

# Experiències dinàmiques generades per funcions sensorials obtingudes gràcies a un disseny guiat per materials intel·ligents

Els materials es poden considerar la interfície d'un producte, ja que mitjan- cen entre l'usuari, l'entorn i l'objecte (Karana, Pedgley i Rognoli 2014). Ca- racteritzen el món físic i generen un flux constant d'interaccions sensorials. En aquesta època de producció en massa, els enginyers i els dissenyadors gaudeixen d'una posició privilegiada que els permet utilitzar les oportuni- tats que ofereix el desenvolupament de materials i aplicar-les de manera creativa per provocar experiències significatives en els usuaris.

El dinamisme està considerat una experiència de materials molt prometedora perquè crea interaccions significatives i, com a conseqüència, afecció de l'usuari al producte (Rognoli, Ferrara i Arquilla 2016). Els pro- ductes dinàmics són aquells que ofereixen prestacions sensorials que can- vien amb el temps de manera proactiva i reversible, que activen una o més modalitats sensorials en l'usuari i que volen millorar la seva experiència (Colombo 2016). Els materials intel·ligents es podrien considerar els millors candidats per oferir experiències dinàmiques. Reaccionen a estímuls ex- terns, com ara la pressió, la temperatura o els camps elèctrics, i modifiquen algunes de les seves propietats com ara la forma o el color. Són capaços de detectar l'entorn i respondre-hi i també d'exercir un control actiu de la seva resposta (Addington i Schodek 2004). A diferència del que passa amb els materials tradicionals, entendre els materials intel·ligents comporta una complexitat tècnica afegida. L'objectiu d'aquest estudi és explicar com s'ha aplicat el mètode de disseny guiat pel material (MDD, Material Driven De- sign) (Karana et al. 2015) i analitzar un conjunt de deu projectes, agrupats en cinc casos d'estudi, que han desenvolupat estudiants d'ELISAVA en els tres últims anys per millorar la implementació de l'esmentat mètode. Ser- vint-nos dels casos d'estudi hem analitzat els canvis que es produeixen a les funcions sensorials utilitzant un mapa proposat per Sara Colombo (2016). L'estudi compara els diferents projectes i mostra com les diferents propie- tats dels materials intel·ligents invoquen els aspectes sensorials.

Els cinc casos d'estudi han integrat els materials intel·ligents a prototips funcionals de diferents camps d'aplicació, com ara la sanitat, l'emmagatzematge d'energia o la moda. Hem vist que l'experiència de l'usuari era el resultat de només tres modalitats sensorials (so, vista i tacte), amb predomini de la vista com a percepció sensorial. Aquest es- tudi vol ser un trampolí per a altres estudiosos que estiguin interessats en el disseny de productes dinàmics amb materials intel·ligents.

MARTA GONZÁLEZ-COLOMINAS  
Elisava, Escola Universitària de Disseny i Enginyeria  
de Barcelona

PARAULES CLAU  
Experiència dinàmica; materials intel·ligents; mapa  
sensorial; afecció al producte.

COM CITAR  
González-Colominas, Marta. 2018. "Experiències  
dinàmiques generades per funcions sensorials obtingudes  
gràcies a un disseny guiat per materials intel·ligents"  
[Dynamic experiences generated by sensory features  
through smart material driven design]. *Temes de disseny*  
34: 46-57.

Actualment la funcionalitat d'un producte no és l'únic factor que determina el consum. La seva faceta intangible cada cop genera més interès (Karana, Hekkert i Kandachar 2009). Els investigadors han demostrat que una connexió emotiva entre l'usuari i el producte augmenta l'afeció del primer al segon (Ceschin i Gaziulusoy 2016). Diversos autors han proposat estratègies de disseny per estimular l'afeció al producte (Chapman 2005; Ceschin i Gaziulusoy 2016). Els materials poden fer que l'experiència de l'usuari sigui agradable o desagradable (Jordan 2002), ja que tenen característiques morfològiques com ara la funció, l'expressió i l'estructura.

El terme "experiència de materials" s'utilitza per indicar que els materials condicionen les nostres experiències i hi influeixen activament amb i mitjançant els materials (Karana, Pedgley i Rognoli 2014). Conceptualitzar una aplicació material significativa requereix un acurat coneixement de les qualitats experiencials (Karana et al. 2015). L'explicació de l'experiència de materials es basa en la idea que la interacció mútua entre el producte i l'usuari crea l'experiència particular de material (Giaccardi i Karana 2015).

El dinamisme està considerat una experiència de material prometedora perquè crea adhesió entre l'usuari i el producte i entre el dissenyador i el producte (Rognoli 2015). Els productes dinàmics són els que presenten propietats sensorials (visuals, tàctils, auditives i olfactivas) que canvien (de manera reversible) amb el temps i que pretenen millorar l'experiència de l'usuari (Colombo 2016). Tradicionalment, els productes han tingut una aparença estàtica, però el dinamisme trenca la monotonia de la relació que se sol establir entre l'usuari i el producte (Rognoli 2015). La nostra primera interacció amb els materials es produeix a nivell sensorial. En un primer moment les experiències emocionals es desencadenen a causa d'estímuls sensorials i aquest component sensorial de l'experiència és inevitable (Giaccardi i Karana 2015). Tal com propugna Sara Colombo (2016), els productes dinàmics s'han de realitzar amb atenció. Una gran quantitat de productes dinàmics provocaria una sobrecàrrega sensorial desconcertant.

Molt pocs investigadors han estudiat els productes dinàmics d'interfícies que canvien de forma. El treball de Sean Follmer i els seus col·laboradors (Follmer et al. 2013) tracta la possibilitat d'utilitzar canvis dinàmics de formes en pantalles accionades. Hyunyoung Kim i els seus col·laboradors (Kim, Coutrix i Roudaut 2018) han analitzat un conjunt de 82 objectes quotidians reconfigurables per estudiar com podrien inspirar el disseny d'interfícies reconfigurables. Per als autors els objectes reconfigurables són aquells que fusionen reconfiguracions i prestacions de formes canviant. Un objecte de forma canviant és un objecte dinàmic les prestacions visuals i/o tàctils del qual canvien. Tanmateix, a l'estudi que ens ocupa, el terme objecte dinàmic no es limita al canvi de forma; inclou tots els objectes que canvien les seves prestacions sensorials, com per exemple els canvis de color, llum o temperatura.

Els materials intel·ligents tenen un paper important en els productes dinàmics gràcies a la seva capacitat de transformar l'energia, d'adaptar-se a l'entorn i/o de canviar

les seves propietats com a resposta a estímuls externs. A més de la seva funció passiva, provoquen una reacció activa, com el canvi de forma o de color (Ritter 2007; del Corral et al. 2016).

Els avenços tecnològics, en combinació amb els materials intel·ligents, estan canviant la manera de concebre i de dissenyar la interacció entre productes i usuaris. El desig de més sistemes i productes automàtics i l'augment en la demanda de fonts d'energia (Ritter 2007) han fet necessaris el desenvolupament i l'aplicació de materials intel·ligents. Les seves noves i imprevistes propietats tenen un gran potencial per sorprendre i generar interès i atracció, si s'utilitzen en el context adequat (Rodríguez 2014). Una reacció de sorpresa pot ser beneficiosa per al dissenyador perquè pot cridar l'atenció de la gent i pot resultar una bona estratègia de diferenciació de producte que permeti destacar-ne un per sobre dels altres (Derbaix i Vanhamme 2003). Els beneficis per a l'usuari són que pot aprendre alguna cosa nova sobre el producte i que la sorpresa fa que sigui més interessant interactuar-hi.

La complexitat tècnica afegida dels materials intel·ligents implica que no n'hi ha prou amb la imatge del material i el seu full tècnic perquè els dissenyadors els utilitzin. Els dissenyadors haurien de ser conscients de l'impacte que les prestacions sensorials tenen en l'experiència de l'usuari. Malgrat això, sembla que hi ha una manca d'atenció cap als aspectes sensorials de la interacció usuari-producte en l'educació de disseny de producte. Aquesta manca d'atenció es produeix quan l'educació està més orientada als aspectes tècnics del disseny (Colombo i Rampino 2013). Molts estudiosos del disseny destaquen la importància de l'aprenentatge empíric com a ajuda per entendre els materials intel·ligents (Barati, Karana i Foole 2017; Barati, Giaccardi i Karana 2018).

L'aparició de nous materials fa que els enginyers de disseny estiguin posant a prova contínuament la seva capacitat de seleccionar materials. És molt difícil estandarditzar les propietats dels materials intel·ligents, així que els enginyers han d'experimentar-hi per entendre millor el seu comportament i d'aquesta manera, integrar-los a prototips funcionals.

L'objectiu d'aquest estudi és compartir com s'ha aplicat un mètode existent i analitzar-ne els resultats mitjançant cinc casos d'estudi per millorar la seva interpretació. Amb aquest objectiu hem creat una taula visual de materials intel·ligents que es poden trobar al mercat i que els estudiosos han utilitzat com a eines de disseny. Hem considerat un conjunt de productes dinàmics desenvolupats a ELISAVA com a casos d'estudi per entendre millor com les diferents propietats dels materials intel·ligents invoquen els aspectes sensorials.

La compilació de productes dinàmics, que aquest article presenta com cinc casos d'estudi, es va dur a terme a partir de deu projectes que utilitzen materials intel·ligents dissenyats per estudiants d'ELISAVA en els últims tres anys. Dels deu projectes presentats, set es van desenvolupar durant el segon any del grau d'Enginyeria de Disseny Industrial, mentre que els altres tres es van desenvolupar durant el quart any.

	Segon curs del grau	Quart curs del grau
<b>Plantejament del projecte</b>	Material intel·ligent com a punt de partida. Mètode MDD	Problema que cal resoldre com a punt de partida.
<b>Tema</b>	Selecció de materials	Projecte final
<b>Durada del projecte</b>	10 setmanes	10 setmanes
<b>Nombre d'estudiants</b>	21 estudiants	3 estudiants
<b>Procés</b>	Visita a Materfad, Centre de materials de Barcelona Interacció amb materials intel·ligents (2 hores, setmana 1) / Taller. Sessions pràctiques amb materials intel·ligents (2 hores per setmana durant les setmanes 2-4) / Reunions setmanals amb els estudiants. Prototips amb materials intel·ligents (2 hores per setmana durant les setmanes 6-10)	
<b>Resultats</b>	7 projectes	3 projectes

Taula 1. Metodologies

Hem seguit el mètode de disseny guiat pel material (MDD, Material Driven Design) (Karana et al. 2015), que inclou tres perspectives diferents: en primer lloc, pren un determinat material com a punt de partida i explora les propietats tècniques/d'enginyeria que té per plasmar un producte; en segon lloc, planteja un disseny per a experiències de materials; i en tercer lloc, destaca els experiments pràctics i els prototips amb materials.

En relació a la primera perspectiva del mètode MDD hem utilitzat materials intel·ligents com a punt de partida en set dels deu projectes, els que es van realitzar durant el segon any. Per contra, en tres dels deu projectes el problema que calia resoldre era el punt de partida i la selecció de material intel·ligent s'ha fet gràcies als coneixements adquirits durant els anys anteriors.

Quant a la segona perspectiva del mètode MDD, hem proposat un disseny per a experiències dinàmiques de materials. Segons la seva funcionalitat, les experiències dinàmiques s'han classificat en quatre categories: funcions comunicatives, expressives, operatives i de consciència.

Pel que fa a la tercera perspectiva del mètode MDD, s'han organitzat algunes sessions de tallers per posar en pràctica experiències i fer prototips amb els materials (figura 1). Hem col·laborat amb Materfad, el Centre de materials de Barcelona, que té una base de dades física de més de 5.000 materials innovadors (Peña 2008). Materfad dona resposta a la necessitat de tocar, olorar, escoltar i sentir els materials.

Hem classificat els materials intel·ligents comercials de Materfad en una taula visual (figura 2) per facilitar a estudiants i professionals la tasca de selecció. Aquest estudi s'ha centrat exclusivament en els materials intel·ligents actius, que es caracteritzen pel fet que poden traduir els seus estímuls energètics en altres formes d'energia. Els materials actius s'han dividit en cinc tipologies: cromoactius, emmagatzemadors d'energia, luminescents, amb memòria de forma i de canvi de fase (Ritter 2007). Els materials cromoactius s'han dividit en fotocròmics, termocròmics i electrocròmics; els materials que emmagatzemen energia, en piezoelèctrics i termoelèctrics; els materials luminescents, en fotoluminescents i electroluminescents; i els materials amb memòria de forma, en metalls, polímers i escumes. Els materials de canvi de fase (PCM) no tenen subcategories.

En últim lloc s'han analitzat els casos d'estudi mit-

jançant un mapa d'experiències dinàmiques, classificades segons els estímuls i les modalitats sensorials que activen (Colombo 2016). Un estimul és la variació d'una característica del producte (la forma, la llum, el color, el so, l'olor, la temperatura, etc.) que perceben els sentits (Colombo, Gorno i Bergamaschi 2013).

Dos experts en materials i disseny han dut a terme l'anàlisi de la modalitat sensorial i de la funcionalitat de l'experiència dinàmica. Si l'anàlisi dels dos diferia, un tercer expert ajudava a prendre la decisió per assolir un consens. Per obtenir més informació sobre les modalitats sensorials més utilitzades, tots els projectes es van representar en el mateix mapa sensorial amb un format semitransparent de manera que la superposició de diversos productes hi produïa una zona més fosca.

Tot seguit es mostren els resultats dels productes proposats pels estudiants, que s'han numerat de l'u al deu. Tres dels productes (els números dos, quatre i deu) es van desenvolupar durant el quart any. Els altres projectes van ser desenvolupats per estudiants de segon any. S'han organitzat els resultats segons la tipologia del material intel·ligent utilitzat en el projecte: materials cromoactius, emmagatzemadors d'energia, luminescents, amb memòria de forma i de canvi de fase.

### 3.1. Cas d'estudi 1 - Materials cromoactius

Raincoat & Lolita (1) és un abric que passa de translúcid a negre opac quan la temperatura baixa a causa de la pluja o de la neu (figura 3). S'hi ha aplicat un tipus de material cromoactiu, anomenat leucotint, per generar una experiència visual aleatòria de formes i canvis de color, amb l'objectiu que sigui poètica i sensorial.

Per mitjà d'una estratègia pictòrica, els autors volen narrar l'acció recíproca del nostre cos amb un fenomen meteorològic. La peça de roba funciona com un llenç que vol revelar una experiència d'exaltació de la pluja i la neu. Pot integrar qui la duu a ciutats en què sol fer mal temps, transfigurant aquesta perspectiva en una interacció positiva.

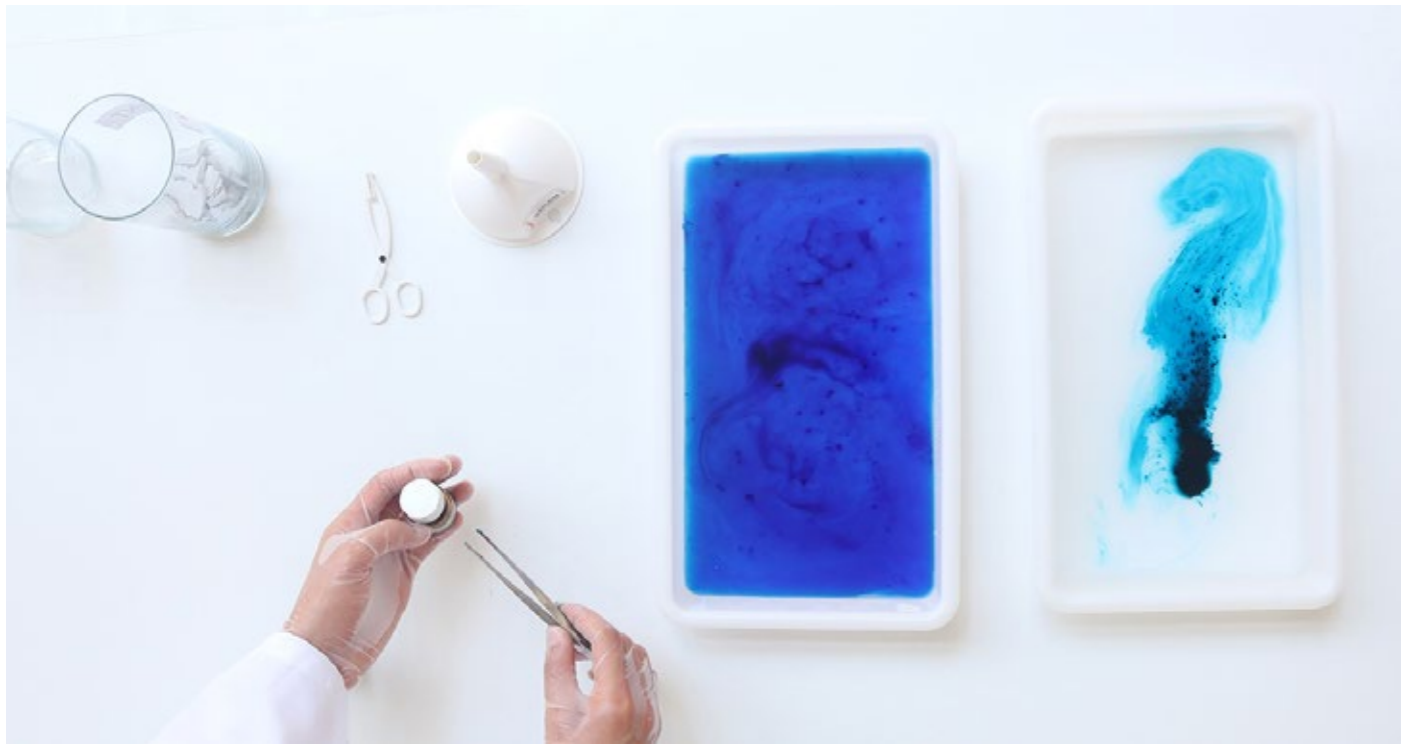


Figura 1. Experimentació amb materials electroluminescents durant un taller pràctic.

COCOON (2) és un equip de protecció individual contra el virus de l'Ebola que es pot posar fàcilment i es pot treure de manera còmoda i senzilla sense contaminar (figura 4). El vestit té un recobriment hidrocromic que canvia de color quan es mulla. Aquest revestiment té un propòsit comunicatiu i estimula la vista quan canvia de color en entrar en contacte amb fluids.

L'ús de materials intel·ligents ajuda l'usuari i la resta de treballadors a sentir-se segurs perquè les parts contaminades són visibles i, per tant, poden tenir-ho en compte a l'hora de treure's el vestit. D'aquesta manera, el personal mèdic podria actuar si un membre de l'equip s'infectés.

Aquest és un dels dos projectes que plantegen problemes en els quals el problema que cal resoldre estava en el punt de partida. Gràcies a les competències adquirides prèviament, els estudiants van poder aprofitar el potencial dels materials intel·ligents utilitzats i explotar-lo en el projecte.

### 3.2. Cas d'estudi 2 - Materials que emmagatzemen energia

Drums to go, D2GO (3), és una bateria electrònica que l'usuari pot configurar i muntar. Està connectada a un ordinador que té instal·lat un programa informàtic per a bateries (figura 5). Inclou materials piezoelèctrics que funcionen com a sensors de pressió gràcies a l'efecte piezoelèctric que converteix els canvis de pressió en càrrega elèctrica. Quan el toquem, el material no fa cap soroll. El so és digital i prové de l'ordinador.

Per aconseguir una funció operativa, es genera una experiència acústica que comença amb un input tàctic. Quan l'usuari colpeja la bateria, es genera un impuls elèctric que es converteix en un so de bateria.

STEP-LUX (4) és una rajola que utilitza materials piezoelèctrics per transformar en electricitat l'energia mecànica que produeixen els vianants (figura 6). Aquesta energia es

pot consumir de manera instantània, com en aquest projecte, o es pot emmagatzemar en una bateria. Aquest sistema es pot aplicar a tot tipus de sòls, paviments o asfalts.

Utilitza materials piezoelèctrics i genera 22 nW per impacte. Els vianants generen una experiència visual dinàmica en un dispositiu d'il·luminació per LED que funciona gràcies als materials piezoelèctrics.

En aquest cas concret, l'objectiu de crear una experiència visual integradora passa per conscienciar la gent perquè canviï el seu comportament i per fomentar l'ús i l'exploració de fonts d'energies renovables. El material, d'altra banda, també té una funció operativa: la generació d'electricitat.

### 3.3. Cas d'estudi 3 - Materials luminescents

HEKA (5) és un producte que poden dur els voluntaris en camps de refugiats (figura 7). La peça inclou una qualitat dinàmica que l'usuari pot controlar. La jaqueta té llums electroluminescents integrats a les parts davantera i posterior. Es tracta de llums primers, flexibles, portables, lleugers i fabricats amb electrònica impresa.

L'ús de llums de colors permet explorar la possibilitat de comunicar missatges a altres persones utilitzant els canvis en les prestacions del producte, com a alternativa a les interfícies habituals. Aquesta peça representa un canal alternatiu de comunicació entre treballadors que redueix els conflictes i millora l'eficiència de les diferents tasques.

HEKA presenta alguns avantatges, ja que la comunicació per prestacions dinàmiques és més integradora. Tanmateix presenta un inconvenient: segons la distància de comunicació el missatge perd precisió.

ARMOUSS (6) és un vestit protector per a motoristes que inclou materials i tecnologia de seguretat integrats (figura 8). El vestit protector té sensors de pressió integrats i llums electroluminescents que s'encenen si es produeix un impacte.

Cromoactius	Generadors d'energia	Luminescents	Memòria de forma	Transformació de fase
 1 Electrocromics	 6	 11	 16 Escumes	 21
 2	 7	 12 Electroluminescents	 17	 22
 3 Fotocromics	 8 Piezoelèctrics	 13	 18 Metalls	 23
 4	 9	 14	 19	 24
 5 Termocromics	 10 Termoelèctrics	 15 Fotoluminescents	 20 Polimers	 25

Figura 2. Taula visual de materials intel·ligents de Materfad, Centre de materials de Barcelona, classificats en cinc categories (Materfad 2018).

El material intel·ligent dels llums electroluminescents té un propòsit comunicatiu visual.

ARMOUSS dona visibilitat als motoristes. Podria posar remei a la necessitat actual de millorar la visibilitat dels motociclistes quan es fa fosc, especialment si es produeix un accident de nit i el motorista està lluny de la moto.

#### 3.4. Cas d'estudi 4 - Materials amb memòria de forma

SAO (7) és un infusor de te amb control de temps.

Utilitza un ressort amb memòria de forma que es tanca quan entra en contacte amb aigua bullint (figura 9). El material amb memòria de forma integra la funció de control del temps. El moviment de translació del ressort té la funció d'indicar el temps de preparació del te. Al final, SAO també premsa les fulles de te tancant el ressort.

L'experiència dinàmica té dues funcions: una comunicativa (control del temps) i una altra operativa (premsada).

CÀLID (8) és un contenidor termoactiu. S'utilitza en fred i canvia la seva aparença per mitjà d'un moviment d'obertura quan s'hi aboquen preparats calents (figura 10). El contenidor està format per un cos de silicona amb memòria de forma que té una estructura a l'interior. El contenidor es mou dins d'una forma predeterminada sense que calgui utilitzar mecanismes elèctrics.

Intenta centrar-se en una experiència de sentiments i emocions amb una funció expressiva, canviant dinàmicament per motius estètics i garantint un efecte sorpresa quan s'obre el producte.

Hexafragma (9) és una persiana solar automàtica que s'obre i es tanca amb el sol. Conté un ressort amb memòria de forma que canvia la seva forma quan s'escalfa i tanca els mòduls d'Hexafragma de l'entramat que recobreix la part exterior de la finestra (figura 11). D'aquesta manera les persianes s'ajusten automàticament, sense que calguin mecanismes elèctrics i, com que regulen la llum del sol que arriba a l'interior de l'edifici, contribueixen a reduir el consum energètic. Un altre avantatge que presenta l'ús d'aliatges amb memòria de forma és que permeten utilitzar dissenys més senzills. El nombre de components mecànics dels actuadors que utilitzen aquests materials és clarament menor que el nombre de components mecànics involucrats en els actuadors electromecànics (Burman, Møster i Abrahamsson 2000).

L'experiència dinàmica visual, consistent en aquest moviment d'obertura, té dues funcions: una operativa (fer que el producte funcioni) i una altra de conscienciació (millorar l'experiència sensorial de l'usuari i convidar-nos a reflexionar sobre l'estalvi energètic).

#### 3.5. Cas d'estudi 5 - Materials de canvi de fase

Els cultius sense terra que utilitzen materials de canvi de fase (PCM, Phase Change Materials) (10) són una solució de disseny per a calefaccions de zones radiculars en hivernacles mediterranis (Llorach-Massana et al. 2017), tal com es pot veure a la figura 12. Es basen en l'emmagatzematge d'energia tèrmica per mitjà de materials amb canvi de fase. Utilitzar sistemes de calefacció a la zona de les arrels permet obtenir collites de més qualitat i també més productivitat, malgrat que es basin en l'ús de combustibles no renovables. Els materials de canvi de fase són altament interessants per la seva capacitat d'augmentar l'eficiència energètica dels sis-

temes i de reduir-ne la dependència de les energies no renovables. El material intel·ligent utilitzat vol reduir els canvis de temperatura bruscos utilitzant sistemes de calefacció passius i prescindint de dispositius elèctrics.

L'experiència dinàmica generada pels materials de canvi de fase és l'emmagatzematge i l'ús d'energia tèrmica durant el procés de fusió i congelació, quan canvien d'una fase a una altra. L'aparença dinàmica té dues funcions: una operativa i una altra de conscienciació, que ens convida a reflexionar sobre l'estalvi energètic.

Aquest és el segon exemple de projecte que planteja problemes en el punt de partida.

#### 3.6. Comparació entre els casos d'estudi

Els casos d'estudi s'han compilat a la taula 2 i s'han classificat segons el tipus de material intel·ligent que utilitzen, la modalitat sensorial i la funció de la seva experiència dinàmica (funcions de conscienciació, operativa, expressiva i de comunicació). Funció de conscienciació: es basa en animar el canvi de comportament entre la gent, com per exemple l'estalvi d'energia i el foment de fonts d'energies renovables. Funció operativa: l'experiència dinàmica és necessària perquè el producte funcioni. Funció expressiva: mostra dinamisme per motius estètics, més centrats en experiències de sentiments i emocions. Funció comunicativa: està orientada a comunicar missatges a usuaris per mitjà de prestacions sensorials.

Tots els projectes s'han representat en el mateix mapa sensorial (figura 13) i les modalitats sensorials resultants s'han resumit a la primera columna de la taula 1.

Els resultats han fet palès que la vista és el sentit més utilitzat quan es dissenyen experiències dinàmiques. La vista és el sistema sensorial dominant, ja que capta gairebé el 80% de les impressions sensorials humanes (Sayadi, Mobarakabadi i Hamidi 2015). A quatre dels projectes l'usuari duia posat el producte (1, 2, 5 i 6) i a tots, el dinamisme es va basar en estímuls visuals (llum i color). Només alguns projectes van fer servir modalitats sensorials tàctils i auditives, mentre que l'olfacte no es va utilitzar en absolut.

La funcionalitat de les experiències dinàmiques està resumida a l'última columna de la taula 2 i el tipus de material intel·ligent s'ha marcat a la tercera columna de la taula. L'experiència dinàmica va tenir un component de conscienciació en tres projectes (4, 9 i 10) i cadascun corresponia a un tipus diferent de material intel·ligent.

L'experiència dinàmica va tenir una funció operativa a la meitat dels projectes (3, 4, 7, 9 i 10). Hi van ser representats tots els tipus de materials intel·ligents, tret dels luminescents.

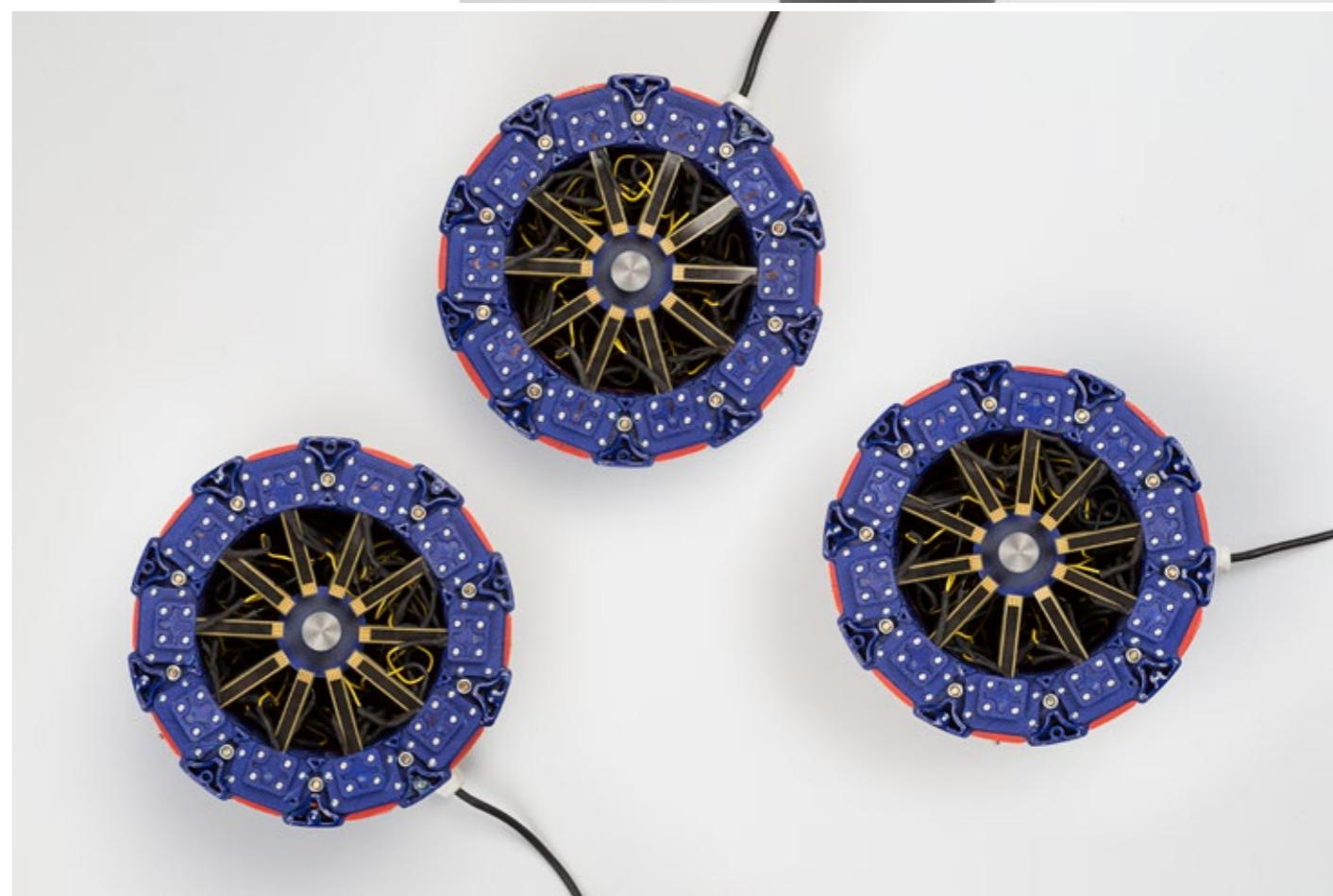
La funció expressiva només va estar present en dos (1 i 8), i en tots dos casos es tractava de materials intel·ligents diferents. En tots dos projectes l'únic sentit involucrat va ser la vista.

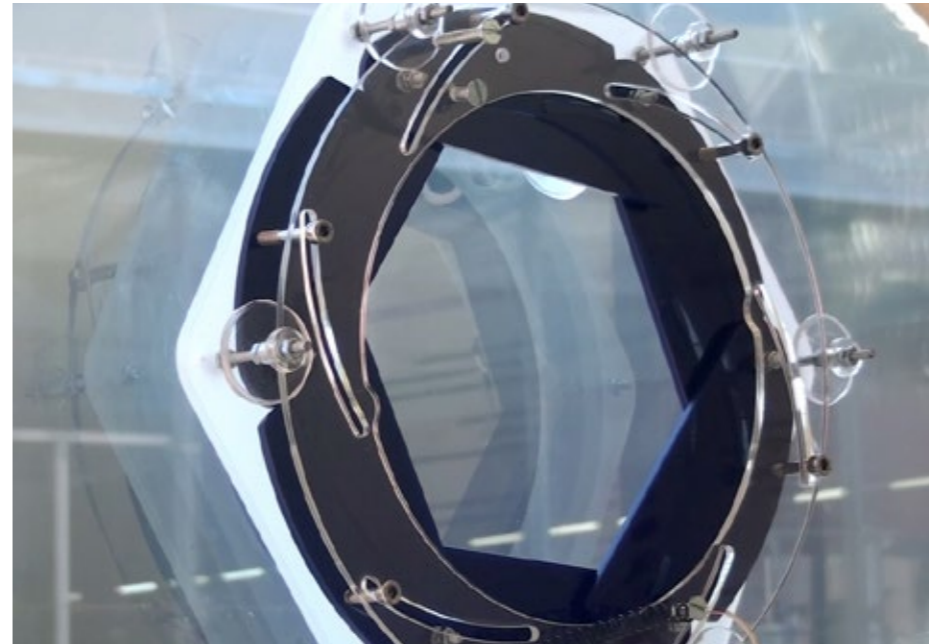
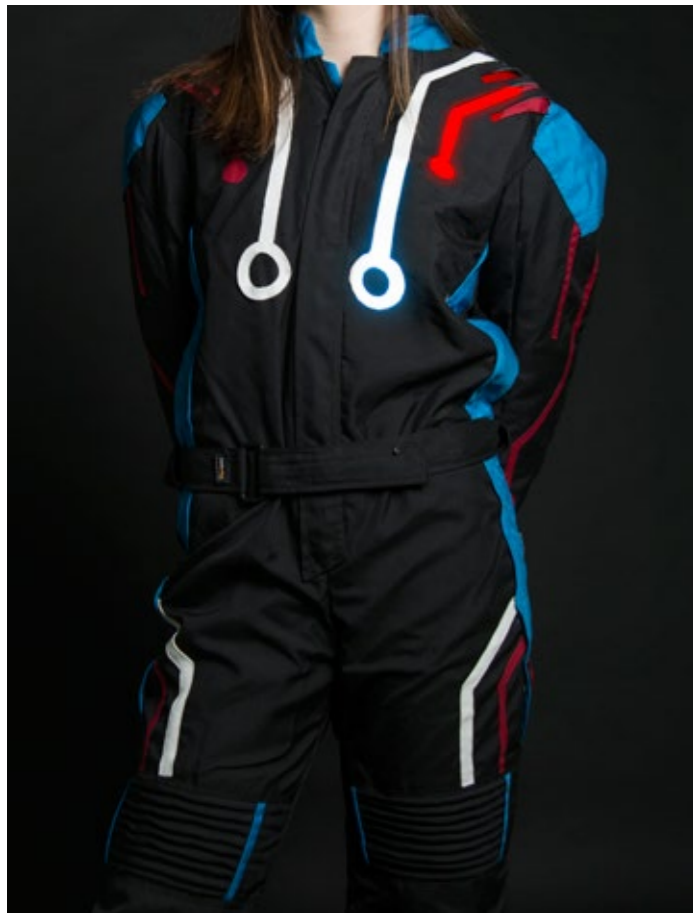
La funció de comunicació va aparèixer en quatre (2, 5, 6 i 7), amb tres tipus de materials intel·ligents diferents. Els dos projectes que van utilitzar materials luminescents corresponen a aquest tipus de funció. En els quatre projectes l'únic sentit involucrat en l'experiència dinàmica va ser la vista.

Es va fer palès que la vista és l'únic sentit involucrat en l'experiència dinàmica per mitjà de materials



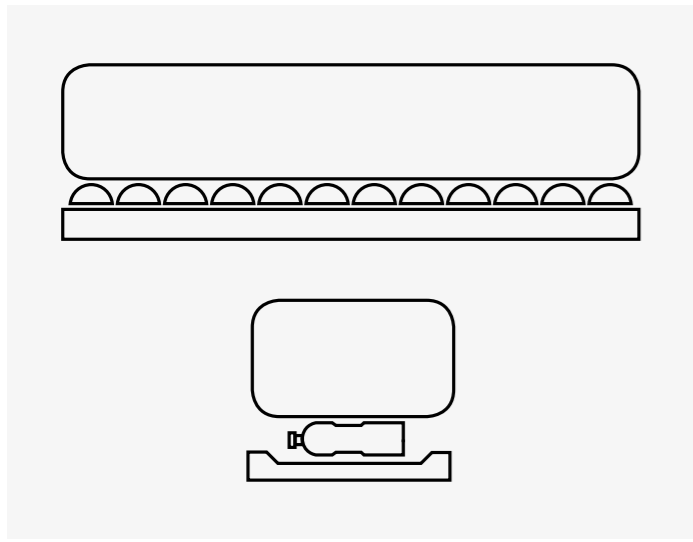
→ Figura 3. Raincoat & Lolita (1)  
↑↑ Figura 4. COCOON (2)  
↑ Figura 5. D2GO (3)  
↓ Figura 6. STEP-LUX (4)





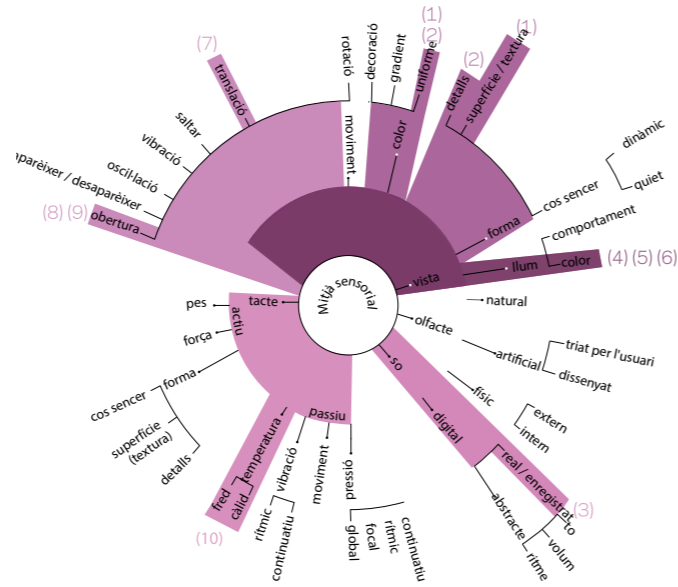
Esquerra  
 ↑ Figura 7. HEKA (5)  
 ↙ Figura 8. ARMOUSS (6)  
 ↘ Figura 9. SAO (7)

Dreta  
 ↑ Figura 10. CÀLID (8)  
 ↓ Figura 11. Hexafragma (9)



← **Figura 12.** Cultius sense terra que utilitzen PCM (10) [Adaptat de (Llorach-Massana et al. 2017)].

↓ **Figura 13.** Mapatge dels 10 projectes, segons el grau de transparència utilitzat. La superposició de més productes produeix una zona més fosca al mapa (morat) [Adaptat de (Colombo 2016)].



romoactius. En aquest tipus de materials intel·ligents, els resultats obtinguts estan en línia amb els que calia esperar, ja que el color va canviar durant el seu funcionament. A més a més, també hi havia detalls de forma a la superfície com a característiques visuals dinàmiques.

Al tipus d'emmagatzematge d'energia s'utilitzen dues modalitats sensorials: la vista i el so. L'estímul visual es presenta en forma de llum, mentre que l'estímul sonor es percep com un so digital de bateria enregistrat.

Tal com calia esperar, la vista és l'únic sentit involucrat en l'experiència dinàmica per mitjà de materials luminescents.

Tot i que els aliatges amb memòria de forma també es poden utilitzar per crear experiències tàctils amb pressió o temperatura, la vista és l'únic sentit que va entrar en acció en els casos d'estudi analitzats. Els tres exemples se centren en moviments d'obertura-tancament i de translació.

Els materials de canvi de fase emet energia tèrmica quan passa a estadi sòlid i genera una experiència tàctil.

## 4 CONCLUSIONS

La comparació de casos d'estudi permet fer algunes consideracions sobre com s'ha aplicat el mètode MDD existent.

L'experimentació directa, juntament amb la introducció de la selecció de materials a l'inici del projecte, ha permès que els estudiants adquireixin les habilitats de dissenyar i seleccionar materials, tenint en compte les seves propietats sensorials i tècniques, i tractant les dues propietats de manera sinèrgica.

L'anàlisi ha fet palesa una tendència que consisteix a utilitzar la vista per crear experiències dinàmiques (color, llum, forma o moviment). Era un resultat previst en el cas dels tipus luminescents i cromoactius. A més a més, ha presentat una oportunitat de diferenciació. A causa del seu fort impacte emotiu i de la seva marcada influència en el nostre comportament, futurs estudis podrien investigar l'ús de l'olfacte, que no ha aparegut en cap projecte.

Els estudiants han tingut certs problemes per recórrer a altres sentits que no siguin la vista. La poca diversitat en els mitjans sensorials estimulats en els casos d'estudi ha fet palès que el mapa sensorial, a més de ser utilitzat com a eina d'anàlisi, es podria utilitzar com a eina de disseny que ajudaria els dissenyadors a explorar productes dinàmics i a dissenyar per als altres sentits.

L'aplicació de la metodologia podria millorar amb la combinació del mapa sensorial com a eina de disseny i la taula visual de materials intel·ligents comercials. Aquesta combinació podria servir per explorar mitjans sensorials no habituals i per dissenyar interaccions sensorials dinàmiques integradores amb materials intel·ligents.

Marian Brea (ARMOUSS, Projecte de materials), PES Students (SAO, Projecte de selecció de materials), Nicole Vindel (CÀLID, Projecte de grau), Alejandro Plasencia (HEXAFRAGMA, Projecte de selecció de materials), Pere Llorach-Massana (CULTIUS SENSE TERRA QUE UTILITZEN PCM), per permetre l'ús d'imatges dels seus projectes.

## REFERÈNCIES

Addington, Michelle i Daniel Schodek. 2004. *Smart Materials and Technologies in Architecture*. Oxford: Architectural Press.

Barati, Bahareh, Elvin Karana, i Milou Foale. 2017. "Experience Prototyping Smart Material Composites". Dins *Proceedings of The International Conference on Experiential Knowledge and Emerging Materials: EKSIG 2017*, 50-65. Delft: TU Delft.

Barati, Bahareh, Elisa Giaccardi, i Elvin Karana. 2018. "The Making of Performativity in Designing [with] Smart Material Composites". Dins *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-5. New York: ACM.

Burman, Åke, Erik Møster i Per Abrahamsson. 2000. "On the Influence of Functional Materials on Engineering Design". *Research in Engineering Design*, 12: 39-47. doi: 10.1007/s001630050022.

Ceschin, Fabrizio, i Ildil Gazliulsoy. 2016. "Evolution of Design for Sustainability: from Product Design to Design for System Innovations and Transitions". *Design Studies*, 47, C: 118-163. doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002.

Chapman, Jonathan. 2005. *Emotionally Durable Design: Objects, Experiences, and Empathy*. London: Earthscan.

Colombo, Sara, Roberto Gorno, i Sara Bergamaschi. 2013. "Enhancing Product Sensory Experience: Cultural Tools For Design Education". Dins *DS 76, Proceedings of E&PDE, the 15th International Conference on Engineering and Product Design Education*, 698-703. London: Design Society.

Colombo, Sara, i Lucia Rampino. 2013. "Information Embodiment: How to Communicate Through Dynamic Sensory Features". Dins *Proceedings of DPPI 2013, 6th Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces*, 3-6: 211-220. New York: ACM.

Colombo, Sara. 2016. *Dynamic Products Shaping Information to Engage and Persuade*. Switzerland: Springer.

del Corral, Anna M<sup>a</sup>, Jessica Fernández, Marta González, i Xavier Riudor. 2016. "A Look at ELISAVA's Industrial Design Engineering: Engineering That Interprets, Projects, Represents and Builds". *Elisava TdD*, 32: 80-97.

Derbaix, Christian, i Joelle Vanhamme. 2003. "Inducing Word-of-Mouth by Eliciting Surprise: a Pilot Investigation". *Journal of Economic Psychology*, 24(1): 99-116. doi.org/10.1016/S0167-4870(02)00157-5.

Follmer, Sean, Daniel Leithinger, Alex Olwal, Akimitsu Hogge, i Hiroshi Ishii. 2013. "inFORM: Dynamic Physical Affordances and Constraints Through Shape and Object Actuation". Dins *Proceedings of the 26th Annual ACM Symposium On User Interface Software and Technology*, 417-426. New York: ACM.

Giaccardi, Elisa i Elvin Karana. 2015. "Foundations of Materials Experience: An Approach for HCI". Dins *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15)*. 2447-2456. New York: ACM.

Jordan, Patrick W. 2002. *Designing Pleasurable Products: An Introduction to the New Human Factors*. London: Taylor and Francis.

Karana, Elvin, Paul Hekkert, i Prabhu Kandachar. 2009. "Meanings of Materials Through Sensorial Properties and Manufacturing Processes". *Materials and Design*, 30(7):2778-2784. doi:10.1016/j.matdes.2008.09.028.

Karana, Elvin, Owain Pedgley i Valentina Rognoli. 2014. *Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design*. 1a ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Karana, Elvin, Bahar Barati, Valentina Rognoli, i Anouk Zeeuw Van Der Laan. 2015. "Material Driven Design (MDD): A Method To Design For Material Experiences". *International Journal of Design*, 19(2): 35-54.

Kim, Hyunyoung, Céline Coutrix, i Anne Roudaut. 2017. "Morpheus+: Studying Everyday Reconfigurable Objects for the Design and Taxonomy of Reconfigurable UIs". Dins *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2018)*. Association for Computing Machinery (ACM). New York: ACM.

Llorach-Massana, Pere, Javier Peña, Joan Rieradevall, i J. Ignacio Montero. 2017. "Analysis of the Technical, Environmental and Economic Potential of Phase Change Materials (PCM) for Root Zone Heating in Mediterranean Greenhouses". *Renewable Energy Journal*, 103: 570-581. doi: 10.1016/j.renene.2016.11.040.

Materfad, Material Center of Barcelona. 2018. Consulta 1 de febrer, 2018. <http://es.materfad.com>.

Peña, Javier. 2008. *Mater*. Thesis. Barcelona: FAD, Foment de les Arts i el Disseny.

Ritter, Axel. 2007. *Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Basel: Springer.

Rodríguez, Edgar R. 2014. "Industrial Design Strategies for Eliciting Surprise". *Design Studies*, 35(3): 273-297. doi:10.1016/j.destud.2013.12.001.

Rognoli, Valentina. 2015. "Dynamism and Imperfection as Emerging Materials Experiences: a Case Study". Dins *Proceedings of DesForm 2015 - Aesthetics of Interaction: Dynamic, Multisensory, Wise*. 9th International Conference on Design and Semantics of Form and Movement. Milano: Politecnico di Milano.

Rognoli, Valentina, Maria Rita Ferrara, i Venanzio Arquilla. 2016. "ICS\_Materials: materiali interattivi, connessi e smart". *Material Design Journal*, 2:44-57.

Sayadi, Mehrnaz, Houshang Mobarakabadi, i Kambiz Hamidi. 2015. "Sensory Marketing and Consumer Buying Behavior". *Advanced Social Humanities and Management* 2(4):100-104.

## AGRAÏMENTS

Gràcies a Mariona der Tuinder i Arnau Anglada (RAINCOAT&LOLITA, Projecte de selecció de materials), Ona Bombí (COCOON, Projecte de grau), Ricard Serarols, Gerard López i Marc Morató (D2GO, Projecte de selecció de materials), Pau Romagosa (STEP LUX, Projecte de grau), Pau Benazet, Laura Homs, Marcello Brunero i Martina Llorens (HEKA, Projecte de materials),

Taula 2. Classificació dels casos d'estudi segons la modalitat sensorial, la funcionalitat de l'experiència dinàmica i el tipus de material intel·ligent.

	Durada del projecte	Número de projecte	Modalitat sensorial	Funcionalitat d'experiència dinàmica
<b>Cas d'estudi 1 - Materials cromoactius</b>	Raincoat & Lolita	1	Vista → color i forma	Funció expressiva
	COCOON	2	Vista → color i forma	Funció comunicativa
<b>Cas d'estudi 2 - Materials que emmagatzemen energia</b>	D2GO	3	So → digital	Funció operativa
	STEP-LUX	4	Vista → llum	Funció operativa / Conscienciació
<b>Cas d'estudi 3 - Materials luminescents</b>	HEKA	5	Vista → llums de colors	Funció comunicativa
	ARMOUSS	6	Vista → llum	Funció comunicativa
<b>Cas d'estudi 4 - Materials amb memòria de forma</b>	SAO	7	Vista → moviment de translació	Funció operativa / Funció comunicativa
	CÀLID	8	Vista → moviment d'obertura	Funció expressiva
	Hexafragma	9	Vista → moviment d'obertura i tancament	Funció operativa / Conscienciació
<b>Cas d'estudi 5 - Materials de canvi de fase</b>	PCM Soil-less crops	10	Tacte → temperatura càlida	Funció operativa / Conscienciació