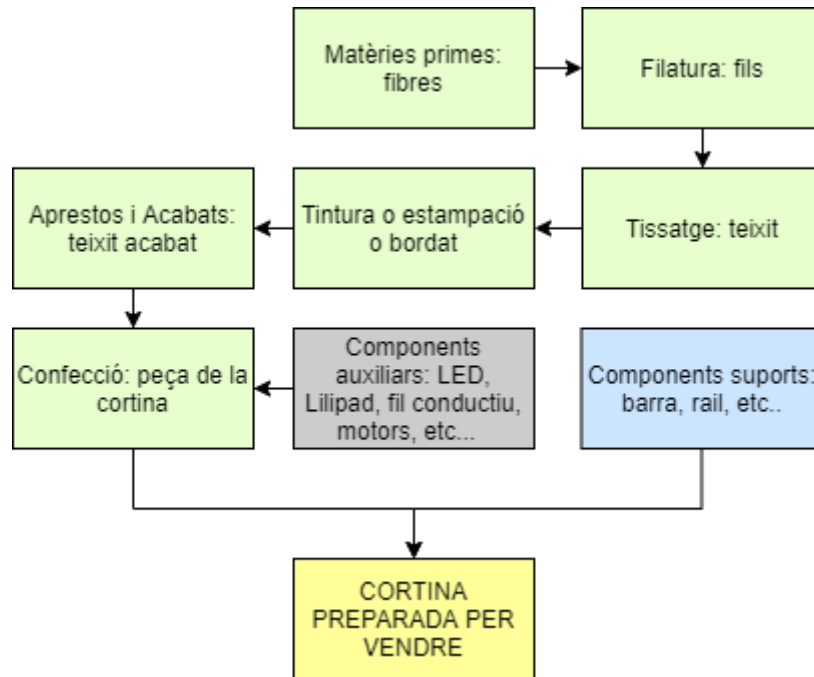


Figura 42. procés de la producció d'un béns.

3.3.1. Informacions bàsiques de la mostra de teixit

Aquest teixit (figura 43) és d'una col·lecció de l'empresa IKEA amb el nom BLÅGRAN dissenyat per Sweden AB. El seu principal ús és per fabricar la funda nòrdica, la cortina o la funda de coixí. No es pot evitar totalment el pas de la llum, però té una bona transpirabilitat gràcies al material de fabricació, el cotó.

El seu lligament format per una estructura de tafetà, és el més bàsic que existeix en el món tèxtil. I el seu esquema està a la part dreta superior de la figura 43.



Figura 43. Un tros 10 x 10cm de la mostra BLAGRAN. Per part superior dreta: esquema de l'estructura tafetà.

I la següent taula es descriuen les informacions bàsiques d'aquest teixit.

Taula 14. Les informacions bàsiques de la mostra de teixit.

	Sentit	Valor
<i>Títol del fil</i>	Ordit	48 Tex
	Trama	95 Tex
<i>Material</i>	Ordit	Cotó 100 %
	Trama	Cotó 100 %
<i>Amplada</i>	Trama	150 cm
<i>Densitat dels fils</i>	Ordit	32 fils
	Trama	12 passades
<i>Pes/m²</i>	-	230 g
<i>Pes/m lineal(150 cm)</i>	-	345 g

3.3.2. Estructura general del teixit base

Aquest treball de la cortina autoil·luminada és aplicable per qualsevol disseny, però en aquest treball és fa un estil de disseny coherent amb els components elèctrics,. Es defineix que el motiu és format per les ratlles verticals (sentit d'ordit) de color gris i blau, de manera que dona una sensació de senzillesa i elegància. I pel sentit de trama, són del mateix color, gris clar. Tots els grisos de la figura 44 i les combinacions (taula 16) dels fils grisos d'ordit i dels fils grisos clar de trama són iguals, l'única diferència està en els lligaments que s'utilitzen per a cada color de referència.

Per tenir una idea sobre com serà la superfície de la cortina, un clar exemple d'un teixit similar es pot

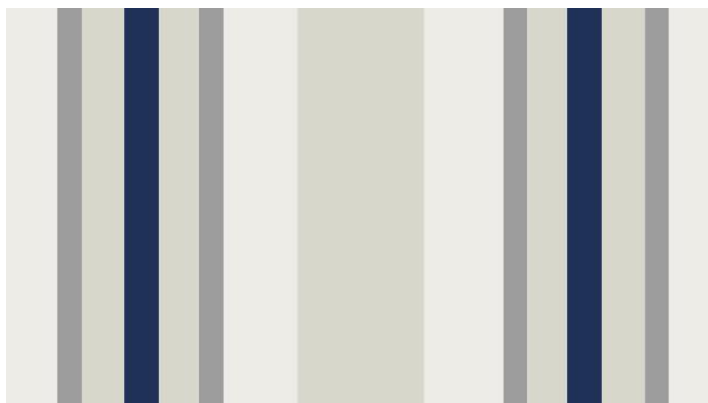


Figura 44. El disseny del motiu del teixit de base.

apreciar a la figura 45, perquè la llum reflectida sobre la superfície amb diferent lligament serà dels diferents colors que es veuen.



Figura 45. Exemple de teixit amb combinació del diferent lligament.

La taula i la figura següent mostren les disposicions dels LEDs sobre el teixit (figura 46), les relacions de color (taula 16) i les referències dels lligaments (taula 17) utilitzats al teixit.

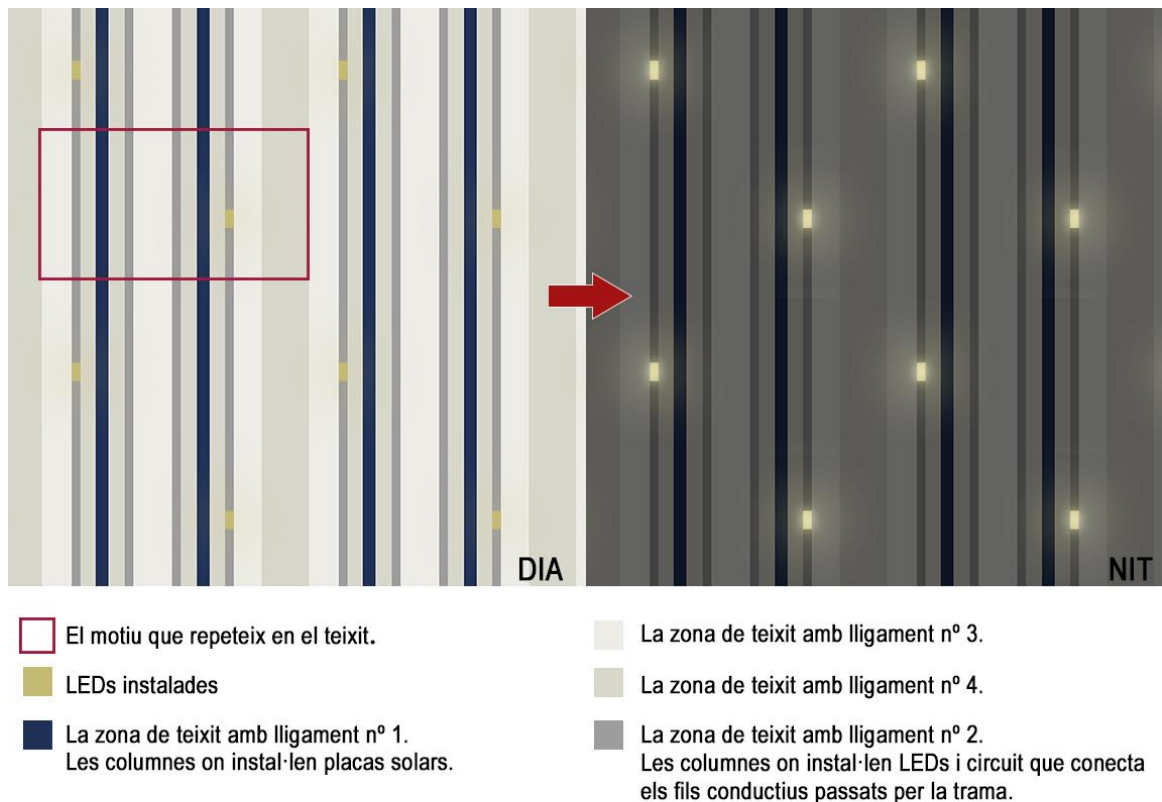


Figura 46. Esquema de la cortina autoil·luminada.

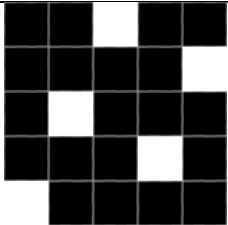
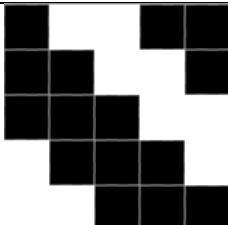
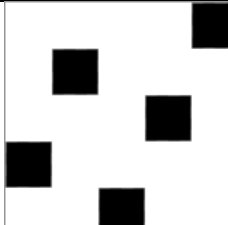
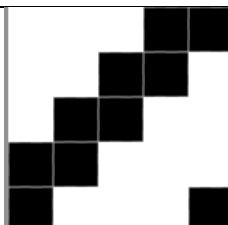
Taula 15. Les informacions bàsiques del teixit a dissenyar.

Sentit		Valor
<i>Títol del fil</i>	Ordit	63 Tex
	Trama	65 Tex
<i>Material</i>	Ordit	Cotó 30 % + Polièster 70%
	Trama	Cotó 30 % + Polièster 70%
<i>Amplada</i>	Trama	150 cm
<i>Densitat dels fils</i>	Ordit	28 fils
	Trama	25 passades
<i>Pes/m²</i>	-	230 g
<i>Pes/m lineal(150 cm)</i>	-	345 g

Taula 16. Combinació de fils d'ordit i de trama en una repetició de motiu.

Sentit	Fil	Unitat de fils				Fils totals en una repetició
Ordit	Gris clar	212		366		640
	Blau		31		31	
Trama	Gris clar	1				360

Taula 17. Taula de referència dels lligaments en cada zona.

Referències	Lligaments
n°1 blau	 <p>Satí 3e2 b 4, 1</p>
n°2 gris fosc	 <p>Sarga 2e3 b3,2</p>
n°3 gris clar	 <p>Satí 3e2 b 1, 4</p>
n°4 gris	 <p>Sarga 4e1 b2,3</p>

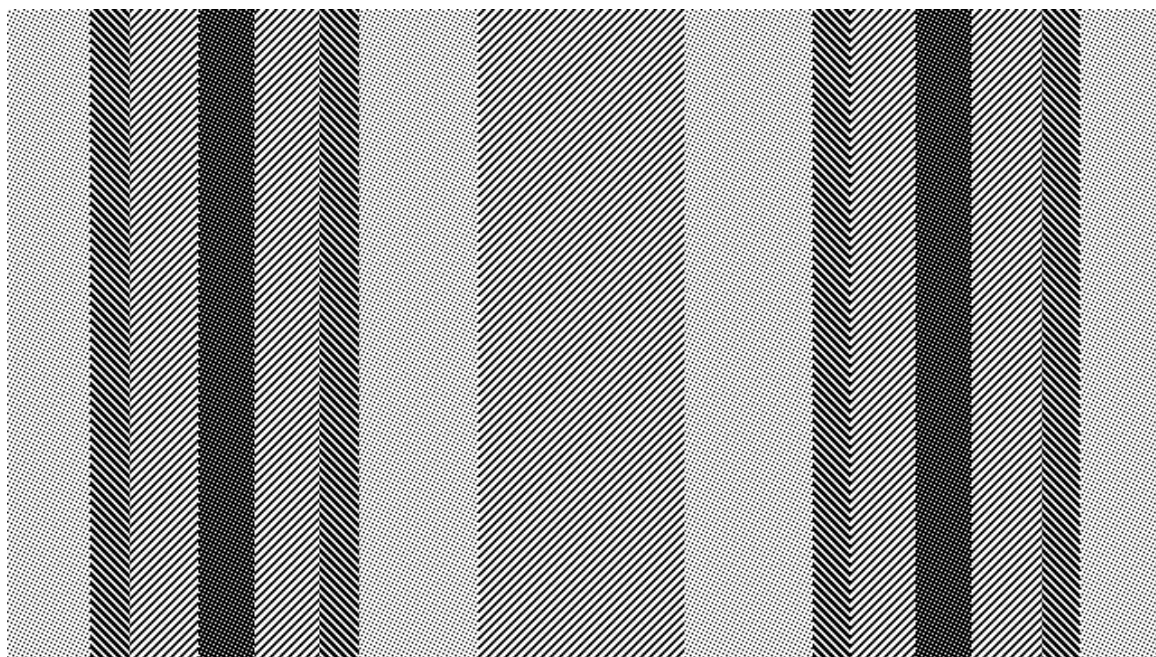


Figura 47. Lligament de teixit simulat amb Photoshop.

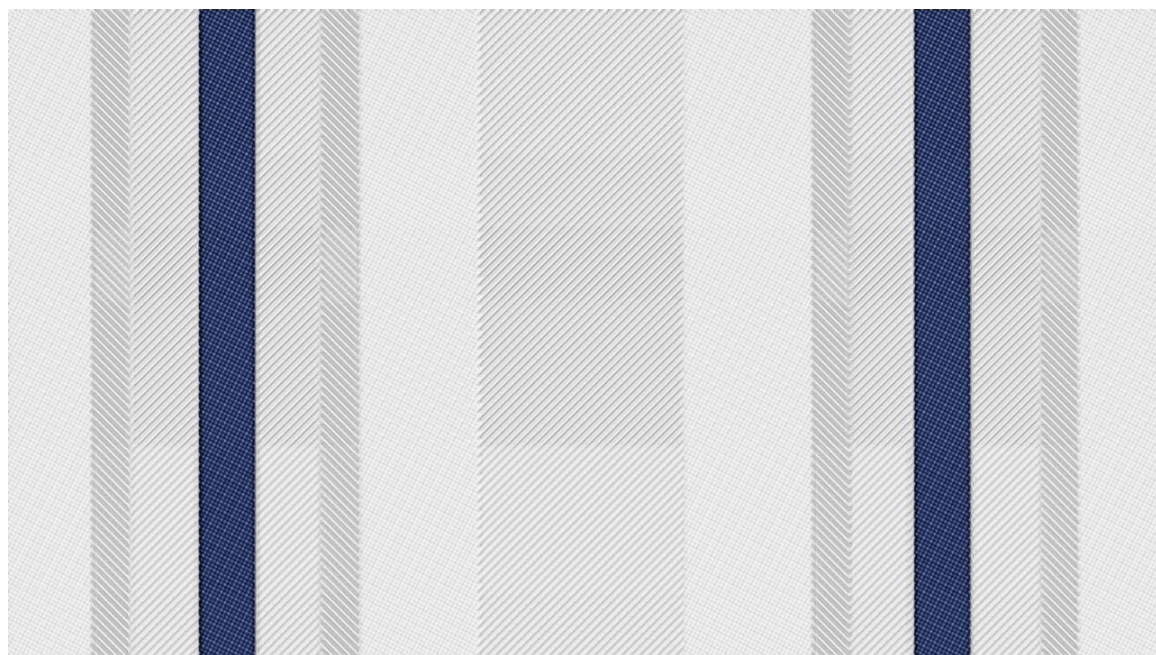


Figura 48. Teixit acabat simulat amb Photoshop.

3.3.3. El procés de funcionament i el circuit

La figura 49 és l'esquema del procés de funcionament de la cortina combinant els components elèctrics. El seu entorn exterior és la llum, controlat per microprocessadors de LilyPad, i el seu actuator són els LEDs. A part del nucli, porta un circuit de càrrega construït per tres seccions: plaques solars on es generen les energies elèctriques per evitar sobrecàrrega, i la bateria Li-po per emmagatzemar l'energia.

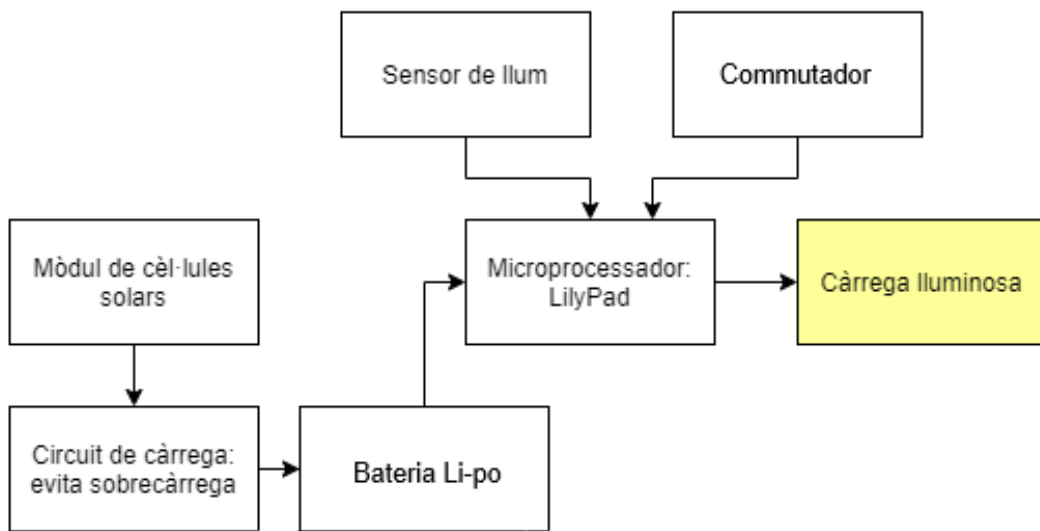


Figura 49. l'esquema de procés de funcionament de la cortina autoil·luminada.

La figura 50 representa el circuit amb tots els components necessaris. Cal remarcar que el mòdul de les cel·les fotovoltaïques i el sensor de llum se situaran a la part exterior de la cortina per on rep llum solar. La resta dels components s'hi troben a l'interior. Com s'ha dit anteriorment en els requisits que la llum emesa per LED, aquesta té una àrea petita, per això és molt convenient posar una altra capa de teixit fina com la que es pot veure en les cortines d'exemple de la figura 8 (una faldilla il·luminada dissenyat per ThinkGeek).

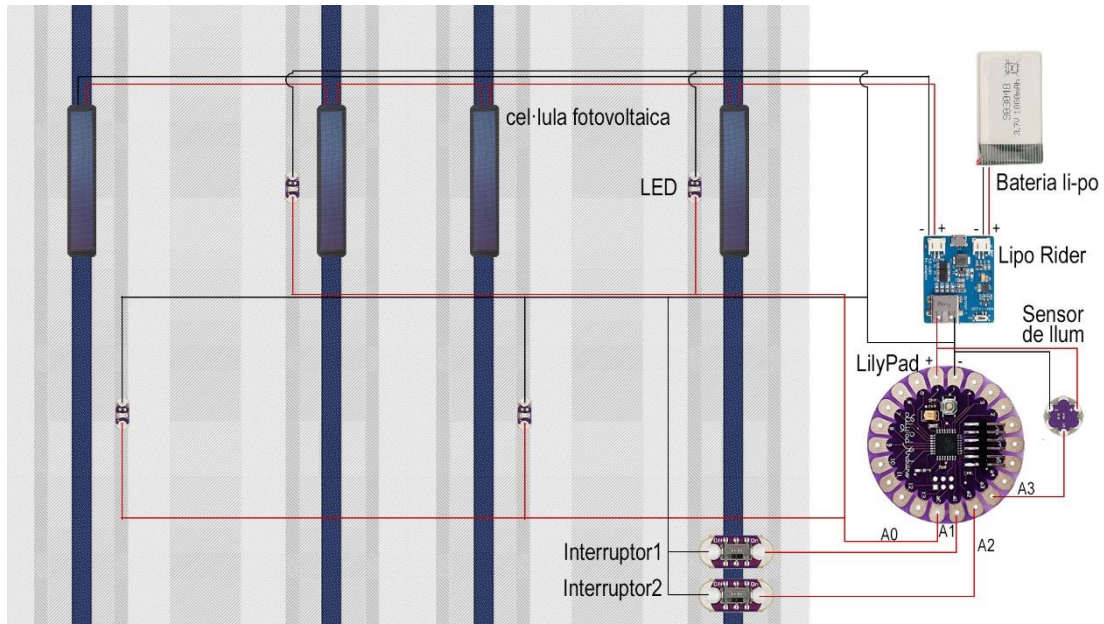


Figura 50. L'esquema de circuit només amb 4 LEDs de la cortina autoil·luminada.

3.3.4. Programació

Primer pas de la programació és fer un mapa visual on es representi clarament com ha de ser el programa. La figura 51 representa el diagrama del procés de la cortina autoil·luminada que orienta tot el funcionament del programa del projecte.

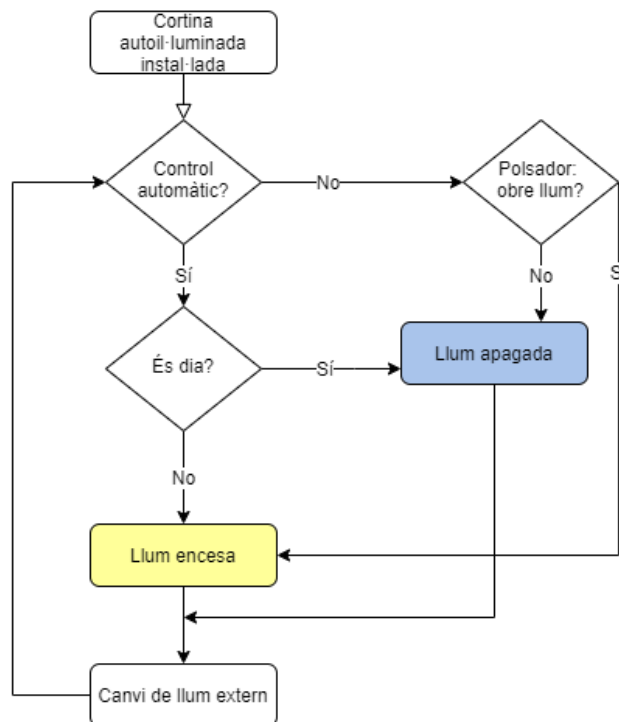


Figura 51. Diagrama de procés del funcionament.

Després per facilitar l'escriptura de codi i per enviar el codi directament a la placa del microprocessador d'Arduino es pot utilitzar un programa de codi obert que també es diu Arduino; que s'executa en sistema Windows, Mac OS X i Linux.

Per començar la programació, com es veu a la figura 51 s'han de crear variables i constants del programa (figura 52), per exemple, sensors, commutadors, LEDs i una constant que defineixi el nivell d'intensitat de llum que el programa consideri quan és de nit. A continuació, s'indiquen totes les entrades, sortides i la seqüencial del programa.

```

//crear variables per els pins que utilitzem.
//sensor de llum
int sensorPin = A3;
//interruptor 1: automàtic o no
int autoswitch = A1;
//interruptor 2: obre llum o no
int lightswitch = A2;
//la entrada de llum
int LED = A0;

// crear constant d'entrada de llum quan considera nit
const int darkLevel = 150;

void setup(){

  //iniciar els pins que utilitzem
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  pinMode(autoswitch, INPUT_PULLUP);
  pinMode(lightswitch, INPUT_PULLUP);
  pinMode(LED, OUTPUT);

  //iniciar la seqüencial
  Serial.begin(9600);

}

```

Figura 52. Codi sobre creació de variables i iniciació de la seqüencial.

En la figura 53, es representen els codis d'altres variables necessàries (també es pot veure a la figura 52), i com llegir i guardar les dates.

```
void loop() {  
  
    //crear variables per intensitat de llum  
    int lightValue;  
    int autoState;  
  
    //crear variables de posicions dels interruptors  
    int lightState;  
  
    //llegir i guardar estat dels interruptors  
    autoState = digitalRead(autoswitch);  
    lightState = digitalRead(lightswitch);  
  
    //llegir sensor d'entrada de llum desde 0 a 1023  
    lightValue = analogRead(sensorPin); |
```

Figura 53. Codi on crear, llegir i guardar les dades que falta.

Per finalitzar, es presenta el cos principal del programa (figura 54), que permet donar instrucció al circuit instal·lat. Principalment la seva idea és:

- Si la forma automàtica (commutador 1) està tancada no s'encendrà la llum si el commutador 2 està apagat. En canvi, si s'obre el commutador 2, s'encendrà la llum.
- Altrament, si la forma automàtica està oberta, depenent de la intensitat de llum que detecti el sensor de llum, s'encendrà la llum o no. (encendre la llum quan la intensitat és més petita o igual a 150 (aquesta constant està determinada en la figura 52, sabent que el sensor de llum detecta intensitat de llum entre el rang de 0 a 1023), al contrari, tancarà la llum).

```
if(autoState == LOW){ //si no obre modo automàtic  
    if (lightState == HIGH){ //si obre llum  
        digitalWrite(LED,HIGH);  
    }  
    else{ //si no obre llum  
        digitalWrite(LED,LOW);  
    }  
}  
else{ //si obre modo automàtic  
    Serial.print("Light value is:");//imprimir valor d'entrada de llum  
    Serial.println(lightValue);  
    if (lightValue <= darkLevel){ //si hi ha poc llum(més baix que el 'darkLevel')  
        digitalWrite(LED, HIGH); //obre llum  
    }  
    else{//si hi ha llum d'entrada al sensor més alt que el 'darkLevel'}  
        digitalWrite(LED, LOW); //tancar llum  
    }  
}
```

Figura 54. El cos principal del programa.

4. Anàlisi i valoració de les implicacions econòmiques

Aquesta part tracta de fer una estimació del cost del projecte tenint en compte, entre d'altres: el cost dels materials, el preu/hora de l'enginyer, el preu/hora de direcció/tutorització, etc.

4.1. Pressupost

4.1.1. Partida de material

La taula representa el cost de la partida de material per desenvolupar un prototip amb 4 LEDs instal·lada i la mida de teixit de base aproximadament igual a 45 x 30cm. Comparat amb la taula 13 s'observa que per produir un prototip és molt més car que la fabricació del producte amb gran lot.

Taula 18. Càlcul de costos per partida de material.

Ref.	u.m.	Descripció	Preu	Mesura	Import
1		Materials			62,84 €
1.1	m	Teixit polièster + cotó	6 €/m	1 m	6 €
1.2	u.	Cel·la fotovoltaica	5 €/u.	4 u.	20 €
1.3	u.	Bateria de li-po	2,8 €/u.	1 u.	2,8 €
1.4	u.	Lipo Rider v1.3	8,45 €/u.	1 u.	8,45 €
1.5	u.	Lilypad ATmega328	14,20 €/u.	1 u.	14,20 €
1.6	u.	Fotoresistor	3,11 €/u.	1 u.	3,11 €
1.7	u.	Commutador	1,55 €/u.	2 u.	3,10 €
1.8	u.	Led	0.52 €/u.	4 u.	2,08 €
1.9	4.	Fil conductor	3,1 €/u. (10 metres)	1 u.	3,1 €
<i>Nota:</i> u.m. unitat de mesura					

4.1.2. Partida d'execució per contracta

Taula 19. Càlcul de costos d'execució per contracta.

Ref.	u.m.	Descripció	Preu	Mesura	Import
2		Autor			14.880,00 €
2.1	h	Recerca d'informació prèvia	24 €/h	160 h	3.840,00 €
	h	Determinació dels requeriments del projecte.	28 €/h	70 h	1.960,00 €
	h	Recerca de materials primes i el desenvolupament teòric del producte.	28 €/h	210 h	5.880,00 €
2.2	h	Redacció de la memòria	20 €/u.	160 h	3.200,00 €

3		Tutor/a o director/a			2.320,00 €
3.1	h	Tutorització de la feina	58 €/h	40 h	2.320,00€
<i>Nota:</i> u.m. unitat de mesura					

4.1.3. Pressupost global

Taula 20. Sumatori de cadascuna de les partides anteriors.

Ref.	Descripció	Import
1	Materials	62,84 €
2	Autor	14.880,00 €
3	Tutor/a o director/a	2.320,00 €
	Preu total	17.262,84 €

El cost total per desenvolupar el projecte seria aproximadament 17262,84 €.

5. Anàlisi i valoració de les implicacions ambientals

Durant un llarg termini l'ésser humà ha comportat danys ambientals perquè simplement persegueix el creixement econòmic. De fet han aparegut diverses crisis ambientals, i la gent s'adona que el desenvolupament econòmic està restringit per la capacitat ambiental.

Avui dia, quan es parla sobre implicacions ambientals generalment es relaciona amb el desenvolupament sostenible, és a dir, un model de desenvolupament de manera que protegeixi el medi ambient i satisfaci les necessitats de la generació actual, alhora que no perjudiqui les necessitats de les generacions futures. Tot i que el desenvolupament sostenible es deriva de problemes de protecció del medi ambient, aquesta teoria combina els problemes ambientals amb els temes de desenvolupament i s'ha convertit en una estratègia global que es constitueix per tres dimensions: ambiental, social, econòmica.

A continuació es descriu detalladament aquestes dimensions de desenvolupament sostenible pel cas de la cortina autoil·lumina:

- **Dimensió ambiental:** Per un costat, el projecte contribueix a la millora del medi ambient pel seu propi material del producte, perquè s'utilitzen materials reciclats. Per l'altre costat, aquest producte utilitza una energia renovable, i pot generar energia per ell mateix quan rep llum solar.

- **Dimensió social:** La cortina autoil·luminada permet que una habitació tingui una nova font d'il·luminació nocturna sense haver de tenir prèviament un endoll reservat, d'aquesta manera permet ajudar a la gent gran quan s'aixequi a la nit, millora el seu nivell de la vida i evita possibles caigudes per la reducció de la vista. A més a més, la idea de combinar la llum i la cortina ajuda a la persona a tenir un espai menys farcit. Simultàniament, amb l'ús d'energia solar, estalviarà un part de diners per la factura de llum.
- **Dimensió econòmica:** si en un futur hi ha possibilitat que aquest projecte es pugui industrialitzar, això significaria la creació de noves oportunitats de treball, tant per les empreses que es dediquin a la fabricació de teixits com els distribuïdors que venguin el producte.

En definitiva, la cortina autoil·luminada, és convenient, ja que s'adapta a l'estil de vida actual de la societat i permet una reducció del cost de l'electricitat a la factura mensual i aquest fet pot ser de molta ajuda per les famílies amb problemes econòmics. A més a més, s'ajusta al concepte ecològic, és a dir, segueix la nova moda de ser sostenible i intenta tenir cura del medi ambient.

6. Conclusions

En aquest apartat, es fa una llista de les conclusions estretes durant la realització del present treball final de grau.

- Des de la planificació inicial del projecte de la cortina autoil·luminada fins al final del treball hi han hagut petites modificacions degut a la tecnologia existent i la falta d'informació. No obstant això s'ha arribat al nivell de qualitat del treball que s'esperava al principi.
- Amb la realització d'aquest treball es comença a tenir una nova visió sobre el món del tèxtil, és a dir, el descobriment d'un món més ampli i les diferents aplicacions que té el tèxtil, també les diferents recerques amb noves tecnologies que es porten a terme per millorar la funció dels teixits i així adaptar-se a la demanda de la societat.
- Energèticament, la cortina autoil·luminada no satisfà només l'energia que requereix la cortina, sinó que quan hi ha bona il·luminació del sol, fins i tot pot tenir l'energia addicional per carregar el telèfon mòbil entre altres a través del USB del Lipo Rider.
- Respecte el teixit base que s'utilitzarà, falta analitzar les seves propietats per determinar si a la vida real és la opció òptima per fabricar la cortina autoil·luminada. Això també es considera com un punt a millorar d'aquest treball en el futur.
- D'acord amb la propietat del teler Jacquard, cal anar modificant el disseny del lligament, el motiu del teixit perquè en alguns casos pot presentar ruptures de fil causat per les tensions sotmeses pel canvi de densitat entre les zones amb els diferents dissenys.
- Inicialment no es va tenir en compte que el pressupost seria així d'elevat per desenvolupar un projecte i per fabricar el seu prototip. Caldria reduir els costos per poder fabricar aquest producte.
- A causa de la situació actual i el confinament no s'ha pogut tenir accés a les màquines ni laboratoris per desenvolupar un prototip per aquest projecte. Degut a això, no pot aportar un feedback per enriquir el projecte. S'intentarà en un futur crear un prototip i provar el seu funcionament.
- Per finalitzar, s'ha tingut en compte tots els temaris impartits a la universitat i la seva utilitat per poder dur a terme aquest projecte. A més a més, la metodologia que s'ha anat aprenent i emprat en el projecte ha sigut una gran ajuda pel futur treball.

7. Planificació i programació del treball futur proposat

Aquest projecte, tal com s'ha vist, només tracta de desenvolupar un producte a nivell teòric, no es desenvolupa a nivell pràctic. Per tant, en primer lloc convé recalcar un altre cop que és una pena de no haver pogut fer projecte en l'àmbit pràctic. Llavors, la següent planificació serà ampliar el projecte i fer el prototip de la cortina, millorar el seu funcionament i donar-li més propietats.

Així mateix, s'espera que la idea d'aquest projecte sigui aplicable en qualsevol lloc on hi hagi teixit industrial tèxtil, i donar eines perquè els tèxtils intel·ligents siguin d'igual ús en el sector tècnic, mèdic o domèstic, ja que la gran part de la recerca sobre els teixits intel·ligents estan concentrats en usos concrets i tècnics, però convé obrir un mercat de teixit intel·ligent domèstics, millorar la vida quotidiana de la població i aportar més satisfacció. Per exemple, es pot dissenyar un coixí que reproduïxi la música hipnòtica per deixar que les persones amb insomni dormin bé; dissenyar gespa artificial que s'il·lumina per ella mateixa; o bé una cortina que aporta la funció d'autocontrol de la temperatura, reduint així la utilització de l'aire acondicionat, etc...

Bibliografia

1. Bobeck, M. Malin Bobeck Tadaa. Available at: <https://www.malinbobeck.se/>. (Accessed: 6th February 2020)
2. JieQi. PuGongYingTu. Available at: <https://vimeo.com/40904471%0A>. (Accessed: 6th February 2020)
3. Larsen, K. LilyPad Arduino Sensor Mat. (2014). Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=h84Y3rNPm2Y>. (Accessed: 14th February 2020)
4. ThinkGeek. Twinkling Stars Skirt. (2016). Available at: <blob:https://www.youtube.com/96c640e6-16fc-4b03-9f18-56e76e3622f2>. (Accessed: 6th February 2020)
5. Ávila, M. E. Tipos de cortina. (2019). Available at: <https://www.labiciazul.es/tipos-cortinas/>. (Accessed: 22nd March 2020)
6. Zhang, X. 论窗帘在居室空间中的作用. *North. Lit.* 44–45
7. Chen, C. 窗帘的实用性和装饰性漫谈. *J. Text. Res.* **12**, 343–344 (1991).
8. Molla feta amb material intel·ligent. (2007). Available at: <http://cienciamestral.blogspot.com/2007/03/materials-intelligents-smart-materials.html>. (Accessed: 22nd April 2020)
9. Jie, B. A. I. Classifications and applications of smart textiles. *Wool Text. J.* **47**, 79–83 (2019).
10. Zhang, Y. A review of smart textile and its applications in different fields. *Text. Dye. Finishing J.* **39**, 2–5 (2017).
11. OMNI-Freeze Zero. Available at: <https://www.columbiasportswear.es/ES/c/technology-omnifreezero>. (Accessed: 4th May 2020)
12. Grado Zero Espace. Available at: <http://www.gzespace.com/>. (Accessed: 4th May 2020)
13. Suncolours. Available at: <http://suncolours.es/ejemplos/>. (Accessed: 15th April 2020)
14. Mitsubishi International Corporation. DiaPLEX. Available at: <https://www.mcf.co.jp/en/service/diaseries/diaplex.html>. (Accessed: 15th April 2020)
15. China Textile Leader. (2016). Available at: <http://www.texleader.com.cn/>. (Accessed: 28th April 2020)

16. Sánchez Martín, J. R. Los tejidos inteligentes y el desarrollo tecnológico de la industria textil. *Técnica Ind.* 268 38–45 (2007).
17. Luo, Y. The Newest Development of Functional Fibers and Smart Textiles. *Hi - Tech Fiber Appl.* **1**, 1–17 (2019).
18. Yang, C. & Li, L. Integration of soft intelligent textile and functional fiber. *J. Text. Res.* **39**, 161–169 (2018).
19. GOOGLE. LEVI'S® TRUCKER JACKET WITH JACQUARD™. 2019 Available at: https://www.levi.com/US/en_US/blog/article/levis-trucker-jacket-with-jacquard-by-google/. (Accessed: 15th April 2020)
20. World Bank Group. Solar resource maps and GIS data. Available at: <http://solargis.com/products/maps-and-gis-data/free/overview/>. (Accessed: 1st May 2020)
21. AENOR. Available at: <https://portal-aenormas-aenor-com.recursos.biblioteca.upc.edu/aenor>. (Accessed: 8th May 2020)
22. University, N. T. Flea-sized solar panels embedded in clothes can charge a mobile phone. (2018). Available at: <https://techxplore.com/news/2018-12-flea-sized-solar-panels-embedded-mobile.html>. (Accessed: 12th February 2020)
23. Lipo Rider V1.3. Available at: https://wiki.seedstudio.com/Lipo_Rider_V1.3/. (Accessed: 30th May 2020)
24. Sparkfun. Available at: <https://www.sparkfun.com/>. (Accessed: 5th April 2020)
25. Michael, R. *et al.* Diode Fibres for Fabric-Based Optical Communications. *Nature* **560**, 214–218 (2018).

Índex de figures

Figura 1. Estructura de la descomposició del projecte.	12
Figura 2. Diagrama de Gantt.	15
Figura 3. Sala d'estar amb la cortina autoil·luminada.	17
Figura 4. Liquid Light From Malin Bobeck. ¹	17
Figura 5. Interactive Light Painting: Pu Gong Ying Tu From JieQi. ²	18
Figura 6. Circuit dins de la manta elèctrica.	18
Figura 7. LilyPad Arduino que interacciona amb ambient extern. ³	18
Figura 8. Multicapa d'una faldilla per aconseguir llum difusa By ThinkGeek. ⁴	19
Figura 9. Pintura de Giovanni Battista Pittoni: Clemencia de Escipión(1737).	20
Figura 10. Cortines i cortinetes convencionals de marca IKEA.....	21
Figura 11. Estor plegable de marca IKEA.....	22
Figura 12. Estor enrotllable intel·ligent de marca IKEA.....	22
Figura 13. Panel japonès de marca IKEA.	23
Figura 14. Veneciana de l'alumini de marca Cortinadecor.....	23
Figura 15. Cortines verticals de marca Cortinadecor.	23
Figura 16. Prisades SCHOTTIS de marca IKEA.	24
Figura 17. La imatge mostra una molla de Nitinol deformada, però recupera la seva forma original amb una aportació de calor.....	29
Figura 18. Camiseta de manga curta Zero Rules™ de la empresa OMNI Freeze. ¹¹	33
Figura 19. Esquema esquemàtic del mecanisme molecular d'efecte de memòria de forma induïda tèrmicament.	34
Figura 20. Roba Oriccalco de la empresa Grado Zero Space. ¹²	35
Figura 21. Fils fotogròmics.....	35
Figura 22. Samarreta estampat per pigment fotogròmic de la empresa Suncolors. ¹³	37
Figura 23. Forma de gota d'aigua sobre teixit impermeable i transpirable intel·ligent de Diaplex.	38
Figura 24. El principi bàsic de treball dels tèxtils intel·ligents amb tecnologia d'informació i d'electrònica. ¹⁵	39
Figura 25. Levi's® Commuter™ Trucker Jacket with Jacquard™ by Google. ¹⁹	41
Figura 26. Principi bàsic de treball de transformació d'energia solar fotovoltaica.....	42
Figura 27. Distribució d'espectre de radiació solar sense i amb absorció per l'atmosfera (al cim de atmosfera i a l'altura del mar).	42
Figura 28. Camps mitjans d'irradiància global per a Espanya [1994-2018].	44

Figura 29. Camps mitjans d'irradiància global per a Europa [1994-2016].....	44
Figura 30. Esquerre: fibres de polièster. Dreta: fibres de cotó.....	52
Figura 31. Fil conductiu d'empresa Adafruit.	52
Figura 32. La cel·la fotovoltaica dissenyat per Nottingham Trent University. ²²	53
Figura 33. Una bateria li-po de 1000mAh 3,7V (43*25*10mm).....	54
Figura 34. Placa Lipo Rider venut per empresa SeeedStudio.....	54
Figura 35. L'esquemàtica de la placa Lipo Rider v1.3.....	55
Figura 36. Esquema de entrada i sortida de la placa LilyPad ATmega328V.....	55
Figura 37. L'esquemàtica de la placa LilyPad ATmega 328. ²⁴	57
Figura 38. Un mòdul de sensor de llum amb la seva esquemàtica. ²⁴	57
Figura 39. Un commutador de LilyPad i el seu esquemàtic. ²⁴	58
Figura 40. Un LED de color blanc de LilyPad i el seu esquemàtic. ²⁴	59
Figura 41. La fibra intel·ligent amb LED integrat. La seva finura és més petita que el forat d'una agulla. ²⁵	59
Figura 42. procés de la producció d'un béns.	61
Figura 43. Un tros 10 x 10cm de la mostra BLAGRAN. Per part superior dreta: esquema de l'estructura tafetà.	61
Figura 44. El disseny del motiu del teixit de base.....	62
Figura 45. Exemple de teixit amb combinació del diferent lligament.	63
Figura 46. Esquema de la cortina autoil·luminada.....	63
Figura 47. Lligament de teixit simulat amb Photoshop.	66
Figura 48. Teixit acabat simulat amb Photoshop.	66
Figura 49. l'esquema de procés de funcionament de la cortina autoil·luminada.	67
Figura 50. L'esquema de circuit només amb 4 LEDs de la cortina autoil·luminada.	68
Figura 51. Diagrama de procés del funcionament.	68
Figura 52. Codi sobre creació de variables i iniciació de la seqüencial.....	69
Figura 53. Codi on crear, llegir i guardar les dades que falta.	70
Figura 54. El cos principal del programa.	70

Índex de taules

Taula 1. Explicacions sobre activitats requerides per desenvolupar el projecte.	12
Taula 2. Identificació de les relacions de dependència.	14
Taula 3. Funcions principals d'una cortina.....	25
Taula 4. Propietats principals d'una cortina. ⁷	26

Taula 5. Materials principals per fabricar la cortina.....	27
Taula 6. Les tecnologies de producció de components electrònics basada en tèxtil. ¹⁸	40
Taula 7. Energia fotovoltaica acumulada per diferents països europeus en watts per càpita.	45
Taula 8. Propietats del material. ²¹	47
Taula 9. Propietats del material opcionals. ²¹	48
Taula 10. Propietats del material addicionals per les tapes mòbils. ²¹	48
Taula 11. Altres paràmetres.....	49
Taula 12. La taula sobre les especificacions tècniques de la placa LilyPad ATmega328. ²⁴	56
Taula 13. Els proveïdors i els preus de cada component.....	59
Taula 14. Les informacions bàsiques de la mostra de teixit.....	62
Taula 15. Les informacions bàsiques del teixit a dissenyar.	64
Taula 16. Combinació de fils d'ordit i de trama en una repetició de motiu.....	64
Taula 17. Taula de referència dels lligaments en cada zona.....	65
Taula 18. Càlcul de costos per partida de material.....	71
Taula 19. Càlcul de costos d'execució per contracta.....	71
Taula 20. Sumatori de cadascuna de les partides anteriors.	72