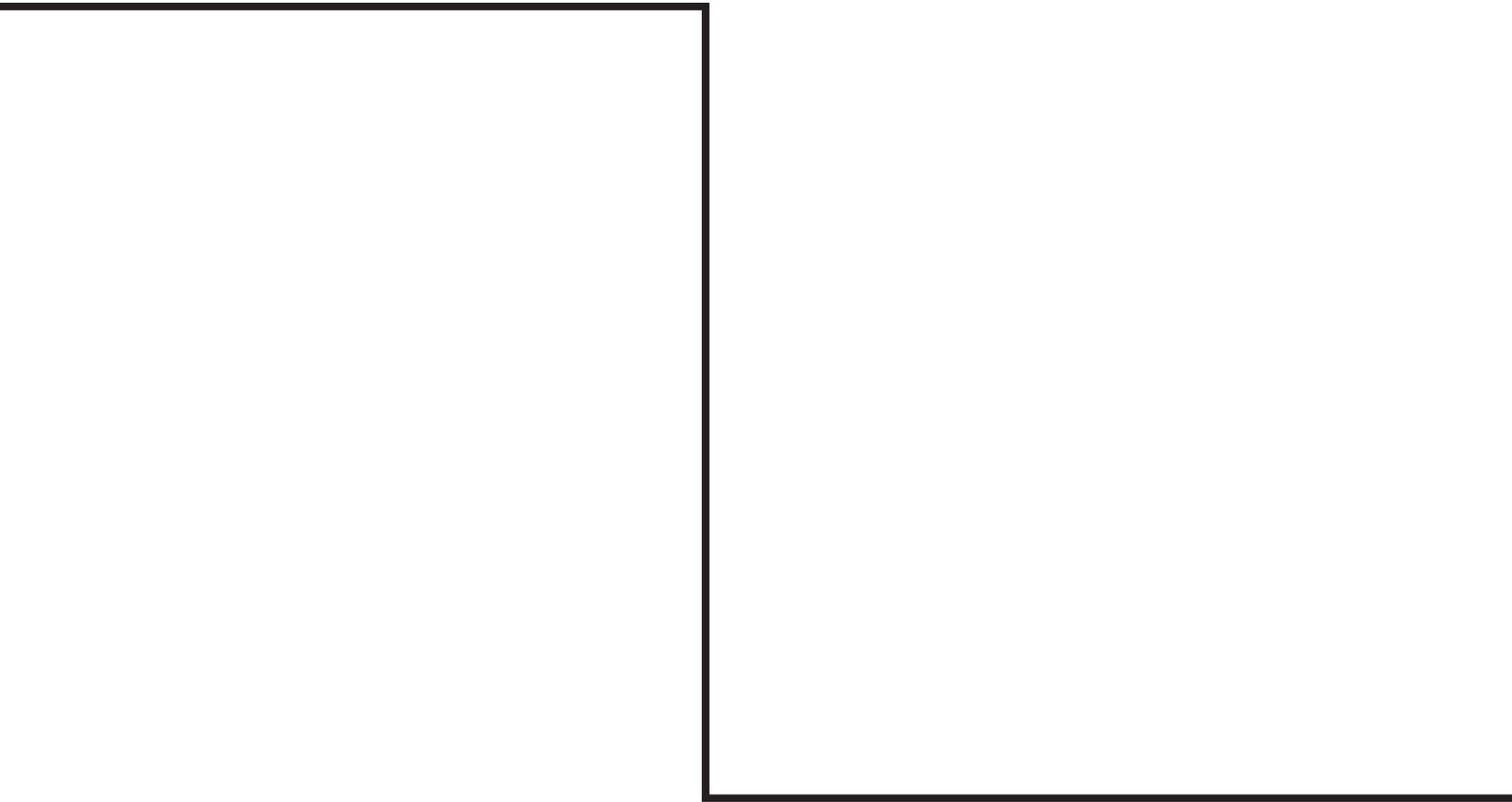


Ingeniería Kansei en el campo del diseño

Una aproximación desde la
ingeniería estadística aplicada
a la percepción de los materiales



Ingeniería Kansei en el campo del diseño

Una aproximación desde la
ingeniería estadística aplicada
a la percepción de los materiales

Ainoa Abella Garcia

CODIRECTORES

Dr. Lluís Marco Almagro

Dra. Laura Clèries Garcia

Universidad Politécnica
de Cataluña BarcelonaTech

ELISAVA, Escuela
Universitaria de Diseño
e Ingeniería de Barcelona

Departamento de Estadística e Investigación operativa (EOI)
Universitat Politècnica de Catalunya

Decoding Well-being, Elisava Research - Elisava,
Escuela Escuela Universitaria de Diseño e Ingeniería
de Barcelona

Doctora en Estadística e Investigación Operativa

BARCELONA, NOVIEMBRE 2020

ELISAVA

Escuela Universitaria de Barcelona
Diseño e Ingeniería



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Resumen

El objetivo de la presente tesis doctoral es la aplicación teórica y experimental de la ingeniería kansei en el ámbito del diseño. La ingeniería kansei es un método que apunta al desarrollo o la mejora de productos, servicios y/o experiencias mediante la traducción de las necesidades emocionales de los usuarios en parámetros o características del propio diseño. En la presente investigación la ingeniería kansei utiliza como base la ingeniería estadística, ya que se emplean los métodos estadísticos y analíticos más apropiados para aportar valor, validez y rigurosidad.

La primera contribución de esta tesis es la creación de un Marco Teórico de las dimensiones emocionales –sensación, percepción, emoción, sentimiento y afecto– fruto de una revisión sistemática en dos bases de datos científicas. El objetivo es promover la integración de las emociones durante cualquier etapa del proceso creativo, y por ello se desarrolla una taxonomía común sobre definiciones, teorías y herramientas de medición para cada una de las dimensiones emocionales. Además, se han creado tres figuras – *Emotional Path*, *Emotional Systematization* y Mapeo preliminar de diseño y emoción– que sintetizan esta información para ser utilizadas como guías visuales.

Una vez comprendido el estado del arte, se focaliza la investigación en dos temáticas distintas relacionadas con la ingeniería kansei y su adaptación en el contexto del siglo XXI: los canales de comunicación y las herramientas de medición. Para ello, se seleccionan los materiales como ámbito de aplicación.

Respecto a los Canales de Comunicación, se realizan dos casos de estudio –prueba piloto y experimento– con el fin de comprender cómo puede variar la percepción del usuario según la interacción y la cantidad de información que recibe. En el diseño experimental se presentan tres materiales a través de tres canales de comunicación distintos para evaluar sus propiedades sensoriales. En algunos casos las personas evalúan el mismo material para cada canal y en otros, cada participante evalúa un material distinto por canal, a través del *Perception Evaluation Kit*. Los resultados indican que en algunos canales de comunicación hay diferencias significativas respecto a la percepción de las propiedades sensoriales. El nivel de las respuestas en las dos tipologías de experimento es muy parecido, lo que indica que el orden de presentación de los canales de comunicación parece no influir en la percepción. Además, la preferencia por el canal 3, interacción completa del material, destaca independientemente del estilo de aprendizaje predominante en la persona.

La contribución respecto al capítulo de Herramientas de Medición es aplicar una metodología heterogénea que utiliza herramientas de autoreporte y fisiológicas para evaluar la percepción de los

materiales reciclados, así como la actitud ambiental y los hábitos de consumo de los participantes. La finalidad es detectar si hay alguna relación entre la información que se extrae de las dos tipologías de herramientas. La actividad electrodermal, la apreciación hedónica y las evaluaciones de las propiedades sensoriales han reportado diferencias significativas entre materiales. En cambio, en la electromiografía, la precisión en la identificación y la relación entre hábitos de consumo y actitud ambiental no se han observado efectos o interacciones significativas en los datos.

Por último, en el apartado Estadística y Diseño se reflexiona sobre la relación y la unión de las dos disciplinas y se presentan dos puntos de confluencia entre estas –la ingeniería estadística y el *Data-Driven Design*–. La aportación de este capítulo es el *Data Collection Toolkit*, un conjunto de metodologías, recursos y herramientas para los diseñadores. El objetivo es promover una mejor práctica en la investigación a través del diseño para que el experimento tenga una mayor validez y sustento estadístico.

Palabras clave: ingeniería kansei, diseño, ingeniería estadística, dimensiones emocionales, canales de comunicación, herramientas de medición, educación y metodología.

Resum

L'objectiu de la present tesi doctoral és l'aplicació teòrica i experimental de l'enginyeria kansei en l'àmbit del disseny. L'enginyeria kansei és un mètode que apunta al desenvolupament o la millora de productes, serveis i/o experiències mitjançant la traducció de les necessitats emocionals dels usuaris en paràmetres o característiques del mateix disseny. En la present recerca l'enginyeria kansei utilitza com a base l'enginyeria estadística, ja que s'utilitzen els mètodes estadístics i analítics més apropiats per a aportar valor, validesa i rigorositat.

La primera contribució de la tesi és la creació d'un Marc Teòric de les dimensions emocionals –sensació, percepció, emoció, sentiment i afecte– fruit d'una revisió sistemàtica en dues bases de dades científiques. L'objectiu és promoure la integració de les emocions durant qualsevol etapa del procés creatiu, per això es desenvolupa una taxonomia comuna sobre definicions, teories i eines de mesura per a cadascuna de les dimensions emocionals. A més, s'han creat tres figures –*Emotional Path*, *Emotional Systematization* i Mapeig preliminar de disseny i emoció– que sintetitzen aquesta informació per a ser utilitzades com a guies visuals.

Una vegada comprès l'estat de l'art, es focalitza la recerca en dues temàtiques diferents relacionades amb l'enginyeria kansei i la seva adaptació al context del segle XXI: els canals de comunicació i les eines de mesura. Per a això, se seleccionen els materials com àmbit d'aplicació.

Respecte als Canals de Comunicació, es realitzen dos casos d'estudi –prova pilot i experiment– amb la finalitat de comprendre com pot variar la percepció de l'usuari segons la interacció i la quantitat d'informació que rep. En el disseny experimental es presenten tres materials a través de tres canals de comunicació diferents per a avaluar les seves propietats sensorials. En alguns casos les persones avaluen el mateix material per a cada canal i en uns altres, cada participant avalua un material diferent per canal, amb el *Perception Evaluation Kit*. Els resultats indiquen que en alguns canals de comunicació hi ha diferències significatives respecte a la percepció de les propietats sensorials. El nivell de les respostes a les dues tipologies d'experiment és molt semblant, el que indica que l'ordre de presentació dels canals de comunicació sembla no influir en la percepció. A més, la preferència pel canal 3, interacció completa del material, destaca independentment de l'estil d'aprenentatge predominant en la persona.

La contribució respecte al capítol d'Eines de Mesura és aplicar una metodologia heterogènia que utilitza eines d'autoinforme i fisiològiques per a avaluar la percepció dels materials reciclats, així com l'actitud ambiental i els hàbits de consum dels participants. La finalitat és detectar si hi ha alguna relació entre la informació que s'extreu de les dues tipologies d'eines. L'activitat electrodermal, l'apreciació hedònica i les avaluacions de les propietats sensorials han reportat diferències significatives entre materials. En canvi, en l'electromiografia, la precisió en la identificació i la relació entre hàbits de consum i actitud ambiental no s'han observat efectes o interaccions significatives en les dades.

Finalment, en l'apartat Estadística i Disseny es reflexiona sobre la relació i la unió de les dues disciplines i es presenten dos punts de confluència entre aquestes –l'enginyeria estadística i el *Data-Driven Design*–. L'aportació d'aquest capítol és el *Data Collection Toolkit*, un conjunt de metodologies, recursos i eines per als dissenyadors. L'objectiu és promoure una millor pràctica en la recerca a través del disseny perquè l'experiment tingui una major validesa i base estadística.

Paraules clau: enginyeria kansei, disseny, enginyeria estadística, dimensions emocionals, canals de comunicació, eines de mesura, educació i metodologia.

Abstract

The objective of the current doctoral thesis is the theoretical and experimental application of Kansei engineering in the field of design. Kansei engineering is a method that aims to develop or improve products, services and/or experiences by translating the emotional needs of users into parameters or characteristics of the design itself. In the present investigation, Kansei engineering uses as a base statistical engineering, since the most appropriate statistical and analytical methods are used to provide value, validity and rigor.

The first contribution of the thesis is the creation of a Theoretical Framework of the emotional dimensions –sensation, perception, emotion, feeling and affect– as a result of a systematic review in two scientific databases. The objective is to promote the integration of emotions during any stage of the creative process; therefore, a common taxonomy is developed with definitions, theories and measurement tools for each of the emotional dimensions. In addition, three figures -Emotional Path, Emotional Systematization, and Preliminary Mapping of Design and Emotion- have been created in order to synthesize all information and to be used as visual guides.

Once the state of the art is developed, the research has focused on two different topics related to Kansei engineering and its updating in the 21st-century context: communication channels and measurement tools. For this, the materials are selected as the scope of application.

Regarding Communication Channels, two case studies are carried out –pilot test and experiment– in order to understand how user perception may vary depending on the interaction and the amount of information received. In the experimental design, three materials are presented through three different communication channels to evaluate their sensory properties. In some cases, people evaluate the same material for each channel and in others, each participant evaluates a different material per channel, through the Perception Evaluation Kit. The results indicate that in some communication channels there are significant differences regarding the perception of sensory properties. Responses level in both experiments is very similar, that is to say, the order of presentation for the communication channels does not seem to influence perception. In addition, channel 3 is the preferred one regardless of the predominant learning style.

The contribution concerning the Measurement Tools chapter is to apply a heterogeneous methodology that uses self-report and physiological tools to assess the perception of recycled materials, as well as the environmental attitude and consumption habits of the participants. The purpose is to detect if there is any relationship between the information that is extracted from the two types of tools. Electrodermal activity, hedonic appreciation, and evaluations of sensory properties have reported significant differences between materials. In contrast, electromyography, the precision in the identification and the relationship between consumption habits and environmental attitude have not observed significant effects or interactions in the data.

Finally, the Statistics and Design section reflects on the relationship and union of the two disciplines and presents two points of confluence between these –statistical engineering and Data-Driven Design–. The contribution of this chapter is the Data Collection Toolkit, a set of methodologies, resources and tools for designers. The objective is to promote better practice in research through design so that the experiment has greater validity and statistical base.

Keywords: Kansei engineering, design, statistical engineering, emotional dimensions, communication channels, measurement tools, education, and methodology.

Prefacio

Los sentimientos y las emociones son un lenguaje universal que se puede reconocer independientemente del sexo, la nacionalidad o la cultura. Este lenguaje se utiliza a diario y es una expresión de quienes somos. Las emociones determinan el estado anímico, son las que hacen que los seres humanos seamos únicos e irrepetibles (Bisquerra, 2016). En el contexto actual, la experiencia emocional se ha convertido en una propuesta de valor de cara a los usuarios (Norman, 2004). El diseño es una de las herramientas que permite crear productos que puedan dar solución a estas necesidades emocionales (Clèries, 2015) y, por lo tanto, desde la investigación en diseño es factible entender y analizar la interacción producto y/o entorno con usuario y definir nuevas vías de desarrollo.

Desde finales de 1870 hasta la actualidad, la importancia de las emociones ha ido *in crescendo*. Son varios los puntos de vista que se han tomado como partida, desde las humanidades a la ingeniería pasando por múltiples disciplinas.

La actual tesis doctoral se basa en la Ingeniería Kansei, ya que está presente en muchos ámbitos y permite un gran abanico de posibilidades; como por ejemplo en el campo de los materiales, siendo este el hilo conductor de toda la investigación que se presenta. La ingeniería kansei es un método para incorporar las emociones en la fase de desarrollo de un producto, su objetivo es descubrir qué parámetros técnicos o características provocan estas reacciones y cómo estos estímulos acaban en emociones. Una de las ventajas del método descrito es la posibilidad de incorporar la estadística dentro de su proceso, tal como argumenta Marco-Almagro (2011) para una mayor validez.

El objetivo de esta tesis reside en la aplicación teórica y experimental de la ingeniería en el campo del diseño, con una perspectiva de la ingeniería estadística. Para ello la tesis doctoral es codirigida entre dos universidades: la Universidad Politécnica de Cataluña y Elisava, Escuela Universitaria de Diseño e Ingeniería de Barcelona, con el fin de promover desde el inicio un conocimiento híbrido y de valor para los dos departamentos de investigación. Por un lado, el Departamento de Estadística e Investigación Operativa¹ (EOI) de la UPC y por otro, la línea de investigación Decoding Well-being² de Elisava Research.

¹ <https://www.eio.upc.edu/es>

² <https://www.elisava.net/research/lineas/decoding-well-being>

Agradecimientos

“Ser agradecidos nos hace ser conscientes de que cada momento es un regalo y de que no tenemos asegurado que habrá otro momento igual, lo que nos lleva a valorarlo y agradecerlo. Es sentirse afortunada por todas esas cosas que nos ocurren, ya que nos hacen aprender y crecer como seres humanos” (Alvárez, 2019).

En el desarrollo de la tesis doctoral, de tres años y medio, he crecido tanto a nivel personal como profesional, es un placer poder agradecer y expresarlo a todas las personas que me han acompañado durante el camino y me han ayudado a que esta tesis sea una realidad.

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis dos tutores, la Dra. Laura Clèries y el Dr. Lluís Marco, por su implicación y dedicación. Me siento afortunada por haber contado con dos tutores que comparten la misma pasión por la temática de investigación que yo, creo que con *backgrounds* tan distintos hemos conseguido ser un equipo con una mente bien abierta y disfrutar de este proyecto. Así como a las dos instituciones y sus grandes equipos que han estado presentes, Elisava, Escuela Universitaria de Diseño e Ingeniería de Barcelona, y el Departamento de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad Politécnica de Cataluña – Barcelona Tech.

Al Dr. Javier Peña por creer en este proyecto y reto desde el inicio, por saber transmitirme con su energía el amor por la investigación.

A todos los miembros de la línea de investigación Decoding Well-being y a Aura Murillo, ya que hemos compartido muchos y muy buenos momentos juntos.

A los compañeros y compañeras del departamento de investigación. Y en especial a los otros doctorandos Alba Pinzolas, Bea Martínez, Blanca Guasch, Carla Molins, César Robles, Guim Espelt y María Araya que hemos coincidido durante este período y han hecho que esta experiencia sea más divertida y amena día a día. He tenido mucha suerte de coincidir con personas tan bonitas como compañeros.

Al Dr. Alexandre Pereda, Dr. Miguel Barreda, Dr. Pere Llorach y a los alumnos, Alba Almunia, Berta Estévez, Carles Roman, Gala Fernández, Sonia Rodríguez y Víctor García que decidieron apuntarse al trabajo final de grado *Emotions and Recycled Materials*. Con todos ellos he compartido una de las partes de esta tesis, 04. Herramientas de Medición, y espero haber podido aportar en ellos tanto como ellos lo han hecho.

Me gustaría mencionar a las personas que han hecho que esta tesis tenga el mejor aspecto posible y me han ayudado a hacerlo factible Attassa Cabrera, David Quintanilla, Luís Gasca, Lorena García, María del Lluç Bevià, Nagui Yamamoto; y a Gemma Caihuelas con el súper trabajo de coordinación.

A todas las personas que he ido conociendo durante estos años en conferencias, proyectos y reuniones, que he tenido el placer de compartir ideas y conocimiento, y que, por lo tanto, han estado presentes de alguna forma en este trabajo.

A mis amigos, los que siempre están dispuestos a echar una mano y los que siempre han tenido palabras bonitas para animarme y enorgullecirme en este proceso.

Y, por último, a mis incondicionales, mi familia. A los que están día sí y día también, me gustaría dedicarles esta tesis y agradecerles todo su cariño.

¡Muchas gracias!

<u>01. Introducción</u>	19
1.1. Motivación y objetivos de la investigación	
1.2. Estructura de la tesis	
1.3. Glosario	
<u>02. Marco teórico de las dimensiones emocionales para el diseño</u>	27
2.0. Introducción al capítulo	
2.1. Diseño y Emociones	
2.2. Marco teórico de las dimensiones emocionales	
2.2.1. Estudio de investigación: terminología y herramientas de medición	
2.2.2. Análisis: hacia una nueva Sistematización Emocional	
2.3. Mapeo preliminar de diseño y emoción	
2.4. Conclusión	
<u>03. Canales de Comunicación</u>	43
3.0. Introducción al capítulo	
3.1. La educación en el contexto actual	
3.2. Formatos educativos y su efectividad	
3.3. Educación en materiales	
3.4. Variables del <i>workshop Perception Evaluation Kit</i>	
3.4.1. Canales de comunicación	
3.4.2. Materiales	
3.4.3. <i>Perception Evaluation Card</i>	
3.4.4. Test estilos de aprendizaje	
3.5. <i>Perception Evaluation Kit</i> - Prueba piloto	
3.5.1. Participantes	
3.5.2. Procedimiento	
3.5.3. Resultados	
3.5.4. Discusión	
3.6. <i>Perception Evaluation Kit</i> - Caso de estudio	
3.6.1. Participantes	
3.6.2. Procedimiento	
3.6.3. Resultados	
3.6.4. Discusión	
3.7. Conclusión	

Sumario

<u>04. Herramientas de Medición</u>	73
4.0. Introducción al capítulo	
4.1. Herramientas de medición	
4.1.1. Herramientas de autoreporte	
4.1.2. Herramientas basadas en mediciones corporales y fisiológicas	
4.2. Herramientas de auto reporte + herramientas fisiológicas = Psicofisiología	
4.3. Caso de estudio: La percepción de los materiales reciclados	
4.3.1. Introducción	
4.3.2. Materiales y métodos	
4.3.3. Resultados	
4.3.4. Discusión	
4.4. Conclusión	
<u>05. Estadística y Diseño</u>	107
5.0. Introducción al capítulo	
5.1. La ingeniería estadística	
5.2. <i>Data-Driven Design</i>	
5.3. <i>Data Collection Toolkit</i> : metodologías, recursos y herramientas para los diseñadores	
5.3.1. Creación de elementos de recolección de datos	
5.3.2. Análisis de datos obtenidos	
5.3.3. Comunicación de los datos	
5.4. Conclusión	
<u>06. Conclusiones</u>	123
6.1. Resumen	
6.2. Impacto de la tesis	
6.3. Retos y limitaciones	
6.4. Futuro de la investigación	
<u>07. Formación y Proyectos</u>	133
7.1. Formación	
7.1.1. Asignaturas	
7.1.2. Cursos	
7.1.3. Congresos	
7.1.4. Estancia de investigación	
7.2. Proyectos	
7.2.1. <i>Workshops</i>	
7.2.2. Proyectos privados de investigación	
7.2.3. Proyectos académicos	
<u>08. Bibliografía</u>	147

Listados

Figuras

Figura 1.1. Esquema de organización de la tesis y la relación con los objetivos específicos.	23
Figura 1.2. Relación de disciplinas y temáticas que conforman la base a la tesis doctoral.	24
Figura 2.1. Niveles de necesidad como consumidores.	29
Figura 2.2. Proceso de la revisión sistemática de la literatura por fases.	31
Figura 2.3. Herramientas para medir la sensación.	33
Figura 2.4. <i>Emotional Path</i>	38
Figura 2.5. <i>Emotional Systematization</i>	39
Figura 2.6. Mapeo preliminar de Diseño y Emoción.	40
Figura 3.1. Ejemplo de las fichas utilizadas en el canal 1.	48
Figura 3.2. Ejemplo del video utilizado en el canal 2.	48
Figura 3.3. Ejemplo del uso del canal 3.	49
Figura 3.4. Muestra del material 1 <i>Alusion</i>	50
Figura 3.5. Muestra del material 2 <i>PolarMoss</i>	50
Figura 3.6. Muestra del material 3 <i>Silkworms</i>	51
Figura 3.7. Traducción de <i>Perception Evaluation Card</i>	51
Figura 3.8. Test estilos de aprendizaje, parte 1, con una guía interna de las respuestas para tutores del workshop o investigadores.	52
Figura 3.9. Test estilos de aprendizaje, parte 2, con una guía interna de las respuestas para tutores del workshop o investigadores.	52
Figura 3.10. Proceso de evaluación de las propiedades sensoriales a través del canal 1.	53
Figura 3.11. Ejemplos de interacción de los participantes con las muestras de material.	54
Figura 3.12. Distribución de las rutas en el experimento mixto por persona.	58
Figura 3.13. Distribución de las rutas en el experimento bloqueado por persona.	58
Figura 3.14. Primer clúster de propiedades sensoriales.	59
Figura 3.15. Segundo clúster de propiedades sensoriales.	60
Figura 3.16. Tercer clúster de propiedades sensoriales.	60
Figura 3.17. Cuarto clúster de propiedades sensoriales.	61
Figura 3.18. Quinto clúster de propiedades sensoriales.	61
Figura 3.19. Último clúster de propiedades sensoriales.	62
Figura 3.20. Comparación de las puntuaciones de las propiedades según la tipología de experimentación.	63
Figura 3.21. Distribución de los de aprendizaje entre los participantes.	65

Figura 4.1. Prueba de la actividad electrodérmica (EDA) con electrodos.	80
Figura 4.2. Prueba para medir la presión del volumen sanguíneo (BVP).	81
Figura 4.3. Prueba para medir la respiración, mediante el método de pletismografía de inductancia respiratoria (PIR).	81
Figura 4.4. Prueba para medir la actividad cerebral, mediante una electroencefalografía compleja.	83
Figura 4.5. Prueba para medir la actividad cerebral, mediante un wearable de electroencefalografía más simple.	83
Figura 4.6. Prueba de psicofisiología con test y medición EDA.	85
Figura 4.7. Distribución de la muestra.	87
Figura 4.8. Muestras de material.	88
Figura 4.9. Combinaciones de los recorridos.	89
Figura 4.10. Test de evaluación sensorial.	90
Figura 4.11. Test de actitud ambiental.	91
Figura 4.12. Test de hábitos de consumo.	92
Figura 4.13. Precisión de identificación de materiales según los canales.	93
Figura 4.14. Respuesta EDA en base a cada material.	95
Figura 4.15. Respuesta EDA en base a cada material y el canal.	95
Figura 4.16. Gráfico de intervalos para cada material de acuerdo con la puntuación de gusto/preferencias.	96
Figura 4.17. Análisis de clusterización jerárquica para las propiedades sensoriales, realizado utilizando el método de vinculación Ward.	97
Figura 4.18. Primer clúster de propiedades sensoriales.	98
Figura 4.19. Segundo clúster de propiedades sensoriales.	98
Figura 4.20. Tercer clúster de propiedades sensoriales.	99
Figura 4.21. Cuarto clúster de propiedades sensoriales.	100
Figura 4.22. Diagrama de dispersión entre las variables hábitos de consumo y actitud ambiental.	101
Figura 5.1. Relación entre la ingeniería estadística y el diseño, a través de la ingeniería kansei.	110
Figura 5.2. Proceso de <i>Data-Driven Design</i> con la relevancia de cada disciplina por fase.	111
Figura 5.3. Ejemplo de espacio en un diseño experimental, <i>Perception Evaluation Kit</i> workshop.	112
Figura 5.4. Participantes de un diseño experimental, <i>Perception Evaluation Kit</i> workshop, con sus identificaciones.	113
Figura 5.5. Ejemplo de recursos para la planificación de selección de participantes para cumplir con criterios específicos.	114
Figura 5.6. Ejemplo de recursos para la planificación del diseño experimental más sencilla.	115
Figura 5.7. Esquema de los pasos a desarrollar en un diseño experimental.	115
Figura 5.8. Familiarización con una de las herramientas a utilizar en el diseño experimental.	116
Figura 5.9. Prueba piloto del diseño experimental del estudio sobre la percepción de los materiales reciclados.	116
Figura 5.10. Ejemplo de análisis con código R.	119
Figura 7.1. Vestíbulo de la <i>Aalto University</i>	135
Figura 7.2. Formación del <i>Brain & Mind Symposium</i> 2019.	137
Figura 7.3. Conferencia dentro de la <i>Helsinki Design Week</i>	138
Figura 7.4. Visita al <i>Think corner</i> de la <i>University of Helsinki</i>	139
Figura 7.5. <i>Perception Evaluation Kit</i> en interihotel BCN19.	141
Figura 7.6. <i>Perception Evaluation Kit</i> en el ciclo INSIDE sobre bienestar.	141
Figura 7.7. Materiales para la exploración con la ficha de evaluación.	143
Figura 7.8. Espacio de medición en Interihotel BCN19.	143
Figura 7.9. Sesión de recolección de datos.	143
Figura 7.10. Sesión interactiva en Materfad.	144
Figura 7.11. Sesión en el <i>Master in Design through New Materials</i>	145

Tablas

Tabla 3.1. Recodificación de los estilos de aprendizaje.	66
Tabla 3.2. Peso de cada estilo de aprendizaje y preferencia de canal por participante.	66
Tabla 3.3. Test de asociación de Chi-cuadrado entre los niveles del estilo de aprendizaje auditivo y la preferencia de canal para más fácil.	68
Tabla 3.4. Test de asociación de Chi-cuadrado entre los niveles del estilo de aprendizaje auditivo y la preferencia de canal para más entretenido.	68
Tabla 3.5. Test de asociación de Chi-cuadrado entre los niveles del estilo de aprendizaje kinestésico y la preferencia de canal para más entretenido.	68
Tabla 4.1. Traducción de la Tabla <i>Types of Physiological Data Used in HCI Research</i> de Lazar, Heidi y Hochheiser (2017).	79
Tabla 4.2. Análisis comparativo de las herramientas.....	84
Tabla 4.3. Precisión de identificación para cada material y cada canal, con una prueba <i>Chi-Square</i> para detectar diferencias estadísticamente significativas entre los canales.	94
Tabla 4.4. Precisión de identificación para cada material, con una prueba <i>Chi-Square</i> para detectar diferencias estadísticamente significativas entre materiales.	94

01. Introducción

19

- 1.1. Motivación y objetivos de la investigación
- 1.2. Estructura de la tesis
- 1.3. Glosario

01. Introducción

1.1. Motivación y objetivos de la investigación

La experiencia emocional se ha convertido en una propuesta de valor de cara los usuarios (Norman, 2002). Una de las herramientas más utilizadas en el contexto actual, especialmente en el industrial, es la ingeniería kansei fundada por Mitsuo Nagamachi (1995) con el objetivo de desarrollar o mejorar productos y servicios a partir de trasladar las necesidades, las percepciones y emociones de los consumidores al dominio del diseño gracias a los diferentes parámetros del producto.

Más tarde otros autores participaron en la definición y en la propuesta de modelos de uso de la ingeniería kansei, como Ishihara, Eklund y Schütte (2007) con los principios de la ingeniería kansei.

Los estudios de ingeniería kansei normalmente consisten en métodos de investigación tanto cualitativos como cuantitativos. Hasta el momento hay ocho tipos de ingeniería kansei, tal como indican Nagamachi y Lokman (2016); en ocasiones la clasificación en un grupo u otro puede dar lugar a diferentes interpretaciones.

El uso de la ingeniería kansei en los últimos años se ha convertido en una disciplina importante en el mundo industrial y académico, como muestra de ello se puede observar el constante aumento de referencias a la disciplina en la literatura. Fruto de esta expansión han emergido ideas como la de *Kansei Science* y *Kansei Design*, tal como presenta Lévy (2013).

Kansei Science representa un punto de encuentro entre la ingeniería kansei y las ciencias cognitivas, con el objetivo de caracterizar y evaluar las experiencias emocionales y la creatividad, para contribuir a comprender la mente de acuerdo con los conocimientos derivados de la psicología y la fisiología.

En cambio, el *Kansei Design* propone otro enfoque. Se dividen en dos grupos, en función del foco: la materialidad física de los artefactos con su preferencia/evaluación de los artefactos por parte de los usuarios o en la materialidad interactiva de los artefactos. Siempre trabajando la incertidumbre y la ambigüedad mediante las habilidades de diseño, respecto al razonamiento lógico que utilizan las otras aproximaciones de kansei.

La ingeniería kansei permite, gracias a su gran variedad de tipos, muchas aplicaciones y es un recurso que facilita y posibilita trabajar a expertos y profesionales de diversas disciplinas, son prueba de esta multidisciplinariedad los autores que presentan trabajos en los varios congresos sobre kansei y que publican artículos en revistas científicas. Las temáticas de estudio se centran en áreas de computación, diseño, ingeniería, ergonomía, evaluación, teoría y ciencia, ontología, música, entre otros. Muchas de estas aplicaciones son productos (Schütte, Schütte y Eklund, 2005; Marco-Almagro y Tort-Martorell, 2012); asimismo también pueden ser aplicados a servicios y/o experiencias (Chen, Chang, Hsu y Xiao, 2015; Li y Yan, 2016; Ayas, Eklund y Ishihara, 2008).

Es por este motivo que se considera una herramienta con potencial para utilizar en la disciplina del diseño y de la ingeniería en diseño de producto, ya que es un método que facilita la aplicación los conceptos emocionales en los productos, servicios y/o experiencias (Zöller y Wartzack, 2017). El diseño es una de las herramientas que permite crear productos que puedan dar solución a estas necesidades emocionales, y cada vez más se mueve hacia la integración de los valores emocionales en los mismos productos, tal y como indica Krippendorff (2006).

Para poder integrar estos valores se necesitan equipos multidisciplinares donde cada uno de los participantes aporte su visión para crear una idea final integradora y holística. La unión de diferentes visiones y formas de trabajar permitirá y hará más factible la investigación, el análisis y la definición de nuevas vías de trabajo y de soluciones.

A partir de la comprensión de la disciplina y un primer estudio realizado sobre las aplicaciones de la ingeniería kansei, se han detectado posibles oportunidades. Los cambios actuales en la era de la información y las nuevas tecnologías indican nuevas posibilidades en la aplicación de la ingeniería kansei, así como elementos de innovación o premisas que se deberían tener en cuenta a la hora de realizar los estudios.

El primer elemento son los distintos canales de comunicación utilizados para transmitir la información de productos y diseños. En función de las características de estos canales los usuarios recibirán más o menos información, y por lo tanto su percepción puede variar. En consecuencia, la comprensión del mejor formato para transmitir la información de un diseño y su materialización, es relevante durante el proceso de aprendizaje, así como explorar si en función del estilo de aprendizaje de la persona, hay formatos más adecuados que otros. Otro de los elementos son las herramientas de medición para poder a través de la evaluación comprender la percepción del usuario de una forma más exacta y cuidadosa. Estas herramientas se dividen en dos grandes grupos –autoreporte y fisiológicas– la combinación de las dos puede permitir tener una visión más completa, y, por lo tanto, es necesario explorar cómo usarlas para sacar el mejor potencial de ambas y tener una imagen más íntegra de la percepción del usuario. Por último, en un contexto de diseño basado en datos, es interesante explorar la incorporación de la idea de ingeniería estadística en todos los diseños de experimento que se aplique la ingeniería kansei con la idea de ampliar el conocimiento y mejorar la aplicación de las distintas técnicas estadísticas en el campo del diseño.

A continuación, se detallan los objetivos específicos de investigación que parten del objetivo general: la aplicación teórica y experimental de la ingeniería en el campo del diseño, desde una perspectiva basada en la ingeniería estadística.

1. Comprender el estado del arte sobre diseño y emoción.
2. Proponer un marco teórico común sobre las definiciones, teorías y herramientas de medición de las dimensiones emocionales.
3. Entender la influencia del canal de comunicación sobre la percepción del usuario del producto o servicio.
4. Detectar la mejor opción para estudiar los materiales –propiedades sensoriales– en función del canal de comunicación y el estilo de aprendizaje.
5. Comparar la información sobre la percepción del usuario obtenida de herramientas de autoreporte y de herramientas de mediciones fisiológicas.
6. Explorar la combinación de distintos tipos de herramientas
7. Incorporar la ingeniería estadística de forma transversal en toda la investigación.
8. Crear unas pautas para mejorar el conocimiento y aplicación de la estadística en la investigación a través del diseño.

Para poder aplicar e investigar a través de casos de estudio ha sido necesario seleccionar una temática concreta. Todo producto, servicio y/o experiencia acaba de una forma u otra materializándose, y es en este momento o acción dónde el usuario entra en contacto con el diseño. Por lo tanto, los materiales son un elemento clave en todo diseño, y en consecuencia la presente tesis basa los estudios de caso en comprender los materiales como elemento que provoca estímulos y reacciones a los usuarios.

La tesis utiliza datos reales como base para realizar y presentar la investigación. Los datos provienen de los distintos casos de estudio, como se ha comentado anteriormente, realizados en los capítulos 03. Canales de Comunicación y 04. Herramientas de Medición. Los métodos estadísticos aplicados se han realizado con los *softwares* especializados: R (R Core Team, s.f.) y Minitab.

1.2. Estructura de la tesis

En la Figura 1.1 se representa la estructura de la tesis que consta de siete capítulos, y se vinculan a cada capítulo los objetivos específicos de la investigación.

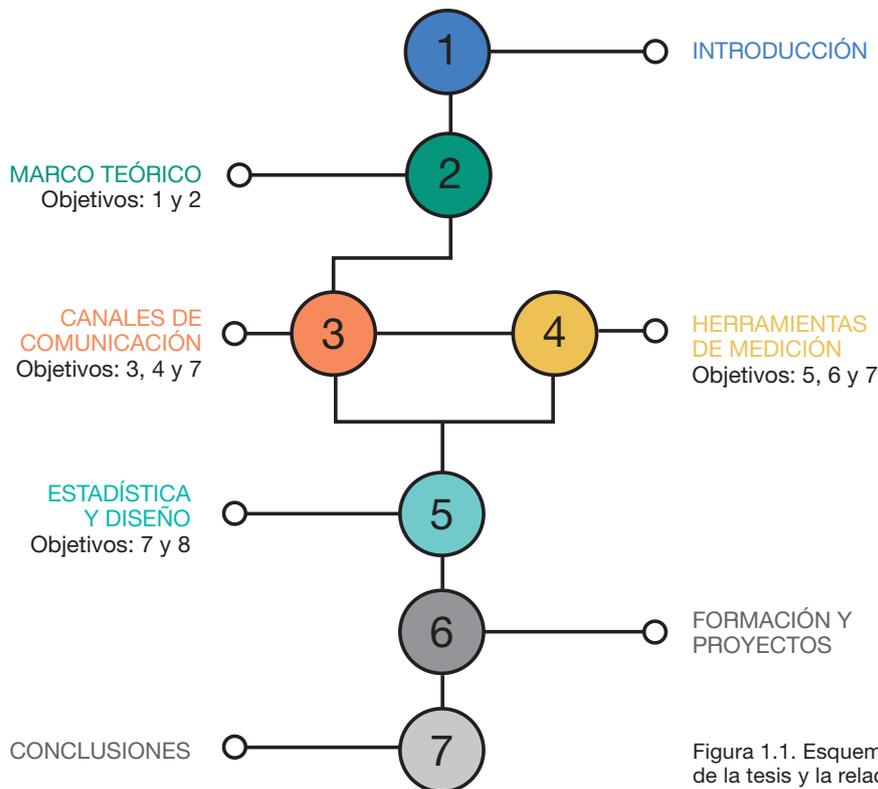


Figura 1.1. Esquema de organización de la tesis y la relación con los objetivos específicos.

Al primer capítulo introductorio, le siguen los cuatro capítulos de contenido de la tesis y cada uno de ellos da respuesta a algún objetivo específico.

En el Capítulo 02. Marco Teórico de las dimensiones emocionales para el diseño, se presenta una revisión exhaustiva de la literatura sobre el tema para comprender el estado del arte –definiciones, teorías y herramientas de medición-. En el Capítulo 03. Canales de Comunicación se exploran las diferencias de percepción en las propiedades sensoriales de los materiales en función del formato y la información recibida. El Capítulo 04. Herramientas de Medición se presentan los resultados de la exploración y comparación de herramientas de autoreporte y herramientas de medición fisiológica para investigar la percepción de los usuarios sobre los materiales reciclados. Seguidamente, en el capítulo 05. Estadística y Diseño se discute la relación entre estas dos disciplinas y propone el *Data Collection Toolkit*, una serie de recursos, metodologías y herramientas para que los diseñadores apliquen la estadística de forma correcta en todos los diseños experimentales.

Posteriormente, se encuentra el capítulo 06. Conclusiones dónde se resumen los principales resultados y aportaciones de la investigación, y su impacto, además se presentan las posibles futuras líneas de investigación. Por último, el capítulo 07. Formación y Proyectos se enumeran las actividades formativas que se han realizado y se vincula la investigación con otros proyectos que representan un ejemplo de aplicabilidad y potencial del contenido generado en otros ámbitos.

Los capítulos que conforman esta tesis doctoral han sido parcialmente publicados, y se detallan los trabajos en la sección 6.2. Impacto de la tesis. Los coautores de dichos trabajos conocen, y están de acuerdo en que el contenido sea utilizado en la actual tesis doctoral.

1.3. Glosario

Antes de dar inicio a la investigación de la actual tesis doctoral, se presentan los conceptos y el glosario más relevante de ésta, para poder comprender desde el inicio el enfoque y las disciplinas que se trabajan de forma tangencial durante el desarrollo (ver Figura 1.2).

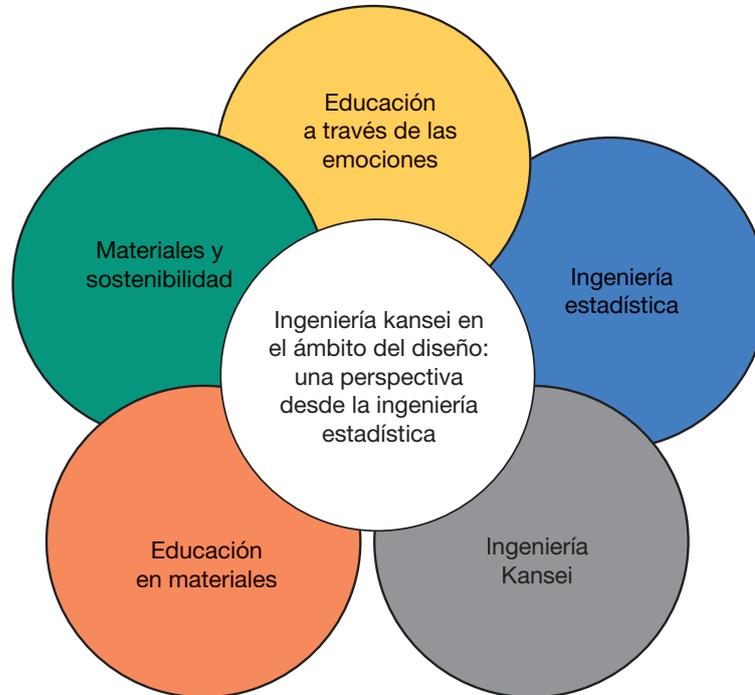


Figura 1.2. Relación de disciplinas y temáticas que conforman la base a la tesis doctoral.

En la Figura 1.2 se aprecian cinco temáticas que de forma conjunta participan en la materia central de la tesis. Seguidamente se explica y contextualiza el glosario presentado para tener una base común.

- Ingeniería Kansei: Método que permite traducir las percepciones e impresiones de los usuarios a características y parámetros del diseño –producto, servicio y/o experiencia–.
- Ingeniería Estadística: Disciplina dedicada a proporcionar una orientación para desarrollar estrategias apropiadas –a través de la discusión de las herramientas, métodos estadísticos y analíticos– para resolver problemas complejos que requieren datos y análisis de estos.
- Educación en materiales: En el proceso de aprendizaje en diseño, uno de los criterios importantes es la selección de materiales. Se consideran una amplia gama de problemas y necesidades a resolver, y en consecuencia la comprensión holística del material –incluyendo las propiedades técnicas, las sensoriales y las emocionales– es un paso relevante.
- Materiales y sostenibilidad: Los diseñadores juegan un papel clave para promover y desarrollar iniciativas que reduzcan la cantidad de residuos generados y favorezcan el uso de materiales reciclados. Es relevante comprender cómo los consumidores perciben los materiales reciclados y determinar de qué manera se puede promover una mayor aceptación.
- Educación a través de las emociones: Los nuevos cambios metodológicos en el sistema educativo y los avances en neurociencia demuestran que las personas aprenden mejor –dan más significado y valor a los nuevos conocimientos– a través de las emociones.

Las definiciones presentadas son un punto de partida para seguir con la lectura de los capítulos principales que vienen a continuación.



02. Marco teórico de las dimensiones emocionales para el diseño

- 2.0. Introducción al capítulo
- 2.1. Diseño y Emociones
- 2.2. Marco teórico de las dimensiones emocionales
 - 2.2.1. Estudio de investigación: terminología y herramientas de medición
 - 2.2.1.1. Sensación
 - 2.2.1.2. Percepción
 - 2.2.1.3. Emoción
 - 2.2.1.4. Sentimiento
 - 2.2.1.5. Afecto, estados de ánimo o estado anímico
 - 2.2.2. Análisis: hacia una nueva Sistematización Emocional
- 2.3. Mapeo preliminar de diseño y emoción
- 2.4. Conclusión

02. Marco teórico de las dimensiones emocionales para el diseño

2.0. Introducción al capítulo

Introducción a las dimensiones emocionales – sensación, percepción, emoción, sentimiento y afecto– con sus respectivas definiciones. Así como a las teorías referentes y herramientas de medición que pueden aplicarse en el campo del diseño, para promover un diseño centrado en las emociones.

Pregunta de investigación: ¿Cuáles son las definiciones, teorías y herramientas de medición que se centran en las dimensiones emocionales del diseño?

2.1. Diseño y Emociones

Las emociones cada vez tienen más presencia, valor e importancia en el diseño. En el contexto actual cada vez hay más productos similares en el mercado que realizan la misma función, y, por lo tanto, a los usuarios les resulta complicado diferenciar entre productos (Reynolds y Olson, 2001; Straker y Wrigley, 2015). Tal como indica van Gorp y Adams (2012) las necesidades humanas siguen una jerarquía, por lo que en el momento que quedan cubiertas las de un nivel inferior se necesita enfocar en las de una posición superior. Los niveles de necesidad como consumidores (Sanders, 1992; Jordan, 2000), por orden ascendente, son: la funcionalidad, la usabilidad y el placer (ver Figura 2.1).



Figura 2.1. Niveles de necesidad como consumidores.

Este último entendido como estadio donde el producto proporciona unos beneficios emocionales al usuario y/o consumidor. Es por este motivo que la experiencia emocional se ha convertido en una propuesta de valor (Norman, 2002), porque por un lado permite diferenciar de la competencia y por otro, permite establecer una relación y conexión más fuerte con los usuarios y consumidores (Ho y Siu, 2010).

En este contexto, el diseño emocional aplicado en el desarrollo de productos, servicios o experiencias ha crecido significativamente en las últimas décadas. Los diseñadores industriales han pasado de la funcionalidad simple a una concepción de diseño donde su objetivo principal es crear para construir emociones profundas y largas, así como vínculos con los usuarios (Roberts, 2005). En consecuencia, diseñadores, investigadores y empresas han comenzado a desarrollar diferentes formas de introducir el diseño emocional en los procesos creativos.

Cabe destacar que el diseño emocional, al igual que el diseño industrial, ha recibido distintos nombres durante estos años, como son: diseño afectivo, diseño hedónico, diseño empático, diseño de factores afectivos humanos, entre otros. Todas estas teorías se pueden agrupar bajo el paraguas del diseño emocional o diseño para las emociones, con el objetivo principal de entender el papel que juegan las emociones humanas en la interacción con los distintos diseños (Aumer-Ryan, 2005) que crean y establecen vínculos con el usuario más allá de lo racional (Observatorio de Mobiliario, 2016). Cuando se piensa en diseños –productos, servicios o experiencias– para algún fin determinado, el cerebro tiene una reacción al considerar la funcionalidad entre otros factores, estos establecen una relación usuario-diseño. Todo lo mencionado anteriormente forma parte de la experiencia emocional, que finaliza con una decisión sobre dicho diseño o con base en él. Es decir, el objetivo final del diseño emocional es poder crear experiencias, servicios o productos que de alguna forma proporcionen a los usuarios experiencias positivas mediante las relaciones que se lleguen a establecer.

Además, los estados emocionales están asociados con las diferentes formas en que se procesa la información, y en una capa aún más profunda, en la toma de decisiones. Es decir, en la valoración de un diseño concreto las emociones tienen la capacidad de ir más allá de lo cognitivo y racional en los usuarios, y en muchos casos la decisión sólo tiene en cuenta el beneficio emocional –cómo se siente el usuario al tener ese diseño, así como la relación con las otras personas– y no tanto las características intrínsecas (Gray, Braver y Raichle, 2002; Norman, 2004).

Según JungKyoon Yoon, Anna E. Pohlmeier y Pieter M.A. Desmet (2016), comprender las emociones del usuario es relevante para el diseño, ya que responde a una de las mayores necesidades del consumidor. Es por este motivo que el diseño actual se está moviendo hacia la integración de valores emocionales en los mismos productos, tal como indica Krippendorff (2006). Para integrar estos valores, se necesitan equipos multidisciplinarios en los que los participantes puedan contribuir con su visión para obtener como resultado una idea final integrada y holística. Durante el proceso de trabajo en equipo, puede aparecer confusión respecto al uso del vocabulario y el lenguaje emocional específico de cada campo, ya que las emociones están presentes de forma transdisciplinaria, como señala Scherer (2005).

Para poder poner el foco en las emociones y el impacto de estas en el diseño, previamente hay que entender qué son y cómo se manifiestan o expresan. Por este motivo en el siguiente apartado se realiza una revisión de los diferentes conceptos asociados a las dimensiones emocionales, con el objetivo de unir definiciones, teorías y herramientas usadas en distintos campos de conocimiento.

2.2. Marco teórico de las dimensiones emocionales

La investigación que se presenta a continuación tiene como objetivo principal promover la integración de las emociones durante cualquier etapa del proceso de diseño mediante una taxonomía común que permita una mejor comunicación, así como proporcionar recursos y herramientas para reafirmar la intención de los diseñadores.

Las taxonomías que se pueden consultar en la actualidad se han hecho para comprender y ayudar a clasificar, de forma consensuada, el número y la naturaleza de las emociones. La gran mayoría de las taxonomías provienen de la psicología (Panksepp, 2004) con la idea de estar abiertas a modificaciones y cambios según los avances de la ciencia y los nuevos conocimientos sobre la mente. Después de investigar y analizar las diferentes taxonomías presentadas por la ingeniería y el diseño, y debido a la falta de consenso del lenguaje y clasificación de las emociones, se ha encontrado la oportunidad de desarrollar una nueva taxonomía con definiciones, teorías y herramientas sobre diseño y emoción.

La metodología utilizada para construir la taxonomía es fruto del análisis y clasificación de una revisión de literatura y más específicamente una revisión sistemática porque no solo se enfoca en la emoción y el diseño, sino que también tiene como objetivo responder a una pregunta específica. En este caso la pregunta de investigación es la siguiente: ¿Cuáles son las definiciones, teorías y herramientas de medición que se centran en las dimensiones emocionales del diseño?

Para poder responder a la pregunta de investigación específica se ha realizado una revisión sistemática en dos bases de datos electrónicas: *Web of Science* y *Scopus*, durante el período concreto del año 2008 al 2018. Se han incluido todos los estudios que abordan el tema de las emociones desde diferentes disciplinas, y han sido factores de exclusión las investigaciones relacionadas con la psiquiatría, la gestión de las emociones y los trastornos emocionales.

Las combinaciones de palabras clave utilizadas en la revisión sistemática provienen del desglose de la pregunta específica y se ha realizado la búsqueda en inglés. Las combinaciones finales son las siguientes: *Emotion + Design*, *Emotion + Theories*, *Emotion + Tool*. El proceso de la revisión sistemática se ha realizado siguiendo las etapas establecidas para este tipo de investigación específica, ver Figura 2.2. Primeramente, las palabras clave y sus combinaciones en las dos bases de datos mencionadas anteriormente. En segundo lugar, se realiza una selección de artículos predeterminada por el título. El tercer paso, es la selección o el descarte de los artículos en función de las palabras clave y la lectura del resumen. Finalmente, se cierra este proceso de investigación con la lectura completa de los artículos preseleccionados. Una vez finalizada la estrategia de búsqueda descrita, se excluyen los artículos que se repiten.

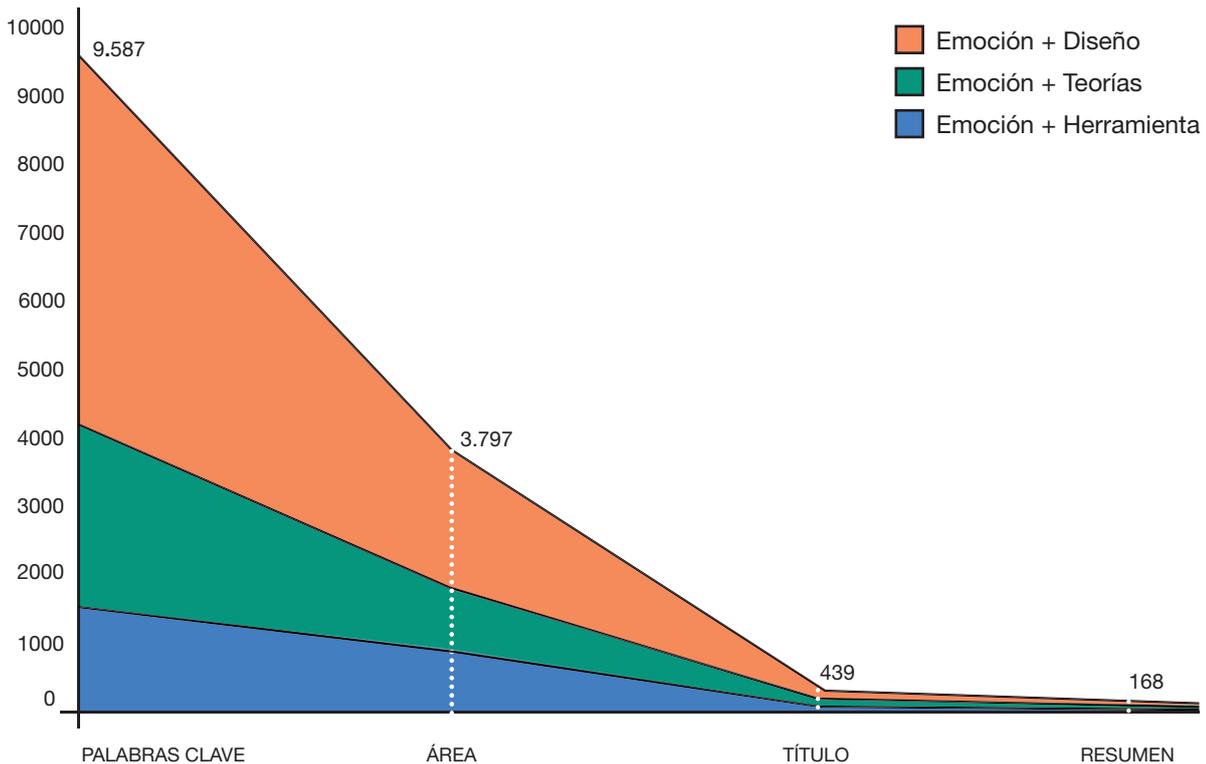


Figura 2.2. Proceso de la revisión sistemática de la literatura por fases: combinación de palabras clave, área, título y resumen. Fuente: Abella Garcia, Clèries y Marco-Almagro, 2020.

La Figura 2.2 proporciona una visión global de la cantidad de artículos según la etapa de la revisión sistemática de la literatura. Se ha encontrado un número importante de artículos por cada combinación de palabras clave, a continuación, se detalla el número concreto de cada proceso. En *Emotion + Design* en la parte inicial son 5.399 artículos, después de la inclusión y exclusión por área temática 1.990, por selección del título 234 y finalmente 88 después de la lectura del resumen. En *Emotion + Theories* los artículos encontrados, en el mismo orden de las fases, son 2.640, 870, 99 y 42; y para *Emotion + Tool* 1.548, 937, 106 y 38.

Durante el último proceso de la revisión sistemática, la lectura completa de los artículos seleccionados, se ha llevado a cabo la detección y recopilación de las palabras clave que hacen referencia a las emociones, los autores y las teorías, así como herramientas de medición más repetidas. Toda la información se ha sintetizado y resumido por artículo en un formato de palabras clave, con el objetivo de acceder al contenido del artículo de una forma más eficiente y rápida. Posteriormente las palabras clave y las referencias del artículo se han introducido en un documento Excel, para analizar mediante clusterización –agrupación en función de la similitud y diferencia entre ideas y conceptos– y frecuencia de repetición, concluyendo en cinco dimensiones emocionales diferentes. En último lugar, se ha ubicado en cada dimensión emocional cada autor, teoría y herramienta de medición siguiendo una coherencia.

La división de las cinco dimensiones emocionales surge de la necesidad de organizar y comprender qué relaciones y diferencias existen entre ellas. Esta forma de organizar las dimensiones permite ayudar a los profesionales, especialmente a los que se dedican al sector de la ingeniería y el diseño, a comprender, incorporar y utilizar este conocimiento. Las cinco dimensiones emocionales son: sensación, percepción, emoción, sentimiento y afecto. A continuación, ver sección 2.2.1, se presentan todas ellas siguiendo una misma estructura: primero una definición de la palabra concreta, las teorías con sus correspondientes autores de referencia, y, por último, las herramientas de medición –también incluye métodos y metodologías–.

2.2.1. Estudio de investigación: terminología y herramientas de medición

A partir de las diversas disciplinas que han participado activamente en la definición y la comprensión de las emociones, se definen a continuación todas las dimensiones emocionales con el objetivo de que esta información sea relevante para las disciplinas del diseño y la ingeniería.

2.2.1.1. Sensación

La sensación significa detectar o reaccionar a un estímulo. Los sentidos recopilan los datos –estímulos– que posteriormente son presentados a la mente, los umbrales sensoriales son relevantes ya que representan los límites de detección durante este proceso (Bisquerra, 2016). Las sensaciones son las experiencias sensoriales que las personas tienen, y siempre preceden a la percepción.

La representación gráfica de Penfiel, Homúnculo Cortical (Boundless, 2016), es un mapa que muestra la participación de los diversos órganos dedicados a detectar estímulos externos situados en el cerebro. En esta figura, se puede observar que las manos, los labios y la cara presentan un tamaño más grande en comparación con el resto, el significado de la dimensión significa que estos órganos tienen una mayor sensibilidad en el procesamiento y la comprensión de la información que recopilan.

Al mismo tiempo, el gráfico representa una visión multisensorial o multimodal de las sensaciones. Esta perspectiva también la han utilizado otros autores, como Bedolla Pereda (2018) o Lévy (2013). El enfoque de multisensorialidad ha dejado de lado otras que delimitaban las experiencias sensoriales a un solo canal sensorial, como indican Bandini Buti et al. (2010). Por lo tanto, según Pagliarini (2002) de acuerdo con esta naturaleza multisensorial que las personas tienen la capacidad de identificar, los productos diseñados deberían integrar intrínsecamente esta estimulación multisensorial. Por esta razón, para poder hacer una interpretación adecuada de los atributos sensoriales son necesarias herramientas de medición que van más allá de los parámetros técnicos.

Se ha ampliado la investigación de las herramientas de medición en términos de los parámetros que analizan y qué sentidos sensoriales trabajan. En la actualidad, existen repertorios en los que aparecen clasificaciones de distintas herramientas, como las propuestas por *The Design & Emotion Society* (Gorno, 2012): herramientas para medir la reacción emocional a los productos, herramientas para representar y/o explorar la información, herramientas y métodos para definir las características del producto, herramientas para medir las características sensoriales, herramientas para medir las expresiones y significados del producto, y herramientas para recolectar información. Como resultado, se presentan a continuación una gran variedad de herramientas, algunas de las cuales son dispositivos y otros softwares, que ayudan a comprender a los usuarios a través de los sentidos. Se presentan ordenados por los sentidos, en primer lugar, las que corresponden con el sentido del oído en los que se puede encontrar: SoundBe (Dal Palù et al., 2014), Diapasones (Laughlin, 2008), Decibelímetro y *Voice-Gesture Sketching Tool* (Bencina, Wilde y Langley, 2008). Para el gusto, una rueda de sabor –que comparte con el sentido del olor– y una lengua electrónica. El sentido del olfato se puede evaluar con la *Sensory Box Explorer* (Centro Studi Assaggiatori, 2012), la nariz electrónica (Mottram y Elmore, 2003). Para el tacto, *Touchfeel* (van Laack, 2014) y BioTac (Ros, 2015). Finalmente, para la vista, la escala Pantone (Pantone, 2017), la escala NCS Brillo (NCS Color, 2018a), el medidor de luminosidad NCS (NCS Color, 2018b) y el espectrofotómetro (CRAIC Technologies, 2018). Además, se complementa con las herramientas que captan la información de forma multisensorial como son: Revel (Bau y Poupyrev, 2012), Eye Tracking (Eyetracking Inc., 2011), PrEmo (Lokman, Ishak y Hadiana, 2013), The Observer XT (Noldus, 2018b), EEG (Zheng, Dong y Lu, 2014) y *Face Reader* (Noldus, 2018a).

Como se explicó anteriormente, existen herramientas de medición fisiológica para recopilar datos a través de un único sentido y otros que funcionan de manera multisensorial. La parte importante al trabajar con herramientas que recopilan datos es detectar sólo ciertos parámetros, de manera controlada y sin alcanzar un número muy elevado, además de comprender correctamente el contexto en el que se está midiendo (Oliver, 2017).

La Figura 2.3 ofrece una representación visual de algunas herramientas, técnicas y dispositivos que se encuentran actualmente en el mercado y/o que se utilizan en los departamentos de investigación. Las relaciones entre herramientas de medición y sentidos hacen posible comprender qué parámetro o herramienta serán apropiadas en función de las necesidades y objetivos del proyecto. Las herramientas que están presentes en más de un sentido son multisensoriales o multicanal, y las otras están presentes en un solo canal sensorial.

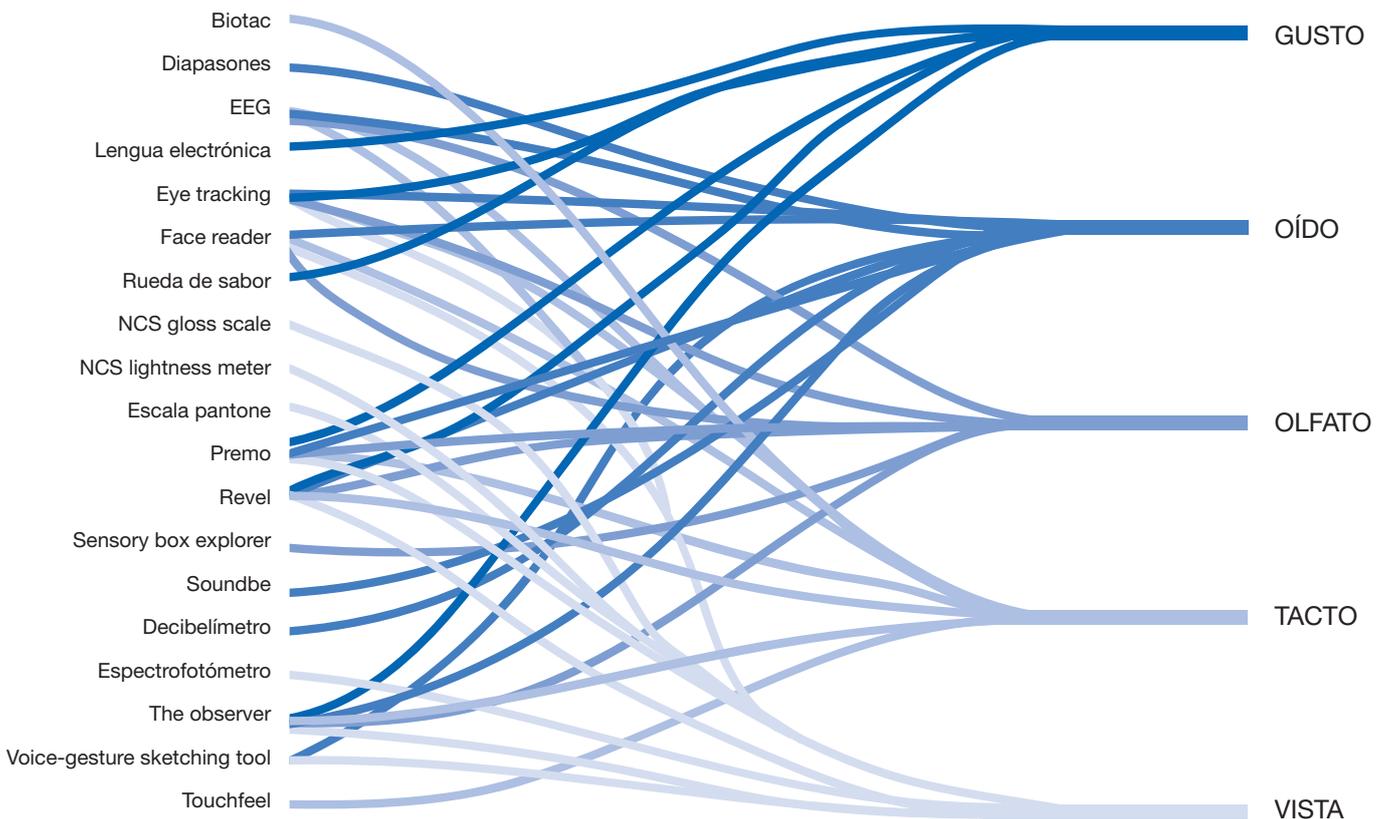


Figura 2.3. Herramientas para medir la sensación. Fuente: Abella Garcia, Clèries y Marco-Almagro, 2020.

2.2.1.2. Percepción

Percibir implica registrar un estímulo, interpretarlo y darle significado (Saéz, 2012). No hay percepción sin sensación previamente, pero la sensación no determina completamente la percepción. Percibir es recordar, ya que se basa en experiencias conocidas o aprendidas y, por lo tanto, hay un reconocimiento (RAE, 2018; Lexico, 2019; Abella Garcia et al., 2019). La complejidad del proceso de percepción es su naturaleza intrínseca multidimensional combinada con una actitud subjetiva (Bisquerra, 2016).

Germark (2013) define la evaluación de la dimensión perceptiva de los productos a través de la *Soft methodology*, una serie de métodos y herramientas para medir cómo el consumidor percibe las características sensoriales de los diferentes productos en términos cualitativos y cuantitativos. Según Lerma y Dal Palù (2016), la metrología se define como el conjunto de técnicas y herramientas de medición que tienen como objetivo cuantificar y determinar ciertas propiedades a través de la percepción humana.

En los ejemplos de las herramientas para esta evaluación se incluyen un conjunto de herramientas gráficas basadas en el modelo circunplejo de Russell (1980), las dimensiones de las emociones de Wundt (1912) y la escala diferencial de las emociones –DES– (Izard, 1992).

El modelo circunplejo de Russell (Posner, Russell y Peterson, 2005) propone una guía en la cual las emociones se distribuyen en un círculo bidimensional. Las dos dimensiones son la excitación o *arousal* representada en el eje vertical que representa el nivel de estimulación fisiológica y la valencia o *valence* en el eje horizontal que está formada por los juicios mentales sobre el valor de las cosas, que al mismo tiempo está influenciado por la experiencia –principalmente de dolor y placer–. En el centro del círculo aparece un punto neutro con respecto a estas dos dimensiones. Por lo tanto, se puede representar en el nivel que se considere apropiado. Este modelo se ha utilizado como prueba de expresiones faciales, estados afectivos y palabras de emociones.

Según la definición de Ekman (2016), las dimensiones de las emociones de Wundt es una propuesta para describir las emociones en un vector tridimensional: placer versus displacer, activación versus calma y tensión versus relajación.

La escala diferencial de las emociones de Izard es un instrumento estandarizado, creado para clasificar y dividir la experiencia emocional del usuario en categorías válidas y discretas de emoción, como indica la definición de *The Design & Emotional Society* (Gorno, 2012).

Las herramientas de evaluación perceptual, presentadas anteriormente, se clasifican en esta dimensión ya que todas implican un proceso de comprensión y ubicación del estímulo en los ejes correspondientes, para poder dar un significado y resultado. Por lo tanto, la evaluación –registro, interpretación y significado del estímulo– proviene de la dimensión perceptiva de los productos y diseños en concreto, así como su recuerdo en el momento de la experiencia. Además, cabe destacar que estos métodos visuales pueden trascender la barrera de los idiomas ya que al mostrar imágenes y figuras facilitan el entendimiento.

2.2.1.3. Emoción

Una emoción es un estado mental, y, por lo tanto, ocurre en el sistema nervioso de forma espontánea y con una duración corta –puede variar de segundos a minutos– tal como indica Desmet (2003). Es un impulso involuntario que se forma como respuesta a los estímulos del ambiente y además causa una respuesta psicológica, ya sea positiva o negativa. Los estímulos pueden ser un evento actual, pasado o futuro, y tener una naturaleza real o imaginaria, y se pueden presentar de forma consciente o inconsciente, ya que la emoción no distingue entre realidad y ficción. Por lo tanto, hay la misma posibilidad de reaccionar en una situación real como en una que es simulada, siendo las películas o la realidad virtual un ejemplo de esto.

Según Bisquerra (2016), la respuesta emocional produce una triple acción: neurofisiológica, conductual y cognitiva, y al mismo tiempo predispone a una acción. Esta afirmación puede relacionarse con el cerebro triuno de MacLean, difundido por Goleman (Panskepp, 1998). Los tres cerebros son: el reptiliano, involucrado en acciones neurofisiológicas, el límbico o emocional con el comportamiento y el neocórtex o racional con la cognición.

Las emociones son biológicamente innatas, universales para todos los humanos, y pueden mostrarse según Tomkins (2009) a través de las respuestas faciales, o según Ekman, Friesen y Ellsworth (1972) a través de las expresiones faciales.

Todas las emociones tienen una función, ayudar a adaptarse en el contexto tal como las define Bisquerra (2016) y son de gran importancia para regular la vida (Ekman, 2004). Es decir, las emociones son una herramienta de supervivencia esencial, ya que permiten comprender y aprender sobre el mundo, por lo que muchas especies distintas, a parte de los seres humanos, tienen emociones.

No hay una clasificación de emociones buenas y malas, ya que todas las emociones son buenas y tienen una finalidad concreta. Las emociones necesitan atención y afectan a la memoria según Reeves y Nass (1998). La intensidad de una emoción está relacionada con la claridad y la fuerza con la que se recuerda. Se ha demostrado que no se asigna la misma atención dependiendo de si la experiencia fue negativa o positiva, las experiencias negativas tienden a exigir mucha más atención, es por este motivo que a largo plazo implica que se recuerden más fácilmente.

En este punto, cabe destacar las emociones estéticas definidas por Bisquerra (2016) como respuestas emocionales que surgen de la contemplación de obras de arte y creaciones artísticas. Este grupo es de interés para el diseño, ya que se considera un grupo separado en las clasificaciones de las emociones.

Las disciplinas de diseño e ingeniería están poniendo el foco en las emociones, y en cómo fortalecerlas y trabajar con ellas en los procesos creativos. Es por este motivo que varias teorías y metodologías han surgido para diseñar productos, servicios o experiencias, tales como:

- *Design for Emotions* de Aarron Walter (2011): Propone una estructura piramidal que los productos deben seguir para satisfacer de una forma completa las necesidades de las personas. En primer lugar, los productos deben ser funcionales. Una vez superado este nivel, fáciles de usar, para, por último, llegar a ser agradables y placenteros. El autor considera que muchos de los productos actuales presentan carencias respecto al último nivel, las necesidades emocionales, y enfatiza la importancia de diseñar para las emociones de los usuarios ya que esto conducirá a una experiencia más positiva.
- “Faces of Product Pleasure” (Desmet, 2012): Las investigaciones analizan las emociones en la interacción del producto con el usuario, fruto de este proceso se determinan 25 emociones positivas.
- “A Framework for Empathy in Design” de Kouprie y Visser (2009): Algunas de las universidades pioneras en diseño, como *Parsons School* (The New School, 2017) están enseñando a sus estudiantes, y por lo tanto futuros profesionales del sector, cómo abordar las necesidades emocionales de los usuarios a través de metodologías que estimulen y trabajen la empatía.
- *Emotion-driven design approach* (Ozkaramanli y Desmet, 2012): Explicación y comprensión holística de las experiencias emocionales positivas para aplicar al diseño.
- *Framework in which negative emotions can be pleasant* (Fokkinga y Desmet, 2013): Pautas para transformar las emociones negativas en una experiencia agradable, y evitar lo contrario.
- *Levels of emotional proceedings* (Norman, 2004): Se analiza la experiencia del consumo y la personalidad que presentan los diseños, y, por lo tanto, estos envían una señal emocional. Lo anterior está en relación con los niveles de procesamiento emocional: el nivel visceral, el nivel de comportamiento y el nivel reflexivo. El nivel visceral transforma la información sensorial para obtener retroalimentación del nivel de comportamiento, y el nivel reflexivo es responsable de mantenerla en el tiempo.
- *Emotional well-being*: Utiliza las emociones como medio para contribuir en el bienestar de las personas que compran y usan productos. Desmet y Pohlmeier (2013) proponen un marco que incluye 20 estrategias para diseñar para el bienestar subjetivo.
- *Positive Design de Desmet* (2013); “Embodied Typology of Positive Emotions: The Development of a Tool to Facilitate Emotional Granularity in Design” de Yoon, Desmet y Pohlmeier (2013); “Design for Happiness” de Lakhota (2011), y “Positive Affect” de Miller (2011): Teorías que se centran en cómo diseñar en función de lo que hace sentir bien y feliz a las personas, con una connotación positiva. En este campo, se pueden encontrar herramientas con estilos distintos que sirven de inspiración y/o medición de las emociones. Por ejemplo, la base de datos interactiva (Scarpellini, 2013) que incluye cientos de ejemplos o el instrumento de medición del impacto de la felicidad en el diseño de Kamp y Desmet (2014).
- Ozkaramanli, Desmet y Hekkert (2012) indican la importancia que tienen las emociones en la toma de decisiones. Los autores señalan que la influencia en las emociones puede terminar afectando el proceso de decisión o resolución, y es por este motivo, que el comportamiento emocional resume como palabra clave todos los estudios que hablan sobre emociones, decisiones y consumo.

- *Five ways to design for emotions* (van Hout, 2019): El autor propone varias formas de comprensión, medición y diseño del impacto emocional en el contexto de productos, servicios y sistemas.
- Tres tipos de beneficio para el usuario según Jordan (2000): hedónico, práctico y emocional. Si los beneficios en el campo emocional se dividen de acuerdo con la clasificación de van Gorp y Adams (2012) se puede observar que existe una jerarquía que comienza con las respuestas emocionales, seguida de las experiencias emocionales y termina con las relaciones emocionales. Van Gorp y Adams trabajaron juntos en la tendencia que presentan las personas en ver la personalidad en objetos y en la formación de relaciones con estos objetos.
- *Emotionally durable design* (Chapman, 2015) propone una visión centrada en el uso de las emociones para promover una relación de afecto y apego de los usuarios con sus respectivos productos, con el fin de conservarlos durante más tiempo.

Aunque actualmente hay un gran avance en el desarrollo de *softwares* y aplicaciones que miden las emociones, a través de herramientas biométricas basadas en métodos múltiples (Lasa et al., 2017) o *biofeedback* (Li et al., 2016; Choi et al., 2017), esta sección no explica herramientas y/o técnicas para medir las emociones por dos razones que se describen en los siguientes párrafos.

En primer lugar, porque las emociones entendidas como estados mentales y en función de las teorías mencionadas anteriormente pueden presentar distintas formas. En otras palabras, diseñar para la alegría será y precisará un procedimiento distinto que para el miedo; encontrar recursos que faciliten la creación de pautas tan genéricas es complejo. En segundo lugar, las emociones están completamente relacionadas con el contexto. Como resultado de este acto involuntario, tiene diferentes formas de presentarse neurológicamente, conductual y cognitivamente, y culmina en una acción. Resulta un gran desafío comprender la acción resultante y al mismo tiempo tratar de medir este impulso involuntario con sus modos de respuesta.

2.2.1.4. Sentimiento

Un sentimiento es una emoción hecha consciente. El componente cognitivo entra en juego en esta parte. En concreto, la percepción de una emoción sería el sentimiento. Los sentimientos son la representación de la mente para indicar que ha habido un cambio en el organismo (Ekman, 2004). El uso de estos modelos lleva a la mente a ignorar ciertos aspectos del cuerpo cuando es necesario para la propia supervivencia. Por ejemplo, puede resultar de utilidad para la mente ignorar experiencias dolorosas para el cuerpo cuando la necesidad primordial es escapar del peligro, como indica Damasio (1994).

Los sentimientos se dirigen intencionalmente hacia algo e involucran una relación persona-objeto (Frijda, 1994). Además, constituyen los gustos de las personas, así como sus actitudes y normas.

Una de las metodologías más utilizadas en la actualidad, especialmente en el contexto industrial, es la ingeniería Kansei. Fue fundada por Mitsuo Nagamachi (Nagamachi y Lokman, 2016) con el objetivo de desarrollar o mejorar productos y servicios mediante la transferencia de las necesidades emocionales de los consumidores al dominio del diseño a través de los parámetros del producto. Más tarde, otros autores participaron de la definición y/o uso de la misma gracias a sus contribuciones, como Schütte, Eklund e Ishihara (Schütte, 2002; Schütte et al., 2004; Schütte et al., 2007) con los Principios de la Ingeniería Kansei.

Los estudios de la ingeniería Kansei generalmente consisten en métodos de investigación cualitativos y cuantitativos. Lokman (2010) pone énfasis en la comprensión de los diferentes tipos que existen. Los tipos de ingeniería Kansei, según Vergara y Mondragón (2008), son los siguientes: sistema asistido por ordenador, modelo matemático, sistema híbrido con razonamiento hacia delante y hacia atrás, combinación con técnicas de realidad virtual y diseño colaborativo.

La ingeniería Kansei permite, gracias a su gran variedad de tipologías, muchas aplicaciones y es un recurso que facilita y permite trabajar con expertos y profesionales de distintas disciplinas. Son prueba de esto la multidisciplinariedad en el origen de los autores y las temáticas que se trabajan

y presentan en los congresos de ingeniería Kansei y las publicaciones científicas. Las temáticas de estudio se centran en áreas como computación, diseño, ingeniería, evaluación, teoría y ciencia, ontología, música, entre otras.

Es por este motivo que la ingeniería Kansei en los últimos años se ha convertido en una disciplina importante en el sector industrial y académico. Como resultado de esta expansión, han surgido *Kansei Science* y *Kansei Design* tal como indica Lévy (2013). *Kansei Science* presenta un punto de encuentro entre la ingeniería Kansei y las ciencias cognitivas, con el objetivo de caracterizar y evaluar las experiencias emocionales y la creatividad; y así, ayudar a comprender la mente basada en el conocimiento derivado de la psicología y la fisiología.

Por otro lado, el *Kansei Design* es un enfoque distinto (Mahut et al., 2018). Se dividen en dos grupos, según la perspectiva: el primero se enfoca en la materialidad física de los artefactos y su evaluación o preferencia por parte del usuario, mientras que el segundo grupo se centra en la materialidad interactiva de los artefactos. El *Kansei Design* aborda la ambigüedad y la incertidumbre mediante las habilidades del diseño, en comparación con el razonamiento lógico utilizado por otros enfoques de Kansei. Destacan las contribuciones que han realizado por Lévy, Lee y Yamanaka (2007) y Schütte (2002) para aproximar la ingeniería Kansei al mundo del diseño, así como mejorar la comprensión entre el mundo industrial y académico entre Oriente y Occidente.

En las tipologías de Kansei presentadas anteriormente, en ocasiones se utilizan de inspiración o como base de las herramientas otros recursos y métodos, como, por ejemplo: el diferencial semántico –pruebas de conceptos bipolares– y el método kano –múltiples preguntas de evaluación del grado de satisfacción de un producto–, entre otros. Todos los métodos presentados en esta sección requieren de una inversión considerable de tiempo, recursos y conocimiento ya que los resultados se presentan en forma de estadísticas y datos que requieren experiencia para su interpretación (Bradley y Lang, 1994).

2.2.1.5. Afecto, estados de ánimo o estado anímico

Según Frijda (1994), Desmet (2002) y van Gorp y Adams (2012), los estados de ánimo se caracterizan por la experiencia de una única emoción dominante durante un tiempo determinado. No son tan claros como las emociones y generalmente no tienen una provocación contextual inmediata, por lo que no exige una respuesta urgente como sucede en las emociones. Además, son menos intensos y duran más que las emociones.

Los estados de ánimo presentan una relación con las experiencias vividas. Si se presentan de forma continua e influenciable, pueden alterar la percepción y afectar las expresiones corporales –expresiones faciales y lenguaje corporal–, la personalidad y el comportamiento de las personas (Fantoni y Gerbion, 2014).

Çakmakli (2010) identifica las características del producto ideal con la forma en que las personas piensan y juzgan. Su investigación ha identificado siete rasgos que los usuarios buscan en los productos, así como en otras personas:

01. Atractivo: sexy, hermoso, elegante, bonito.
02. Estado social: estilo de vida, clase social, sistema de valores.
03. Inteligencia: funcionalidad, intuición, adaptación, conocimiento.
04. Confianza: lealtad, seguridad, franqueza.
05. Empatía: comprensión, comunicación, adaptación.
06. Con ambición: innovador, motivador, con visión al futuro y aspiración.
07. Emocionante: positividad, creatividad, buen sentido del humor y sorprendente.

Si los productos expresan constantemente su personalidad, las personas comprarán estos diseños ya que creerán en la información que transmiten en sus rasgos (Knutson et al., 2006).

Otro autor, Schifferstein (Schifferstein y Hekkert, 2011) investiga el nivel de conexión de las personas con los productos teniendo en cuenta la experiencia que vive el usuario durante toda la vida útil de un producto. Se mide en una escala de cinco ítems que desarrolló el autor junto con Pelgrim (Schifferstein y Zwartkruis-Pelgrim, 2008). Esta escala define el nivel de conexión a través de 48 declaraciones relacionadas con posibles elementos determinantes, donde los encuestados indican hasta qué punto están de acuerdo con las declaraciones.

2.2.2. Análisis: hacía una nueva Sistematización Emocional –*Emotional Systematization*–

Uno de los objetivos de esta investigación sistemática de revisión y análisis es comprender cómo se puede crear una taxonomía sobre las dimensiones emocionales que permita a estudiantes y profesionales de sectores distintos trabajar en equipos y proyectos multidisciplinarios, en los que el vocabulario sea común para todos y entendido por todos con el mismo significado. También persigue la finalidad de promover la incorporación de las dimensiones emocionales en el proceso de diseño para reafirmar el propósito del proyecto y responder a una de las más altas necesidades del consumidor. Por este motivo, se han diseñado herramientas visuales, en formato de gráfico y esquema para sintetizar toda la información anteriormente presentada en la sección 2.2.1 Estudio de investigación: terminología y herramientas de medición sobre las cinco dimensiones emocionales. (ver Figura 2.4).

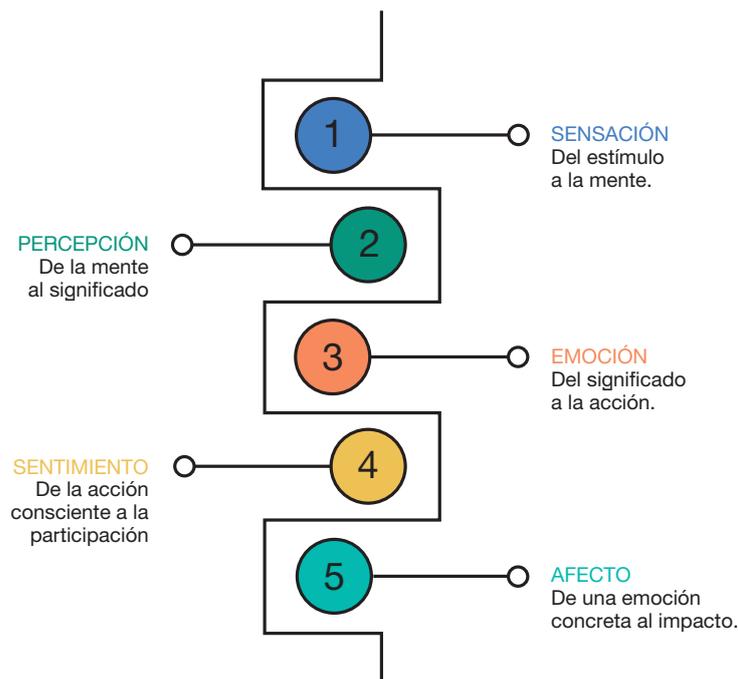


Figura 2.4. *Emotional Path*.

Fuente: Abella Garcia, Clèries y Marco-Almagro, 2020.

La Figura 2.4 se ha elaborado para comprender y sintetizar las diferentes dimensiones emocionales, las relaciones que tienen y, al mismo tiempo, las diferencias. En este gráfico, *Emotional Path*, se resume cada dimensión, el orden y el proceso que realizan las personas al recibir un impulso externo hasta que pueda convertirse en parte de un afecto.

Se pueden encontrar muestras de taxonomía o flujos de proceso en la literatura que se ha revisado. Éstos muestran cómo el registro de un estímulo da lugar a una emoción que implica una decisión, y que posteriormente será un recuerdo, tal y como lo presenta por ejemplo Torreblanca (2014). También están los clasificados por Desmet, van Erp, y Karlsson (2008), en función del elemento en el que se centren respecto a la experiencia sensorial, emociones agradables, marca/identidad, interacción dinámica y fuentes o estímulos. Además, otro gráfico similar clasifica a los autores en función de la etapa del proceso en la que se enfocan, el método y la aproximación al diseño, la teoría y modelo, la aplicación de diseño, la evaluación y las herramientas, y por último, el experimento y trabajo de campo.

Con la idea de las taxonomías encontradas y siguiendo la referencia gráfica del *Thesaurus* (Thinkmap, 1998), se ha buscado un nuevo enfoque del orden de las cinco dimensiones emocionales. El objetivo principal es ayudar a comprender y sintetizar toda la información presentada anteriormente.

Para reafirmar la importancia y valor de la Figura 2.4, *Emotional Path*, esta se centra en comprender qué puntos marcan la diferencia entre sensación y percepción, emoción y sentimiento y afecto, sin olvidar el hilo conductor que comparten todas las dimensiones. Por otro lado, destacar la fácil comprensión de la dimensión más apropiada y en función de las necesidades que se tengan como ingeniero o diseñador comprender qué herramientas y técnicas son más adecuadas para usar. Por ejemplo, la Figura 2.4 *Emotional Path*, se puede utilizar como referente gráfico o resumen de las

dimensiones emocionales. Después de ser consultada y detectar qué dimensión emocional es de interés, se puede profundizar en las teorías, referencias y herramientas de medición. O a la inversa, conocer el objetivo o interés de los profesionales de forma más genérica para comprender en qué dimensión se podrían enfocar. A modo de ejemplo, si el interés radica en observar y analizar la primera reacción del usuario cuando se muestra un producto, el proceso de investigación puede abordarse a través de los sentidos y las mediciones fisiológicas. En cambio, si se desea comprender el significado de un estímulo externo para el usuario, se puede considerar como opción una investigación que combine mediciones fisiológicas con la interpretación del usuario en función de sus experiencias y el significado que ha asociado.

Por lo tanto, el *Emotional Path* sirve para comprender de una forma ágil cuáles son las necesidades del diseñador y del ingeniero, y cómo aplicar correctamente este vocabulario para no generar confusión.

Además, con el objetivo de ampliar y complementar la Figura 2.4 se ha desarrollado la evolución de este gráfico de forma que visualmente se clasifican los autores, presentados anteriormente, por dimensión. Se han aplicado los colores de cada una de las dimensiones: sensación –azul–, percepción –verde–, emoción –naranja–, sentimiento –amarillo– y afecto –turquesa–, ver Figura 2.5.

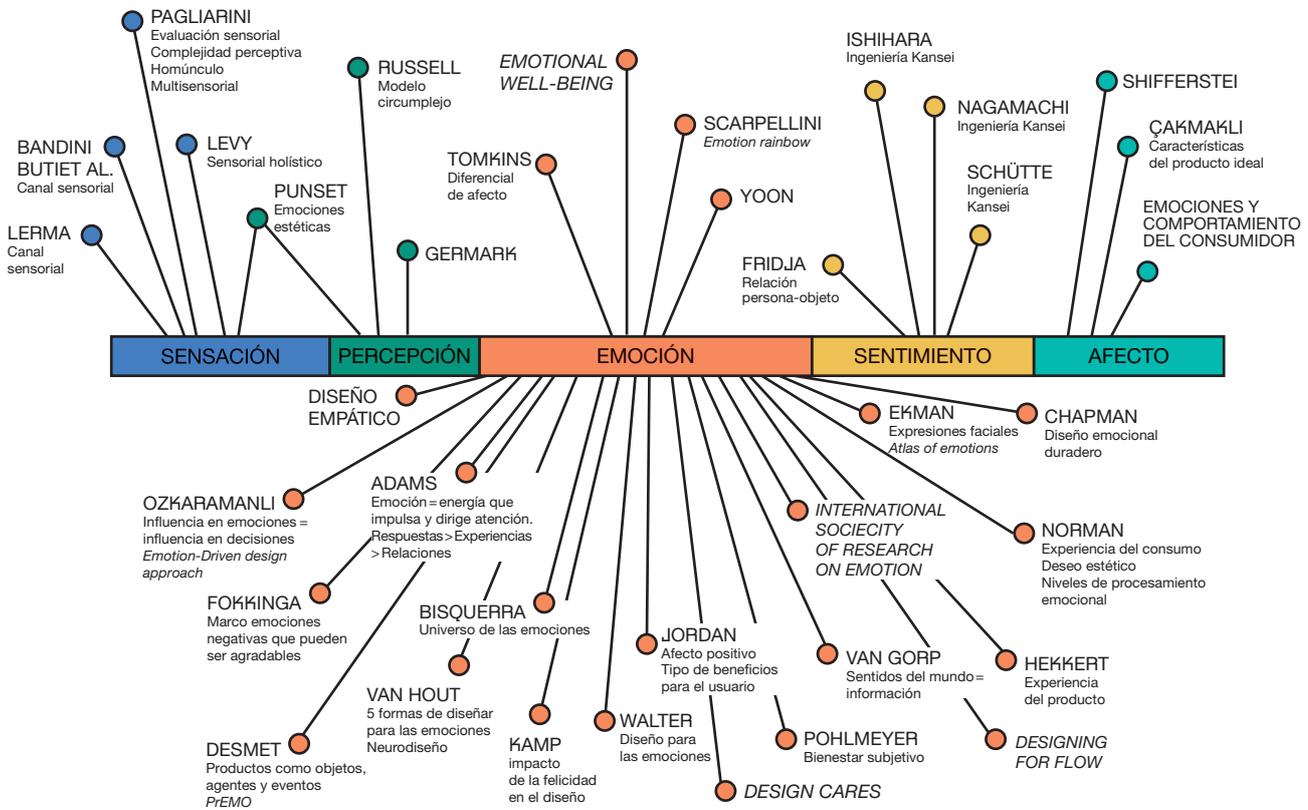


Figura 2.5. *Emotional Systematization*. Fuente: Abella Garcia, Clèries y Marco-Almagro, 2020.

El uso de la Figura 2.5, *Emotional Systematization*, puede variar desde la inspiración hasta la consulta de referencias, donde los diseñadores e ingenieros pueden encontrar autores de referencia con diferentes perspectivas para enriquecer sus proyectos.

2.3. Mapeo preliminar de diseño y emoción

En la sección anterior se ha presentado la información en función de la dimensión emocional en la que cada teoría, referente o herramienta de medición se encuentra ubicada. La misma información puede ser mostrada de otra forma, en función del foco o el interés específico. En este apartado se presenta un mapeo preliminar del diseño y la emoción, donde las teorías y los autores están agrupados según la proximidad en sus investigaciones y posiciones respecto al diseño emocional (ver Figura 2.6).

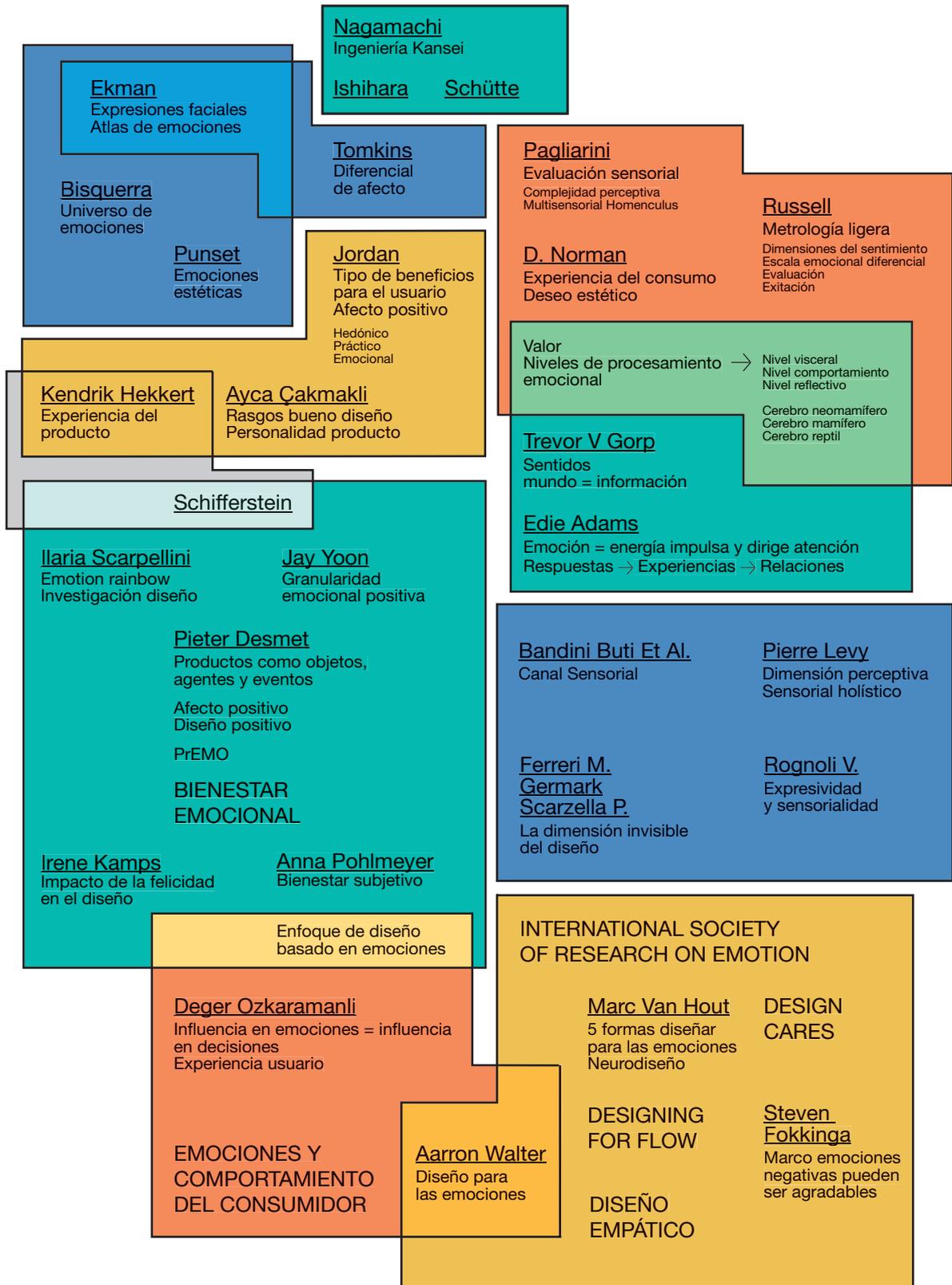


Figura 2.6. Mapeo preliminar de Diseño y Emoción. Fuente: Abella, Clèries y Marco-Almagro, 2019.

En la parte de arriba se sitúan los autores y contribuyentes de la ingeniería Kansei. Siguiendo hacia abajo por la parte derecha, de color naranja, destacan los autores que comparten la idea de naturaleza multisensorial de las personas. Esta franja está en contacto con la turquesa ya que van Gorp y Adams exponen la relación de los niveles emocionales con los tipos de cerebros. Continuando con la franja azul, los autores tratan desde perspectivas diferentes la sensación y la percepción. Por último, en el

lado derecho se muestran referentes y líneas disciplinares que incorporan las emociones en el diseño. Siguiendo el mismo orden, de arriba abajo, en el lateral izquierdo, las áreas azules se centran en las emociones: teorías, descripción y representaciones gráficas –área con forma cuadrada– y las expresiones faciales y el diferencial de afecto –área con forma de letra z–. A continuación, se exponen los autores que describen los rasgos de personalidad que pueden transmitir los productos hacia los usuarios. Y esta franja está en contacto con la gris, ya que esta personalidad afecta la experiencia que el usuario tiene con el producto. La zona turquesa, en tamaño la más grande de todo el gráfico, representa los autores que investigan y trabajan con las emociones para promover el bienestar subjetivo. Por último, se presentan las teorías que describen la influencia e implicaciones de las emociones en el comportamiento y el proceso de toma de decisiones.

Es decir, la información sobre las teorías y el marco teórico de diseño y emoción se puede presentar de maneras muy distintas, en función del objetivo que se persiga. Por ejemplo, en la primera sección 2.2 la finalidad es entender las dimensiones emocionales, mientras que en la sección 2.3. es comprender las relaciones entre autores y teorías por proximidad en la temática de trabajo.

2.4. Conclusión

El objetivo de este capítulo es proponer y establecer un marco común sobre las diferentes dimensiones emocionales. Esta investigación propone herramientas visuales y un marco teórico sólido para permitir una comunicación fluida y efectiva entre los diferentes miembros del proyecto y para ayudar en el proceso de diseño, donde las emociones son una de las variables de diseño.

En este capítulo se ha investigado, a través de un proceso de revisión sistemática, las dimensiones emocionales y sus implicaciones en el diseño y en la ingeniería, además de identificar las principales referencias, teorías y herramientas de medición clasificadas en las cinco dimensiones. Estas dimensiones –sensación, percepción, emoción, sentimiento y afecto– se han estandarizado como definiciones, teniendo en cuenta las diferentes disciplinas, para crear una nueva sistematización emocional para mejorar la comprensión y la comunicación entre expertos de todos los campos. Además, se ha sintetizado la información más relevante con figuras, con el objetivo de ser utilizadas como guías visuales para aplicar y facilitar el proceso de trabajo durante las distintas fases –tanto en la investigación, como en el proceso de planificación– para promover la integración de las emociones.

Para concluir, se ha demostrado el potencial de las emociones para facilitar una mejor solución de diseño. Esto puede fomentar la creación de un producto, servicio o experiencia que además de satisfacer las necesidades funcionales y de uso, puede crear una conexión emocional con las personas. Y, además, las emociones pueden ser una fuente de innovación, ya que pueden ayudar a identificar las oportunidades y fortalezas de un proyecto específico.

Destacar la educación y la formación como momento clave para aprender estas dimensiones emocionales e interiorizarlas, y así, poder tenerlas en cuenta para las nuevas ideas. Ya sea para estudiantes o profesionales, las dimensiones emocionales pueden integrarse correctamente a través de la taxonomía propuesta. Todos los recursos ofrecidos buscan responder y aplicar las dimensiones emocionales de la manera más correcta y consensuada para hacer una contribución significativa a los proyectos de diseño e ingeniería.

- 3.0. Introducción al capítulo
- 3.1. La educación en el contexto actual
- 3.2. Formatos educativos y su efectividad
- 3.3. Educación en materiales
- 3.4. Variables del *workshop Perception Evaluation Kit*
 - 3.4.1. Canales de comunicación
 - 3.4.2. Materiales
 - 3.4.3. *Perception Evaluation Card*
 - 3.4.4. Test estilos de aprendizaje
- 3.5. *Perception Evaluation Kit* – Prueba piloto
 - 3.5.1. Participantes
 - 3.5.2. Procedimiento
 - 3.5.3. Resultados
 - 3.5.3.1. Resultados de la Evaluación Sensorial
 - 3.5.3.2. Resultados del Debate
 - 3.5.3.3. Resultados del Correo
 - 3.5.4. Discusión

03. Canales de Comunicación

43

3.6. *Perception Evaluation Kit* – Caso de estudio

3.6.1. Participantes

3.6.2. Procedimiento

3.6.3. Resultados

3.6.3.1. Percepción del material

3.6.3.1.1. Mixto por persona

3.6.3.1.2. Bloqueado por persona

3.6.3.2. Estilos de aprendizaje y canales de comunicación

3.6.4. Discusión

3.6.4.1. Percepción de los materiales según el canal

3.6.4.2. Estilos de aprendizaje y canales de comunicación

3.7. Conclusión

03. Canales de Comunicación

3.0. Introducción al capítulo

Introducción a los canales de comunicación disponibles para los procesos de aprendizaje, a través de una prueba piloto y un caso de estudio sobre la percepción de las propiedades sensoriales de los materiales.

Pregunta de investigación: ¿Cómo varía la percepción de los materiales en función del canal de comunicación utilizado? ¿Existe alguna relación entre el canal de comunicación y los estilos de aprendizaje?

3.1. La educación en el contexto actual

La educación ha evolucionado y se ha adaptado al contexto y a la realidad de la sociedad, actualmente nuevas metodologías centradas en el alumno y en la mejor forma de aproximarse según cada persona y sus particularidades son cruciales. La investigación en neurociencia ha demostrado que las personas aprenden mejor a través de las emociones (Dirkx 2011; Le Doux 1992). Además, en el contexto actual hay una gran oferta de cursos a distancia. Esto tiene claras ventajas para el aprendizaje y la educación accesible, pero en algunas áreas supone un reto adaptar los contenidos sin perder información importante.

Las emociones y el proceso de percepción e interiorización del conocimiento varían en función de la persona y de su estilo de aprendizaje, es por este motivo que cada vez más, los profesores intentan utilizar recursos y diversificar formatos. Los estilos de aprendizaje aportan información sobre cómo la mente procesa la información a través de las percepciones de cada individuo. Los sentidos juegan un papel relevante en el momento de captar e incorporar la información del entorno.

La forma en que las personas reciben la información se puede dividir en tres categorías, también llamadas modalidades, canales de percepción o VAK –visual, auditivo y kinestésico– (Dunn y Dunn, 1978). De los tres modos para procesar la información hay seres humanos que los utilizan todos, pero la gran mayoría tiene una modalidad más desarrollada.

La recepción de la información al cerebro se convierte en un aspecto importante en el proceso de aprendizaje, ya que esta percepción –proceso de captar y procesar la información recibida del exterior– dará lugar a una preferencia del sujeto hacia una forma perceptual. Por lo tanto, cada ser humano tenderá a utilizar en mayor medida alguna de las tres modalidades perceptuales VAK porque les permitirá mejorar su rendimiento y aprender más fácilmente la información (Cid et al. 2012).

Las modalidades presentan distintos sentidos que predominan para recolectar y procesar la información. La modalidad visual utiliza muy a menudo el proceso de pensar en imágenes. Los recursos útiles en esta modalidad son: mapas conceptuales, videos, presentaciones, ilustraciones, fotografías, cuadros sinópticos, diagramas, entre otros (Medina-Velandia y Plazas-Gómez, 2018; VARK Learn Limited, 2020), y normalmente se prefiere leer a escuchar (Mora, Martínez y González, 2015).

En la modalidad auditiva la información se internaliza a través de un proceso de escucha secuencial y ordenado. Las lecturas guiadas, discusiones, las instrucciones verbales o explicaciones en voz alta son herramientas que las personas auditivas captan mejor (Medina-Velandia y Plazas-Gómez, 2018; VARK Learn Limited, 2020). Además, se caracterizan por su facilidad de aprender idiomas, imitar y hablarse a sí mismos. Cuando hay ruidos o sonidos de fondo tienen más dificultad para concentrarse (Mora, Martínez y González, 2015).

La kinestésica es el proceso mediante el cual a través de las sensaciones y los movimientos se adquiere la información. Algunas de las características por las que se puede diferenciar de las dos modalidades anteriores es la tendencia a andar o moverse para memorizar información, y su necesidad de un aprendizaje vivencial, es decir, manipular, experimentar, hacer y sentir de primera mano para poder entender y procesar la información (Mora, Martínez y González, 2015).

Cada uno de los estilos de aprendizaje tiene asociado una conducta determinada que favorece este procesamiento de la información y, por consiguiente, del conocimiento asociado. Según Meza y Gómez (2008) las personas visuales poseen una conducta organizada, ordenada, observadora y tranquila, se basan en lo que ven y su forma de pensar a través de gráficos, esquemas e imágenes. En cambio, si predomina la modalidad auditiva las personas poseen facilidad de palabra, recuerdan lo que oyen y por lo tanto los diálogos, charlas, debates y sonidos son elementos que les ayudan a recordar. Por último, los kinestésicos aprenden haciendo, es decir tocando y mediante las sensaciones que reciben.

Los estilos de aprendizaje permiten entender de qué forma aprende cada individuo, para que así aproveche al máximo sus capacidades y posibilidades de forma eficiente y constructiva. Uno de los retos importantes a la hora de enseñar es proporcionar el conocimiento, así como planificar las actividades de forma coherente y diversificada para que todos, en función de su modalidad predominante, puedan captar y profundizar en los nuevos conocimientos de manera competente y eficaz.

3.2. Formatos educativos y su efectividad

En el ámbito universitario la formación se ha ido transformando y modificando en las últimas décadas. Las estrategias de aprendizaje activo cada vez son más populares y comunes, ya que estimulan la indagación y el interés a medida que los estudiantes adquieren conocimientos y habilidades (McCarthy and Anderson 2000). Además, presentan grandes beneficios porque están centradas en los alumnos: permiten una mayor participación y motivación y dan vida e inmediatez al tema de estudio, al alentar a los estudiantes a ir más allá de un enfoque superficial y con base en el *learning by doing* (McCarthy y Anderson 2000; Bonwell y Eison, 1991; Ladousse, 1982; McKeachie, 2011).

Gracias a los avances tecnológicos y digitales, así como al aumento de la demanda en formación, se observa una convivencia entre los modelos tradicionales situados en aulas físicas y con el material clásico de apoyo, con otros formatos. La educación a distancia y digital permite una transferencia de conocimiento que rompe con los criterios establecidos, es decir, la educación virtual se sitúa como una alternativa que permite más flexibilidad, tanto horaria como espacial (Serrat-Brustenga y Sunyer Lázaro, 2012).

En función de las distintas tipologías de formación actuales se pueden diferenciar tres tipos de canales de comunicación utilizados para transmitir la información, si se tiene en cuenta al usuario, el número de estímulos y la cantidad de información que recibe (Abella Garcia et al. 2019). Los tres canales son los siguientes:

- + C1: Textos, imágenes planas, por ejemplo, los libros de texto, artículos y material visual, etc.
- + C2: Material audiovisual, por ejemplo, los vídeos, los prototipos virtuales y los recursos con elementos que acercan a la escala humana.
- + C3: Material o conocimiento con el que se puede interactuar directamente o en el contexto real y sentir a través de los sentidos y del hacer.

Las percepciones y el estado emocional resultado del proceso de aprendizaje serán muy diferentes en función del canal utilizado, por lo que se considera relevante la correcta elección de este. Asimismo, la combinación de los canales de comunicación con el estilo de aprendizaje predominante de los alumnos puede promover y permitir una adquisición del conocimiento más efectiva porque se estimulan mejor todos los sentidos.

3.3. Educación en materiales

Todos los elementos que nos rodean son estímulos de una naturaleza perceptiva diferente: acústica, visual, olfativa, entre otros. Un “estímulo” se define como la unidad simple o compuesta que un observador distingue en todos sus dominios (Maturana, 1995; Maturana, 2006a; Maturana, 2006b), y por lo tanto, los materiales son parte de esta red de estímulos.

Durante el proceso de enseñanza y aprendizaje del diseño se deben adquirir conocimientos para elegir los materiales y aplicarlos según cada proyecto y sus necesidades. Los diseñadores usan distintos métodos de selección de materiales que difieren de un proyecto a otro (Hasling, 2015). Durante el proceso se consideran una amplia gama de problemas y necesidades que deben resolverse. En consecuencia, la selección se vuelve más compleja (van Kesteren, 2008). Para llevar a cabo lo anterior, se deben comprender las diferentes características de los materiales desde lo más técnico y objetivo hasta lo sensorial, perceptual y emocional, es decir, lo más subjetivo (Rognoli, 2010).

Las características de carácter objetivo/técnico han sido más estudiadas y desarrolladas a día de hoy, sin embargo, la dimensión más subjetiva –la percepción de los materiales– se encuentra aún en vías de evaluación e investigación (Rognoli, 2010). Este campo, debido a su complejidad, dificulta el agrupamiento en un lenguaje universal. Las propiedades sensoriales y las pertinentes asociaciones culturales son ignoradas en varias ocasiones durante el desarrollo de nuevos materiales. Esto ha hecho necesario un cambio en los programas didácticos y una búsqueda de herramientas que den referencias y traduzcan las experiencias subjetivas de los materiales, con el objetivo de transmitir a los estudiantes un conocimiento de gestión y aplicación de esta dimensión emocional del diseño (Wilkes et al. 2016), como por ejemplo datos sobre texturas y valores estéticos (van Kesteren, 2008; Calvillo Cortés y Falcón Morales, 2016). Diversos autores, siguiendo la finalidad que se ha comentado anteriormente, han diseñado y desarrollado distintas herramientas, kits y métodos para trabajar la dimensión expresivo-sensorial, entre los cuales destacan: Material Driven Design (Karana et al., 2015), Expressive-Sensorial Atlas (Rognoli, 2010; Rognoli y Levi, 2004), Sensory Metrology (D’Olivo et al., 2013), MA2E4 Toolkit (Camere y Karana, 2018) y Material Tinkering (Parisi, Rognoli y Sonneveld, 2017), entre otros.

En lo particular, la interacción con materiales y muestras físicas durante el proceso de aprendizaje y el proceso de diseño es fundamental para obtener información sobre las características sensoriales y estéticas (Karana, Hekkert y Kandachar, 2009). Uno de los motivos principales es la inspiración y creatividad que les puede aportar a los diseñadores, así como la aproximación de la comprensión perceptual de los usuarios finales. Además, los estudiantes y profesionales del diseño juegan un papel importante, ya que a menudo son el puente entre el laboratorio y la sociedad para identificar los materiales con los que los usuarios interactúan (Wilkes et al., 2014). También pueden promover el intercambio de conocimiento especializado en materiales a otras disciplinas que les puede resultar de interés y utilidad, como por ejemplo la arquitectura, la ingeniería, el arte, la educación y la psicología, entre otros.

Muchas de las herramientas y métodos que permiten obtener información perceptual y emocional son de carácter físico, un ejemplo son las materiotecas. Debido a las limitaciones que estos recursos presentan, como es su acceso y/o coste, se vuelve inevitable que en el proceso de enseñanza en esta dimensión sensorial y emocional se deba recurrir a otros formatos, como la literatura, las plataformas virtuales y los *softwares*. Actualmente existen diferentes plataformas virtuales y *softwares* que entregan información sobre los materiales –mayoritariamente técnica– y la innovación en esta área. Es por lo anterior, sumado a la dificultad de acceder a las muestras físicas que se hace fundamental entender cómo todas las características, sobre todo las que trabajan con la sensorialidad y emocionalidad, se pueden transmitir en entornos virtuales sin perder información, por lo que se vuelve una necesidad y oportunidad continuar explorando e investigando estas vías.

Con el objetivo de seguir en la búsqueda y la comprensión de cómo la percepción de los materiales varía en función del canal de comunicación, y cómo el estilo de aprendizaje también puede influir, se ha llevado a cabo un caso de estudio con el workshop *Perception Evaluation Kit: A case study with Materials* para contribuir con más datos e ideas sobre la temática.

3.4. Variables del workshop *Perception Evaluation Kit*

La presente propuesta de workshop pretende aportar más datos para poder comprender la percepción de las personas sobre los materiales como estímulo, en función del canal de comunicación utilizado y según el estilo de aprendizaje de la persona.

Seguidamente se presentan las variables independientes –materiales y canales de comunicación– y las variables dependientes –*Perception Evaluation Card* y el test de estilos de apren-

dizaje– del workshop. Se han utilizado las mismas en la prueba piloto y en el caso de estudio, a excepción del test de estilos de aprendizaje que únicamente se usa en el caso de estudio. Por este motivo se explican antes de entrar en detalle con los estudios y con la intención de no repetir la misma información.

3.4.1. Canales de comunicación

Los canales de comunicación utilizados para transmitir la información constarán de tres opciones –C1, C2 y C3– que se describen a continuación.

Canal 1 –C1–: Ficha de cada material. Se entrega la información escrita, el texto tiene una extensión de entre 80-115 palabras más la imagen del material correspondiente, ver Figura 3.1.



Figura 3.1. Ejemplo de las fichas utilizadas en el canal 1. Fuente: Abella Garcia et. al, 2019.

Canal 2 –C2–: El video. Cada video, ver Figura 3.2, muestra planos generales y de detalle del material y en algunos planos se incorpora una mano para dar información sobre la escala y el sonido, al interactuar con este. El video es un recurso autogenerado, fue grabado –la explicación es en inglés– y editado por el propio equipo de investigación.



Figura 3.2. Ejemplo del video utilizado en el canal 2. Fuente: Abella Garcia et. al, 2019.

Canal 3 –C3–: En este canal se presenta un audio con la descripción del material en inglés mientras se interactúa con la muestra física –Figura 3.3–. Los audios fueron grabados por el propio equipo y están en inglés.



Figura 3.3. Ejemplo del uso del canal 3. Fuente: Abella Garcia et. al, 2019.

La información que se obtiene en los tres canales es la misma, para ello previamente se calculó el tiempo estimado de lectura y se incorporó la misma duración para el video –C2– y el audio –C3–.

Cada canal trabajado es un reflejo de las opciones actuales para presentar y adquirir conocimiento sobre los materiales. El canal 1 –C1– representa los libros de texto, los catálogos y *datasheet*; el canal 2 –C2– videos, similar a lo que se puede encontrar en plataformas virtuales y el canal 3 –C3– es una simulación aproximada de las visitas en centros especializados en materiales, como pueden ser las materiotecas, donde además de tocar las muestras, se puede contar con una explicación sobre el mismo.

3.4.2. Materiales

La selección de las muestras de materiales se ha hecho basada en dos criterios: la diversidad en las propiedades sensoriales de los materiales y la disponibilidad de las muestras durante los talleres. Se escogen tres muestras de materiales distintas y con el fin de identificarlas, estas se enumeran con el mismo sistema que los canales, M1, M2 y M3.

El primer material –M1– se puede observar en la Figura 3.4, es una espuma metálica con el nombre comercial *Alusion* (Materfad, s.f.a.). Se selecciona por sus características relativas a la pareja de propiedades pesado-ligero. A la vista parece ser un material pesado, pero al momento de interactuar físicamente con él, su característica es liviana. Además, posee una textura distinta a otros metales y responde acústicamente al tocar otros elementos.

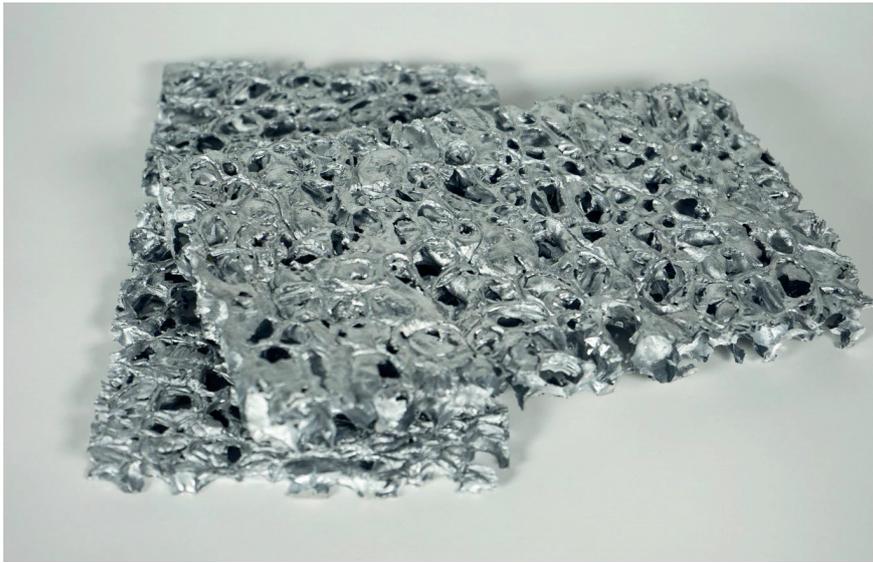


Figura 3.4. Muestra del material 1 *Alusion*.

M2, ver Figura 3.5, corresponde a un musgo natural. Este es elegido por ser un material llamativo al tacto, que mezcla sus aspectos naturales con diversos colores, para este workshop se utilizan el color rojo, verde oscuro y verde claro. Por otra parte, presenta características de absorción acústica que no son evidentes a simple vista. En las muestras del material 2 durante la prueba piloto se utilizan las de *Cladonia Stellaris* (Materfad, s.f.b) y en cambio en el caso de estudio las de *PolarMoss* (PolarMoss, s.f.).



Figura 3.5. Muestra del material 2 *PolarMoss*.

Por último en la Figura 3.6 se muestra M3, *Silkworms* (Huissoud, 2019) es un material natural, madera con aspecto de cuero. Su elección se debe a que presenta unas características olfativas predominantes y una textura particular, estas propiedades difieren según el canal. Cabe mencionar que este material permite explorar más sobre las propiedades relativas al olor y el gusto.



Figura 3.6. Muestra del material 3 *Silkworms*.

3.4.3. *Perception Evaluation Card*

Para cuantificar la percepción de los participantes en función del canal y material presentados se utilizan las fichas *Perception Evaluation Card* (Abella Garcia et al. 2019), en formato impreso (ver Figura 3.7). Se ha seleccionado esta estrategia análoga para no depender de los dispositivos tecnológicos, así como tampoco de la calidad de la conexión a internet.

Perception Evaluation Kit

Name: _____

C ___ M ___

<i>blando</i>				<i>duro</i>
<i>ligero</i>				<i>pesado</i>
<i>flexible</i>				<i>rigido</i>
<i>frágil</i>				<i>resistente</i>
<i>elástico</i>				<i>no elástico</i>
<i>rugoso</i>				<i>liso</i>
<i>frio</i>				<i>cálido</i>
<i>reflectante</i>				<i>no reflectante</i>
<i>brillante</i>				<i>mate</i>
<i>transparente</i>				<i>opaco</i>
<i>colorido</i>				<i>poco colorido</i>
<i>color luminoso</i>				<i>color apagado</i>
<i>oloroso</i>				<i>inodoro</i>
<i>absorvente acústico</i>				<i>aislante acústico</i>
<i>salado</i>				<i>dulce</i>

Figura 3.7. Traducción de *Perception Evaluation Card*.
Fuente: Abella Garcia et. al, 2019.

En estas tarjetas, ver Figura 3.7, se representan los diferentes parámetros sensoriales en formato iconográfico, creado especialmente para esta experiencia, junto con una palabra descriptiva, inspirada en las representaciones introducidas por Elvin Karana (2009) y con otros parámetros nuevos. Estas propiedades están en una escala de cinco y las propiedades se presentan por pares y con sus opuestas en cada lado. El punto neutral se establece en el centro, y cada marca de aumento o disminución del intervalo refleja la intensidad de las percepciones de los encuestados para una pregunta determinada. Las percepciones de los participantes en cada punto de la escala se tratan como datos ordinales con igual intensidad entre niveles adyacentes (Likert, 1932).

Además, se deja un espacio para identificar al participante junto con el canal y el material en el que se trabaja. Por lo tanto, se puede usar la misma plantilla para todos los canales y muestras.

En el caso de estudio hay una variación en el *Perception Evaluation Kit*, relativa a dos preguntas añadidas en el workshop, estas se incluyen para entender posibles asociaciones y aplicaciones del material.

3.4.4. Test estilos de aprendizaje

Para caracterizar los estilos de aprendizaje de los alumnos, se ha realizado un test de diez preguntas, ver Figuras 3.8 y 3.9. Se han seleccionado del artículo *VAK Learning Styles Self-Assessment Questionnaire* (Businessballs, 2019) las preguntas que presentan una interacción directa con un producto o diseño para que sean más significativas y acordes con el perfil de los/las alumnos/as. Las respuestas se han mezclado para que no coincidiera todas las A con visual, las B con auditivo y las C con kinestésico.

Nombre:
Edad:
Género:

1. Cuando uso nuevos equipos/productos, generalmente:
 - a) escucho una explicación de alguien que la haya usado antes
 - b) leo las instrucciones primero
 - c) primero lo intento por mi cuenta, puedo descubrirlo mientras lo uso
2. Si le estoy enseñando algo nuevo a alguien, tiendo a:
 - a) le muestro primero y luego le dejo hacer
 - b) le escribo las instrucciones
 - c) le doy una explicación verbal
3. Cuando estoy aprendiendo una nueva habilidad, me siento más cómodo:
 - a) observando lo que hace el profesor
 - b) hablando con el profesor de lo que debo hacer
 - c) probarlo yo mismo y resolverlo a medida que avanzo
4. Cuando me concentro, tiendo a:
 - a) enfocar en las palabras o en las imágenes que estoy viendo
 - b) moverme mucho, jugar con bolígrafos y lápices y tocar cosas
 - c) discutir el problema y las posibles soluciones en mi cabeza
5. Mi primer recuerdo es de:
 - a) hacer algo
 - b) hablar con alguien
 - c) mirar algo

● visual
● auditivo
● kinestésico

Figura 3.8. Test estilos de aprendizaje, parte 1, con una guía interna de las respuestas para tutores del *workshop* o investigadores.

6. Cuando tengo que estudiar para un examen, generalmente:
 - a) hablo sobre mis notas/apuntes, solo o con otras personas
 - b) imagino cómo lo podría resolver
 - c) escribo un montón de notas y diagramas
7. Si estoy explicando un tema a alguien, tiendo a:
 - a) mostrarle lo que quiero decir
 - b) explicarle de diferentes maneras hasta que lo entienda
 - c) animarle a que intente Cree y hablarle de mi idea mientras lo hace
8. Me parece más fácil de recordar:
 - a) caras
 - b) cosas que he hecho
 - c) nombres
9. Recuerdo mejor las cosas si:
 - a) hablo en voz alta o repito palabras y puntos clave en mi cabeza
 - b) realizo y practico la actividad o imagino cómo se realiza
 - c) escribo notas o guardo detalles impresos
10. Si tengo que quejarme de productos defectuosos, me siento más cómodo:
 - a) escribiendo una carta
 - b) quejándome por teléfono
 - c) llevando el artículo a la tienda o publicándolo en la oficina central

Figura 3.9. Test estilos de aprendizaje, parte 2, con una guía interna de las respuestas para tutores del *workshop* o investigadores.

Además, se ha añadido tres preguntas después de la evaluación de los tres materiales, dónde se hace referencia a los estilos de aprendizaje y a los canales de comunicación. Las preguntas son las siguientes:

- + ¿Qué canal te resultó más fácil para evaluar todas las propiedades?
- + ¿Qué canal te pareció más entretenido?
- + ¿Qué canal te gustó más para aprender sobre materiales?

3.5. Perception Evaluation Kit - Prueba piloto

La primera ocasión que se llevó a cabo el workshop fue con una pequeña experiencia de prueba piloto enmarcada dentro del *Twelfth International Conference on Design Principles and Practices* que tuvo lugar en Elisava, Escuela de Diseño e Ingeniería de Barcelona entre el 5 y el 7 de marzo del 2018.

El tiempo disponible para realizar la actividad fue de 45 minutos, por lo que se dividió en dos bloques, después de la introducción previa a la actividad: 25 minutos para la actividad y 10 para el debate y la reflexión.

Todas las herramientas y el procedimiento a seguir fueron planificados y diseñados con anterioridad, con una previsión de 15 participantes aproximadamente. El *toolkit* de la actividad estaba formada por: las rutas que cada participante debía seguir, los tres canales de comunicación, los materiales y la *Perception Evaluation Card*.

3.5.1. Participantes

Los integrantes se dividieron en dos grupos: el equipo organizador –5 personas– y los participantes del taller –11 personas–. En cuanto al equipo organizador, sus perfiles académicos correspondían a los campos de: diseño, ingeniería, estadística y materiales. Por otro lado, el campo disciplinario de los participantes varió entre diseño gráfico, investigación e innovación, diseño personalizado, materiales, diseño de interiores, historia del arte, arquitectura y comunicación.

Los participantes, nueve mujeres y dos hombres, asistieron a la conferencia en la que se celebró este taller.

3.5.2. Procedimiento

Una vez terminada la introducción al *workshop* y respondidas las primeras dudas, cada participante recibe una etiqueta con la ruta a seguir –información sobre el orden y la interacción de cada material en un canal determinado–. Cada participante experimenta un material distinto por canal, procurando que el diseño quede aleatorizado y balanceado de forma global. Es decir, el orden de los canales y de los materiales variaba según la ruta de cada persona. Por ejemplo, un participante puede seguir la ruta material M2 con el canal C1 (texto impreso), material M1 con el canal C3 (material real que se toca físicamente), y finalmente material M3 con el canal C2 (video y audio). Este participante queda descrito con la ruta M2C1, M1C3 y M3C2. La ruta es diferente para cada participante. Una vez ubicado en la ruta se da comienzo a la actividad. Para cada canal –C1, C2 y C3– después de recibir la información del material a través del formato correspondiente, cada participante responde la *Perception Evaluation Card*, ver ejemplo Figura 3.10.



Figura 3.10. Proceso de evaluación de las propiedades sensoriales a través del canal 1.

Los participantes pueden elegir entre completar todas las propiedades o dejar en blanco las que no consideraban útiles para calificar. Una vez que termina la ruta, los participantes entregaron sus tarjetas completas al equipo organizador. Después de recibir todas las tarjetas, se inicia un intercambio de ideas y reflexión sobre la actividad y una interacción final con las muestras físicas, ver Figura 3.11. Las conversaciones fueron grabadas para poder analizar su contenido posteriormente, y al mismo tiempo, se anotaron los conceptos más importantes.



Figura 3.11. Ejemplos de interacción de los participantes con las muestras de material.

Para cerrar el proceso de investigación, un mes posterior al *workshop* se envió un correo electrónico a los participantes con la siguiente pregunta: ¿Qué material recuerdas mejor de los tres del taller?

3.5.3. Resultados

3.5.3.1. Resultados de la Evaluación Sensorial

Se obtuvieron distintos datos de la actividad, tanto cuantitativos –*Perception Evaluation Card*– como cualitativos –debate y reflexión–.

Respecto a las *Perception Evaluation Card*, cada participante entregó tres con todos los datos solicitados. Esta información se procesó con el *software* Excel, asignando a cada par de propiedades opuestas un valor de -2 a 2. Los datos se analizaron con el lenguaje de programación R (R Core Team, s.f.) y se analizaron estadísticamente con una prueba *two-way ANOVA* para ver las posibles diferencias en el canal y el material, además de la posible interacción entre ellos.

A continuación, se presentan los resultados más relevantes de la prueba piloto. Se pueden observar tres posibilidades: diferencias significativas entre canales, diferencias significativas entre materiales y ninguna diferencia significativa.

En primer lugar, las parejas de propiedades que muestran diferencias significativas entre canales son:

- + Ligero-Pesado: con un p-valor de 0,0026; el canal 1 muestra diferencias respecto el canal 2 y el canal 3. Todos los materiales en el canal 1 se perciben como más pesados.
- + Frágil-Resistente: el p-valor 0,1025 indica que el canal 1 destaca con respecto a los demás (tomando un nivel de significación de 0,15). La información del canal 2 muestra que los materiales se perciben como más frágiles; mientras que con el canal 3, se perciben como un poco más fuertes que en C2; y finalmente C1 causa una percepción contraria a C2.
- + Frío-Cálido: el canal 3 presenta diferencias significativas con un p-valor de 0,0367.
- + Reflectante-No Reflectante: hay diferencias significativas, p-valor 0,0021, entre el canal 3 y el resto.
- + Brillante-Mate: se observan diferencias entre el canal 1 respecto el resto. El canal 1 entrega menos información en comparación, y por lo tanto, la percepción es distinta.
- + Transparente-Opaco: con un p-valor de 0,0382 el canal 1 presenta diferencias significativas. C1 proporciona menos información sobre las propiedades, ya que no permite la interacción directa.
- + Colorido-Poco Colorido: presenta un p-valor de 0,0020 y se detecta el canal 1 con diferencias respecto al canal 2 y al canal 3.
- + Color luminoso-Color apagado: el canal 2 se puede diferenciar del resto, el p-valor es de 0,0135.
- + Oloroso-Inodoro: con una diferencia significativa para el canal 3.

Los resultados presentados anteriormente comparten el hecho de que las diferencias significativas en el canal son relevantes, pero la mayoría, excepto ligero-pesado y frágil-resistente, también presentan diferencias significativas en términos de materiales. En un principio durante la selección de muestras ya se escogieron con algunas diferencias entre ellas, así que las puntuaciones de los participantes confirman lo anterior.

Seguidamente, se exponen las otras parejas de propiedades que tienen diferencias significativas en cuanto al material.

- + Blando-Duro: con un p-valor de 0,0012 el material 1 destaca del resto porque se percibe como más duro.
- + Flexible-Rígido: el material 2 tiene unos valores que indican una percepción más flexible.
- + Elástico-No Elástico: el material 1 únicamente se ha puntuado en un canal –C3– y muestra una percepción consensuada como No Elástico.
- + Absorbente acústico-Aislante acústico: con un p-valor igual a 0 el material 2 muestra unos valores distintos.

Por último, hay cuatro pares de propiedades que en esta prueba piloto no muestran ninguna diferencia significativa –ni en el canal de comunicación, ni en las distintas muestras de material–. Tres están relacionadas con el sentido del gusto, como son: Sabroso-Soso, Amargo-Ácido y Salado-Dulce. La última es la pareja Rugoso-Liso.

3.5.3.2. Resultados del Debate

Respecto a la información y resultados obtenidos del debate, se resumen las contribuciones más destacadas: las diferencias entre canales, los desafíos en la calificación de propiedades concretas y, finalmente, reflexiones sobre el aprendizaje de materiales.

Los comentarios relacionados con las diferencias entre canales son:

- + El canal 1 se considera el formato tradicional para transmitir información, proporciona más información técnica y básica para comprender el material con el que uno está interactuando. Es decir, refuerza el conocimiento, pero se queda corto con respecto a la sensorialidad.
- + El canal C2 que utiliza un video, se valora positivamente la introducción de una escala humana para comprender las dimensiones. Cabe señalar que algunos de los participantes pensaron que el hecho de incorporar música transforma el vídeo en un producto comercial, seduciendo a la persona que interactúa con la información y haciendo que el material se perciba de manera diferente. Además, parte del grupo escuchó el estímulo acústico, ver y escuchar las manos y las uñas en contacto con el material reveló información crucial para percibir su dureza.
- + El canal táctil, C3, es más ágil y, según los participantes, proporciona información sensorial directa.
- + La clasificación y la preferencia que los participantes otorgan a los canales respecto la relación entre las características del material y la memoria/aprendizaje: primero, C3, seguido de C2 y C1 por último.

Algunas de las propiedades sensoriales provocaron dudas durante su evaluación, entre ellas las relacionadas con los estímulos del gusto y el olor. Concretamente:

- + En las propiedades Sabroso-Soso, Amargo-Ácido y Salado relacionadas con el gusto, la gran mayoría de participantes dudaron al afirmar lo que percibían porque no sabían si podían probar el material.
- + El olor en el caso del material *Silkworms* se observó un proceso de sinestesia, ya que este material tiene un olor perceptible que promueve una percepción del sabor más fluida.

Las reflexiones sobre el aprendizaje de los materiales más destacadas son:

- + La mayoría de los participantes preferían una información más interactiva, como en el C2 y el C3. Aunque cabe destacar que unos cuantos les gustaba más la combinación entre C1 y C3, poder tocar el material y leer la información. Se propone buscar siempre que sea posible la combinación de canales.
- + En el C1 destacan la importancia de la imagen respecto el texto. En primer lugar siempre les captaba la atención la fotografía de la muestra de material.
- + Se destaca la necesidad de buscar alternativas para acceder a las muestras y una nueva modalidad en la educación en línea que trabaje la parte sensorial, ya que la interacción con las muestras fue destacada como una parte importante del proceso.

3.5.3.3. Resultados del Correo

Las respuestas, a la pregunta enviada por correo electrónico, muestran el líquen *Cladonia stellaris*, M2, como el material más recordado según los encuestados. Algunos de ellos no recordaban el nombre así que su alternativa fue describirlo, entre las descripciones destacan su color, en este caso el verde, y la textura del material. Además, dos participantes mencionaron el material *Silkworms*, M3, por el olor.

De estos resultados se concluye que las propiedades sensoriales sí llaman la atención y *a posteriori* se recuerdan mejor.

3.5.4. Discusión

Los gráficos y los resultados estadísticos muestran diferencias entre canales para transmitir información. Todas las propiedades relacionadas con el sentido de la vista y el olfato, y algunas con el tacto –ligero-pesado, frágil-resistente, frío-cálido– presentan un canal más adecuado para facilitar la información sensorial.

Para algunas propiedades visuales, el C2 o el C3 son más idóneos para presentar la información de forma más completa. En cambio, para las relativas al olor es difícil sustituir el C3 si no se proporciona más información detallada que describa el olor.

La cuantificación de las percepciones del gusto tuvo muchas respuestas en blanco. Como se explicó anteriormente, las personas no sabían cómo calificar sin probar primero el material. Las propiedades relacionadas con el sabor apenas se han explorado en el mundo de los materiales.

El olor y el gusto están relacionados y algunos participantes, después de oler la muestra, tenían curiosidad por saber a qué sabía, aunque ninguno de ellos terminó haciéndolo.

Las otras características presentaron diferencias en términos de materiales, es decir, como las muestras eran sensorialmente diferentes, los resultados estaban condicionados en términos de percepción.

Destacar la importancia del sonido para los canales 2 y 3 por dos razones. Primero, la música de fondo fue detectada por todos los usuarios. Para algunos de ellos, este sonido tenía una connotación bastante comercial y de distracción. Al tocar el material, el sonido permitía a los participantes agregar más información sobre otras propiedades, como por ejemplo blando-duro y ligero-pesado, entre otras.

Además del análisis estadístico resultante de los diferentes puntajes del *Perception Evaluation Kit*, la discusión y el correo electrónico de seguimiento aportaron información valiosa. Gracias a las respuestas del correo electrónico, se puede observar que las propiedades sensoriales de los materiales son de interés y también tienen un impacto emocional, ya que más tarde ayudan a recordar las características de la muestra en cuestión.

Por lo tanto, proporcionar información sensorial es relevante para las diferentes disciplinas creativas para las cuales, además de tener en cuenta las propiedades físicas, deben valorar las percepciones que tendrán los usuarios al interactuar con el material.

3.6. *Perception Evaluation Kit* – Caso de estudio

Para realizar el caso de estudio el *workshop* se llevó a cabo dentro de la asignatura Física de Materiales, en el primer curso del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial de Elisava, Escuela Universitaria de Diseño e Ingeniería. Durante el mes de mayo del 2019 se programaron cuatro sesiones distintas, siguiendo los horarios de los cuatro grupos para facilitar el desarrollo de la actividad en equipos más reducidos y gestionables.

La duración estimada, fue la misma que en la prueba piloto, para realizar la actividad se calcula 45 minutos. Se divide en dos bloques, después de la introducción previa de 10 minutos de duración: 25 minutos para la actividad y 10 para el debate y la reflexión.

Todas las herramientas y el procedimiento a seguir fueron planificados y diseñados con anterioridad, y con el *feedback* de la prueba piloto se mejoraron algunos detalles. La previsión para el caso de estudio era de 100 participantes aproximadamente. El *toolkit* de la actividad estaba formado por: las rutas por grupo-clase a seguir, los tres canales de comunicación, los materiales, la *Perception Evaluation Card* y en esta ocasión se añadió un Test sobre estilos de aprendizaje, ver sección 3.4.4.

3.6.1. Participantes

Los integrantes se dividieron en dos grupos: el equipo organizador –2/3 personas– y los participantes del taller –75 personas–. En las cuatro sesiones distintas según los horarios de clase, la distribución de participantes fue la siguiente: 18, 17, 22 y 18 personas consecutivamente.

En cuanto al equipo organizador, sus perfiles académicos correspondían a los campos de: diseño, ingeniería, estadística y materiales. Por otro lado, todos los participantes son estudiantes de ingeniería en diseño industrial.

3.6.2. Procedimiento

Para el caso de estudio cada grupo/clase tiene un orden ya predeterminado, que está aleatorizado y balanceado para que de forma global tenga sentido y validez estadística.

En este *workshop* respecto al de la prueba piloto hay algunas variaciones, ya que se proponen dos experimentos distintos: mixto por persona o bloqueado por persona. A continuación, se detallan las principales diferencias.

Mixto por persona: Los alumnos participantes interactúan con un material distinto por canal, ver Figura 3.12. Este experimento se ha llevado a cabo en las tres primeras sesiones, y cada grupo/clase interactúa con los tres materiales, uno por canal sin repetir ninguna muestra de material. Se puede observar que cada grupo/clase presenta el mismo orden en cuanto a canal, pero no en las muestras, así de forma global está balanceado.

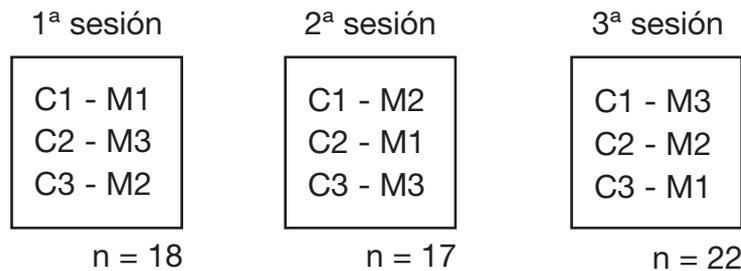


Figura 3.12. Distribución de las rutas en el experimento mixto por persona.

Bloqueado por persona: Los alumnos participantes se dividen en tres subgrupos más pequeños. Estos subgrupos quedan definidos y se les asigna un material –M1, M2 o M3–. En función de la muestra de material fijada por grupo, se presenta siempre el mismo material en los tres canales distintos empezando por C1, seguidamente el C2 y por último el C3 –abriendo el canal y ampliando la cantidad de información que se recibe–, ver Figura 3.13.

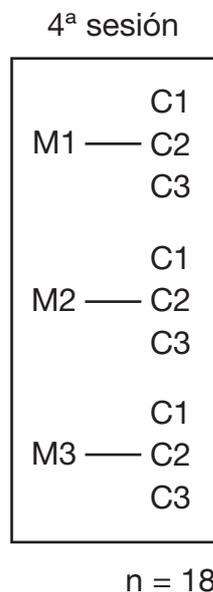


Figura 3.13. Distribución de las rutas en el experimento bloqueado por persona.

El *workshop* tiene distintos pasos y el seguimiento de estos permite realizar toda la actividad completa. En primer lugar, los alumnos contestan el test de estilos de aprendizaje, para después pasar a la evaluación de los materiales con el *Perception Evaluation Kit* según el diseño experimental y el orden que se les ha asignado. Una vez se interactúa con el material mediante el canal asignado –C1, C2 y C3–, los alumnos contestan el *Perception Evaluation Card*. Los participantes pueden escoger entre rellenar todas las propiedades o dejar en blanco aquellas que no saben o creen convenientes contestar. Una vez finalizada toda la ruta –evaluación completa– se procede a responder las tres preguntas sobre los canales y el aprendizaje. Posteriormente, se devuelven todos los tests al equipo de profesores –test de estilos de aprendizaje y las *Perception Evaluation Card* completas– y se inicia el debate y reflexión, además de interactuar con todas las muestras físicas disponibles.

3.6.3. Resultados

3.6.3.1. Percepción del material según el canal

Uno de los objetivos de la investigación es comprender cómo varía la percepción de un material en función del canal de comunicación utilizado. Es decir, si en función de C1, C2 o C3 la percepción de los materiales es diferente. Para llevar a cabo este caso de estudio se procedió con dos tipologías de experimentación distintas: mixto por persona y bloqueado por persona. En la primera las muestras de material por canal eran distintas, mientras que en la segunda el material siempre era el mismo, a continuación, en los apartados siguientes se explican los resultados.

3.6.3.1.1. Mixto por persona

Para el análisis de los participantes, que siguieron la distribución de la Figura 3.12, se aplican modelos mixtos con el canal como factor fijo y como factores aleatorios los individuos y el material. Los resultados indican diferencias significativas, entre canales según la pareja de propiedades evaluadas, en la gran mayoría de casos excepto en seis propiedades. A continuación, se detallan en las figuras 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18 y 3.19 los resultados –las medias \pm los intervalos de confianza del 95%– agrupados por la similitud entre sus resultados. Las puntuaciones de los resultados con un valor negativo corresponden a la primera propiedad del par semántico, y por lo tanto la segunda propiedad al valor positivo. Los pares semánticos aparecen agrupados en bloques para facilitar el seguimiento de la interpretación de los resultados. Esta agrupación se ha realizado de forma cualitativa, intentado poner juntos los pares semánticos que muestran un perfil de variación similar entre los tres canales.

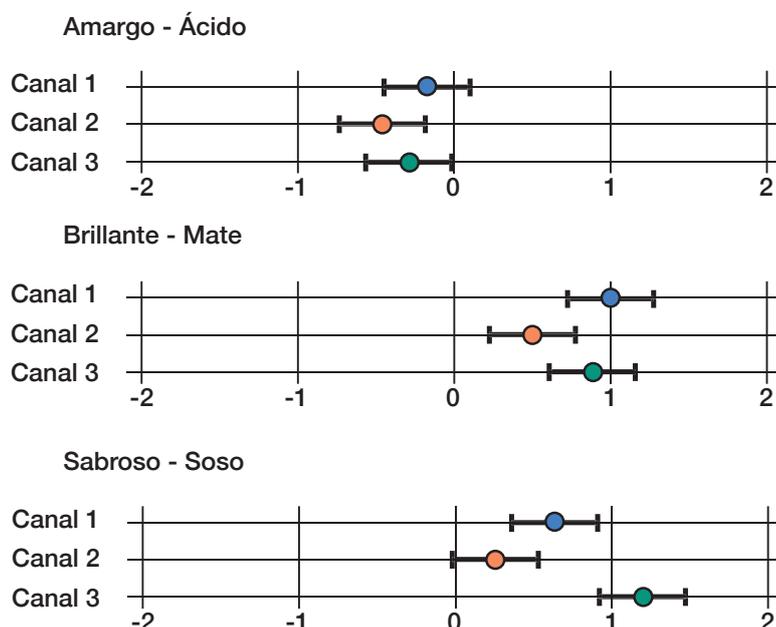


Figura 3.14. Primer clúster de propiedades sensoriales.

En la Figura 3.14 las propiedades presentadas tienen relación con el sentido del gusto y de la vista. Destaca el C2 respecto los otros dos, ya que en las propiedades se puntúa la percepción en este canal un poco por debajo, es decir tiene una ligera inclinación a la propiedad opuesta –corresponde con las puntuaciones con un valor negativo–.

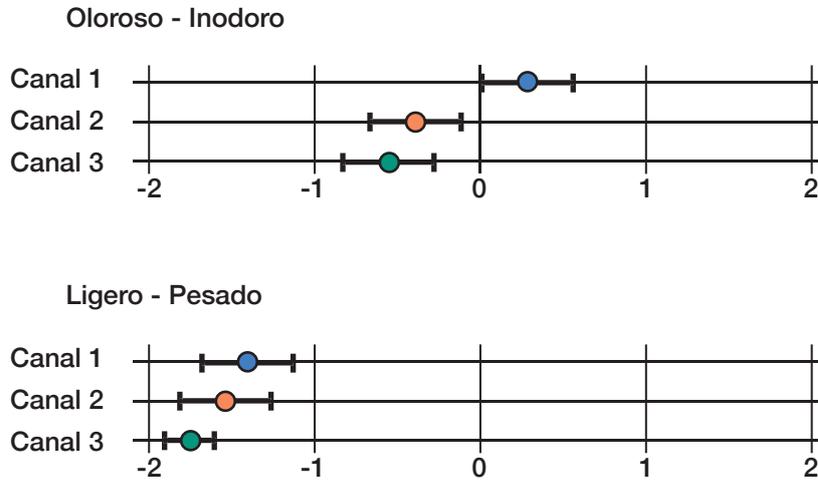


Figura 3.15. Segundo clúster de propiedades sensoriales.

Si se observa la Figura 3.15 las propiedades presentan un patrón común, ya que de forma escalonada la puntuación sobre la percepción va bajando del C1 al C3. En la propiedad ligero-pesado en este paso del C1 al C2 se precisa el resultado a más ligero hasta dejarlo en el valor más alto. En cambio, en la propiedad oloroso-inodoro se reafirma la idea del olor de los materiales.

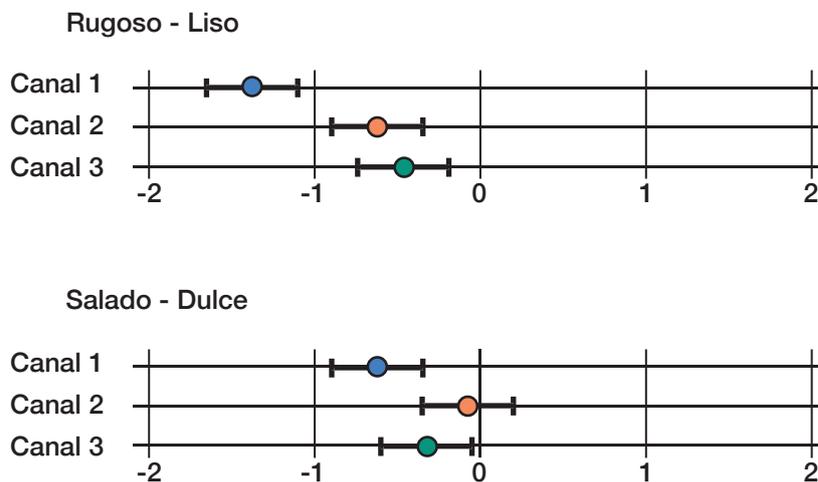


Figura 3.16. Tercer clúster de propiedades sensoriales.

De acuerdo con la información presentada en la Figura 3.16, los tres canales van aumentando la puntuación escalonadamente desde una tendencia más negativa a una más neutra –0– en C3. En la pareja salado-dulce destaca el C2 respecto a C1 y C3.

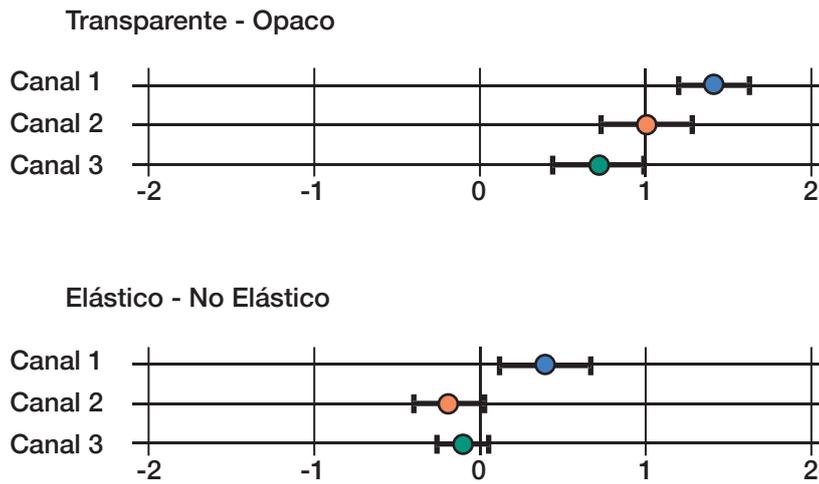


Figura 3.17. Cuarto clúster de propiedades sensoriales.

En las propiedades presentadas anteriormente, en la Figura 3.17, el C1 destaca con valores más positivos respecto C2 y C3 que presentan puntuaciones más similares entre ellas. El p-valor indica diferencias significativas entre estos canales. En el canal 1 los materiales se perciben como más más opacos y no elásticos; en cambio en los otros canales los valores se acercan más a valores neutros.

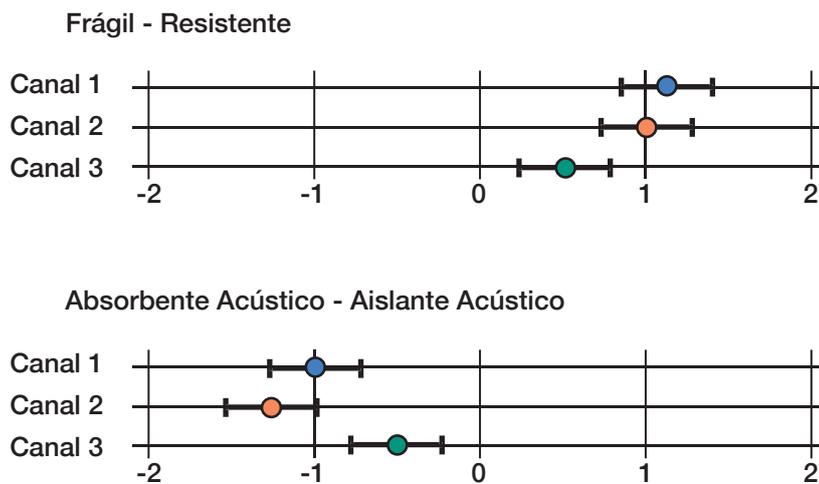


Figura 3.18. Quinto clúster de propiedades sensoriales

En la presente Figura 3.18, se muestran dos parejas de propiedades que presentan diferencias significativas entre canales, pero no comparten con ninguna otra propiedad un patrón similar. Por un lado, la propiedad frágil-resistente el C3 se diferencia del resto, en este los materiales se puntúan un poco menos resistentes. Por otro lado, en la pareja absorbente acústico-aislante acústico también el C3 es distinto de los demás.

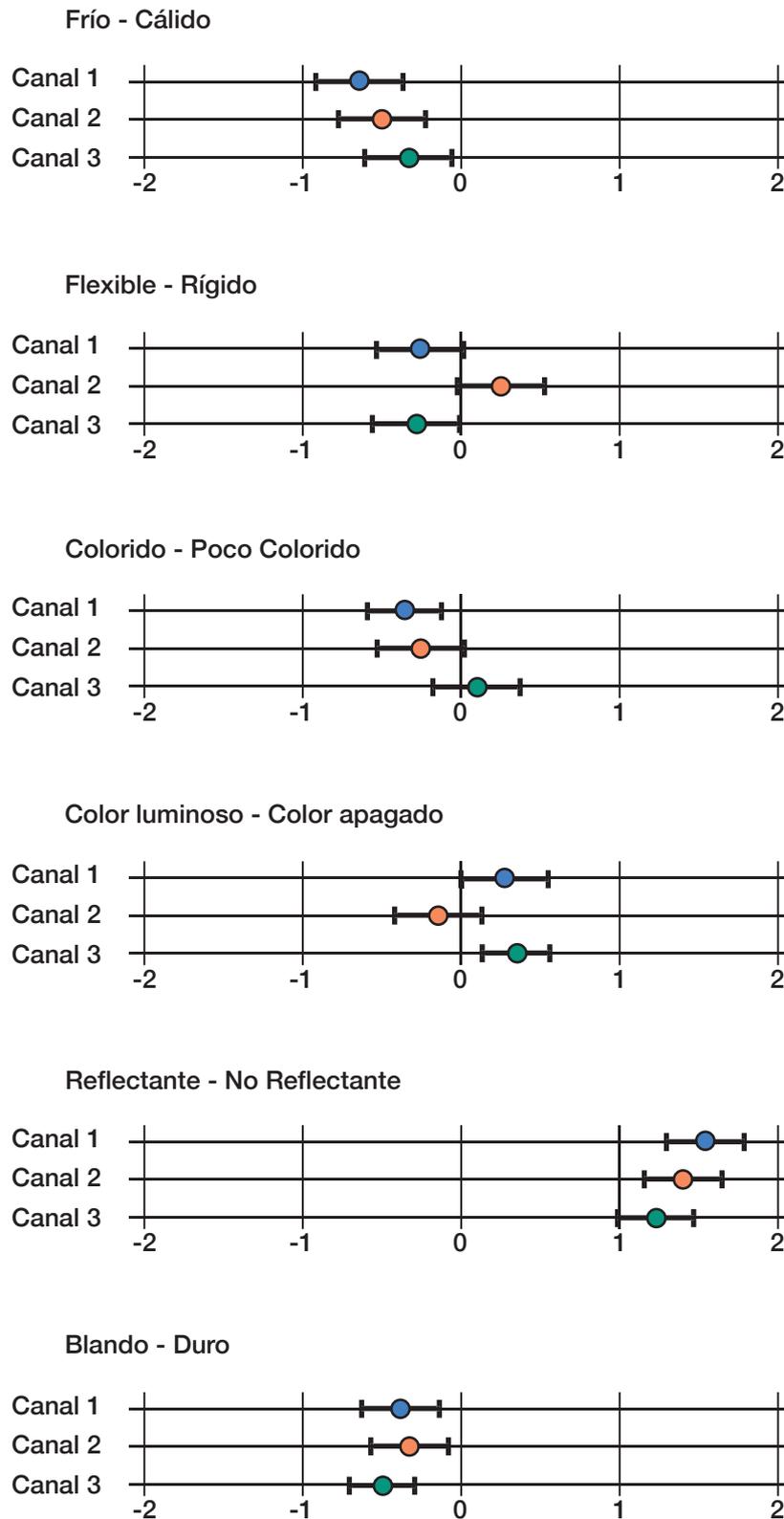


Figura 3.19. Último clúster de propiedades sensoriales.

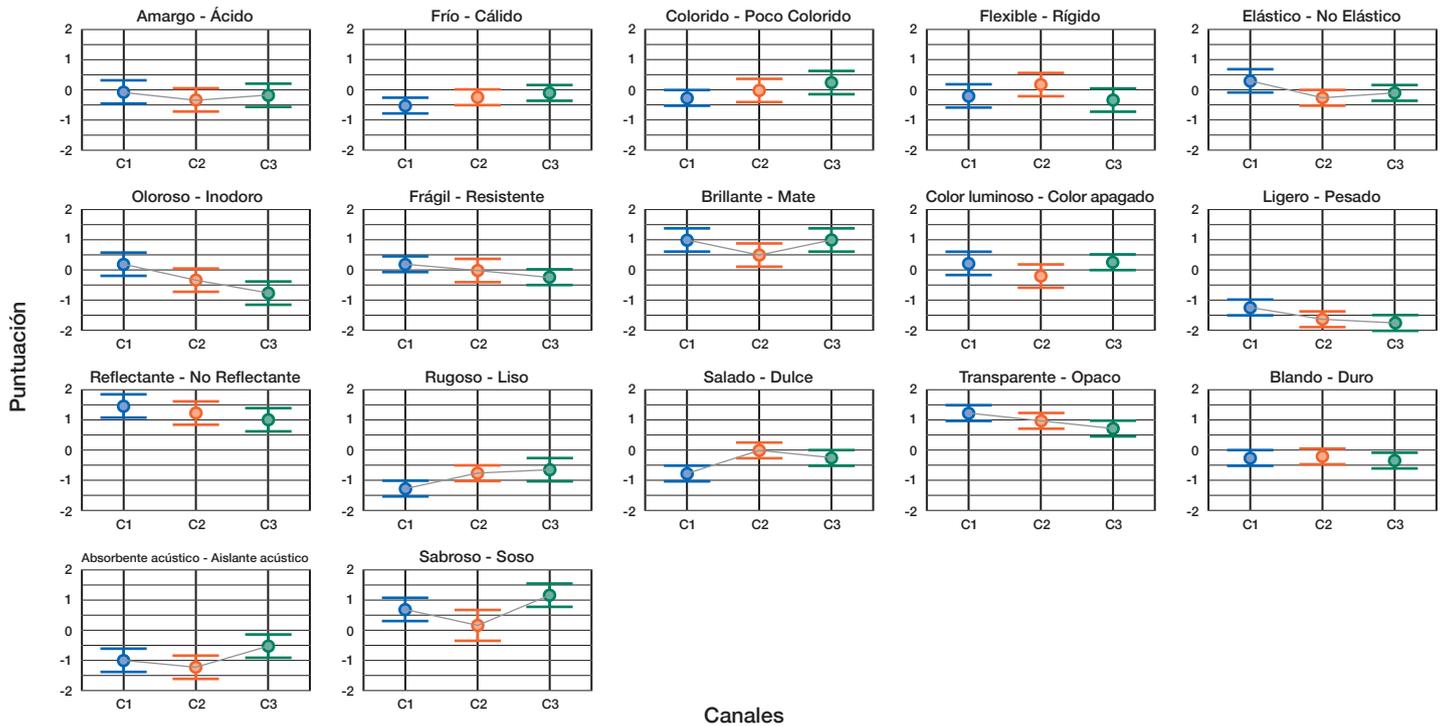
En el último clúster de propiedades sensoriales (ver Figura 3.19) aparecen aquellas que no presentan diferencias significativas entre canales. Es decir, las puntuaciones son parecidas entre C1, C2 y C3. Estas propiedades están relacionadas con el sentido de la vista y el tacto, y probablemente los participantes están más familiarizados a evaluarlas de forma inconsciente con los elementos que interactúan diariamente.

3.6.3.1.2. Bloqueado por persona

Para el análisis de los participantes que siguieron la distribución de la Figura 3.13, se aplican modelos mixtos con el canal como factor fijo y como factores aleatorios los individuos y el material. Los resultados indican diferencias significativas entre canales según la pareja de propiedades evaluadas, en la gran mayoría de casos excepto en cinco propiedades.

En la Figura 3.20 se presenta de forma visual la comparación entre los resultados de las dos tipologías de experimento –mixto y bloqueado–.

Mixto por persona



Bloqueado por persona

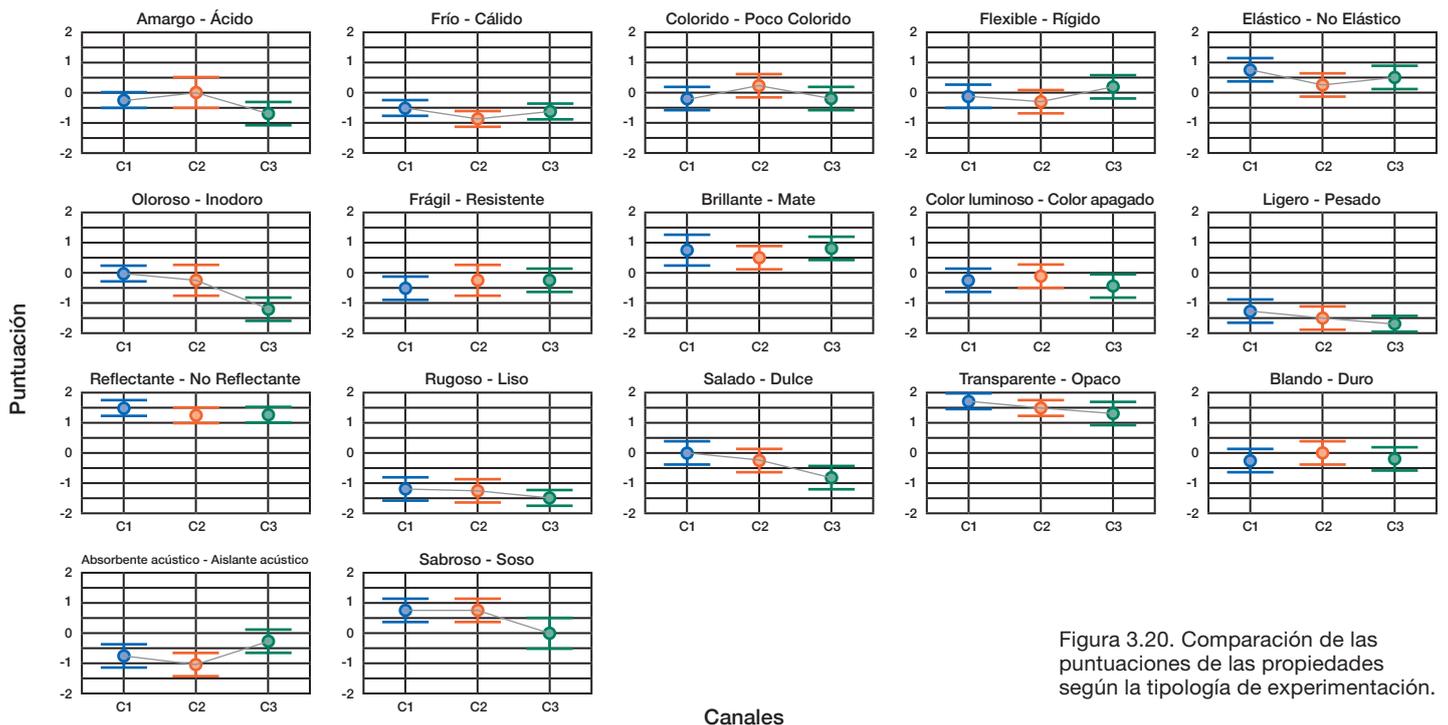


Figura 3.20. Comparación de las puntuaciones de las propiedades según la tipología de experimentación.

La Figura 3.20 muestra los resultados de la puntuación en cada par de propiedades según las dos tipologías de experimento. En el apartado anterior 3.6.3.1.1 –mixto– se han agrupado las propiedades sensoriales en función de los patrones que presentan, en el caso del experimento bloqueado por persona se distinguen cuatro clusterizaciones por su similitud en los resultados.

En primer lugar, las propiedades que presentan diferencias significativas en el canal 3 son: Amargo-Ácido, Oloroso-Inodoro, Ligero-Pesado, Rugoso-Liso, Transparente-Opaco y Sabroso-Soso. Hay otras dos propiedades, Flexible-Rígido y Absorbente acústico-Aislante acústico, en las que el C3 también es distinto en comparación con el resto, pero presenta otro patrón en las respuestas. Este último patrón volteado horizontalmente es el que presentan los resultados de percepción en Frío-Cálido. Por otro lado, el C2 es estadísticamente significativo en comparación con C1 y C3 respecto a Elástico-No Elástico y con el mismo patrón rotado según el eje horizontal en Colorido-Poco Colorido. Finalmente, hay cinco parejas de propiedades sin diferencias entre los canales: Frágil-Resistente, Brillante-Mate y Color luminoso-Color apagado, Reflectante-No Reflectante y Transparente-Opaco.

3.6.3.2. Estilos de aprendizaje y canales de comunicación

Otro de los objetivos del caso de estudio es entender la distribución de los estilos de aprendizaje de los participantes, así como comprender la preferencia y uso de los canales de comunicación utilizados para presentar la información sobre materiales. Como se ha comentado anteriormente en el apartado 3.4.4, se evalúan tres ítems distintos respecto a la preferencia de los canales de comunicación: la facilidad para evaluar todas las propiedades, el entretenimiento y el placer para aprender.

Seguidamente, en la Figura 3.21 se muestra la distribución de los estilos de aprendizaje visual, auditivo y kinestésico en todo el grupo de participantes. La encuesta de estilos de aprendizaje consta de 10 preguntas (ver Figuras 3.8 y 3.9), y en función de la respuesta a cada pregunta se obtiene 1 punto en la categoría visual, auditiva o kinestésica. Es por ello que cada persona tiene 10 puntos en total, distribuidos entre las tres categorías. Se puede ver como una gran mayoría de los integrantes tienen una combinación de las modalidades perceptuales VAK, aunque hay diferencias evidentes entre ellos. En algunos participantes predominan dos estilos de aprendizaje y en otros conviven los tres.

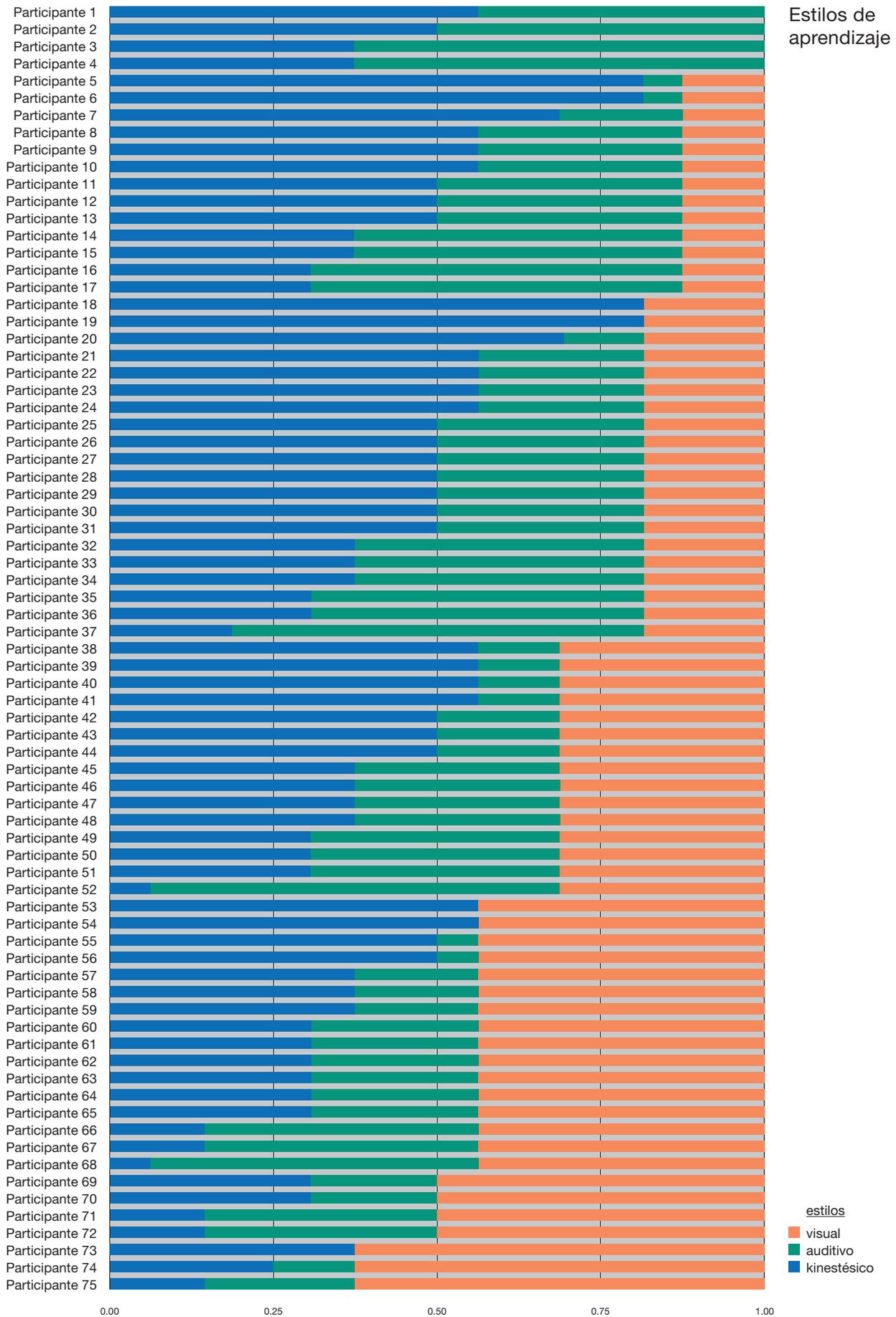


Figura 3.21. Distribución de los estilos de aprendizaje entre los participantes.

Con el fin de utilizar una prueba de Chi-cuadrado, para comprobar la independencia o no entre variables categóricas, se ha recodificado el porcentaje de visual, auditivo y kinestésico de los participantes de la siguiente manera, ver Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Recodificación de los estilos de aprendizaje.

Estilo de aprendizaje	Bajo	Alto
Visual	Entre 0 (mínimo) y 2	Entre 3 y 6 (máximo)
Auditivo	Entre 0 (mínimo) y 2	Entre 3 y 6 (máximo)
Kinestésico	Entre 1 (mínimo) y 4	Entre 4 y 8 (máximo)

Después de obtener los porcentajes ajustados con los nuevos valores, según la tabla 3.1, en la tabla 3.2 se muestra el peso de cada estilo de aprendizaje por participante y su preferencia de canal respecto a los criterios: más fácil, más entretenido y mejor para aprender.

Tabla 3.2. Peso de cada estilo de aprendizaje y preferencia de canal por participante.

Nombre	Edad	Género	Visual	Auditivo	Kinestésico	Fácil	Entretenido	Aprendizaje
Participante 75	19	Femenino	6	2	2	C3	C3	C3
Participante 74	20	Masculino	6	1	3	C3	C3	C3
Participante 73	18	Femenino	6	0	4	C3	C3	C3
Participante 72	19	Femenino	5	3	2	C3	C2	C1
Participante 71	20	Femenino	5	3	2	C3	C3	C3
Participante 70	19	Femenino	5	2	3	C3	C3	C3
Participante 69	19	Masculino	5	2	3	C3	C3	C3
Participante 68	18	Femenino	4	5	1	C3	C1	C3
Participante 67	18	Femenino	4	4	2	C3	C3	C3
Participante 66	19	Femenino	4	4	2	C3	C3	C3
Participante 65	19	Masculino	4	3	3	C2	C3	C3
Participante 64	18	Femenino	4	3	3	C3	C3	C3
Participante 63	18	Femenino	4	3	3	C3	C3	C3
Participante 62	18	Femenino	4	3	3	C3	C3	C1
Participante 61	22	Masculino	4	3	3	C3	C3	C1
Participante 60	19	Femenino	4	3	3	C3	C3	C3
Participante 59	19	Masculino	4	2	4	C3	C3	C3
Participante 58	18	Femenino	4	2	4	C3	C3	C3
Participante 57	19	Masculino	4	2	4	C3	C3	C3
Participante 56	19	Masculino	4	1	5	C3	C3	C3
Participante 55	19	Femenino	4	1	5	C3	C3	C3
Participante 54	19	Femenino	4	0	6	C3	C3	C3
Participante 53	20	Femenino	4	0	6	C3	C3	C3
Participante 52	18	Masculino	3	6	1	C3	NA	C3
Participante 51	18	Femenino	3	4	3	C3	C2	C3
Participante 50	18	Masculino	3	4	3	C2	C3	C2
Participante 49	18	Femenino	3	4	3	C3	C3	C3
Participante 48	19	Femenino	3	3	4	C1	C3	C2
Participante 47	18	Masculino	3	3	4	C2	C2	C2
Participante 46	19	Femenino	3	3	4	C3	C3	C3
Participante 45	18	Masculino	3	3	4	C3	C3	C3
Participante 44	18	Masculino	3	2	5	C3	C3	C3
Participante 43	19	Masculino	3	2	5	C3	C3	C3
Participante 42	19	Masculino	3	2	5	C3	C3	C3

Continúa en la página siguiente.

En la tabla 3.2 se refleja la preferencia de los participantes hacia el canal 3, independientemente del estilo de aprendizaje dominante de la persona.

Se realiza una prueba de Chi-cuadrado para ver la posible relación entre los estilos de aprendizaje y el canal que se percibe como más fácil para evaluar todas las propiedades –fácil –, más entretenido –entretenido– y el que más gustó para aprender sobre materiales –aprendizaje–. En el estilo de aprendizaje visual no se muestra ninguna relación estadísticamente significativa –con un nivel de significación del 5%–. En cambio, cuando el estudio se hace con los estilos de aprendizaje auditivo y kinestésico, se obtienen algunos resultados de interés.

Nombre	Edad	Género	Visual	Auditivo	Kinestésico	Fácil	Entretenido	Aprendizaje
Participante 41	19	Femenino	3	1	6	C3	C3	C3
Participante 40	19	Masculino	3	1	6	C3	C3	C1
Participante 39	19	Masculino	3	1	6	C3	C3	C2
Participante 38	18	Masculino	3	1	6	C3	C3	C3
Participante 37	18	Masculino	2	6	2	NA	NA	NA
Participante 36	21	Masculino	2	5	3	C1	C3	C1
Participante 35	19	Femenino	2	5	3	C3	C3	C3
Participante 34	18	Femenino	2	4	4	C3	C2	C3
Participante 33	21	Masculino	2	4	4	C1	C1	C1
Participante 32	18	Femenino	2	4	4	C3	C3	C3
Participante 31	19	Masculino	2	3	5	C2	C3	C2
Participante 30	22	Masculino	2	3	5	C3	C3	C3
Participante 29	21	Masculino	2	3	5	C3	C3	C3
Participante 28	18	Masculino	2	3	5	C3	C3	C1
Participante 27	19	Femenino	2	3	5	C3	C3	C1
Participante 26	19	Femenino	2	3	5	C1	C3	C3
Participante 25	18	Masculino	2	3	5	C2	C3	C3
Participante 24	20	Masculino	2	2	6	C3	C3	C3
Participante 23	20	Masculino	2	2	6	C3	C3	C3
Participante 22	42	Masculino	2	2	6	C3	C3	C2
Participante 21	18	Masculino	2	2	6	C3	C3	C3
Participante 20	18	Masculino	2	1	7	C3	C3	C3
Participante 19	18	Masculino	2	0	8	NA	NA	NA
Participante 18	28	Femenino	2	0	8	C3	C3	C3
Participante 17	20	Masculino	1	6	3	C3	C3	C3
Participante 16	19	Femenino	1	6	3	C3	C3	C3
Participante 15	19	Masculino	1	5	4	C3	C3	C3
Participante 14	20	Femenino	1	5	4	C3	C3	C3
Participante 13	18	Femenino	1	4	5	C1	C3	C3
Participante 12	19	Masculino	1	4	5	C3	C3	C3
Participante 11	19	Masculino	1	4	5	C3	C3	C3
Participante 10	19	Masculino	1	3	6	C3	C3	C3
Participante 9	18	Masculino	1	3	6	C3	C3	C3
Participante 8	20	Femenino	1	3	6	C3	C3	C3
Participante 7	23	Masculino	1	2	7	C3	C3	C3
Participante 6	NA	Femenino	1	1	8	NA	NA	NA
Participante 5	19	Masculino	1	1	8	C3	C3	C3
Participante 4	19	Masculino	0	6	4	C3	C3	C2
Participante 3	18	Femenino	0	6	4	C3	C3	C3
Participante 2	18	Femenino	0	5	5	C3	C3	C3
Participante 1	18	Masculino	0	4	6	C3	C1	C3

Aunque la gran mayoría de personas valora como más fácil y entretenido el canal 3; existe una diferencia significativa en la preferencia de los canales 1 y 2 para los criterios más fácil y entretenido en personas con un nivel de estilo auditivo alto respecto a los que tienen un nivel de estilo auditivo bajo. Es decir, las personas con un nivel de estilo auditivo alto perciben los canales 1 o 2 como más fáciles y entretenidos mientras que, por el contrario, ninguno de los que presentan un nivel de estilo auditivo bajo percibe el canal 1 o 2 como más fácil o entretenido, ver Tabla 3.3 y Tabla 3.4.

Tabla 3.3. Test de asociación de Chi-cuadrado entre los niveles del estilo de aprendizaje auditivo y la preferencia de canal para más fácil.

	bajo	alto	todo
C1	0 1,875 1,875	5 3,125 1,125	5
C2	0 1,875 1,875	5 3,125 1,125	5
C3	27 23,250 0,605	35 38,750 0,363	62
todo	27	45	72

Chi-Square Test

	Chi-Square	DF	P-Value
Pearson	6,968	2	0,031
Likelihood Ratio	10,350	2	0,006

4 cell(s) with expected counts less than 5.

Tabla 3.4. Test de asociación de Chi-cuadrado entre los niveles del estilo de aprendizaje auditivo y la preferencia de canal para más entretenido.

	bajo	alto	todo
C1	0 1,141 1,1408	3 1,859 0,7001	3
C2	0 1,521 1,5211	4 2,479 0,9334	4
C3	27 24,338 0,2912	37 39,662 0,1787	64
todo	27	44	71

Chi-Square Test

	Chi-Square	DF	P-Value
Pearson	4,765	2	0,092
Likelihood Ratio	7,163	2	0,028

4 cell(s) with expected counts less than 5.

Por último, hay que destacar la existencia de una asociación significativa –con un nivel de significación del 10%– entre la percepción de canal más entretenido y un nivel bajo o alto del estilo de aprendizaje kinestésico. Aunque la mayoría de las personas perciben el canal 3 como más entretenido, algunas personas con niveles bajos del estilo de aprendizaje kinestésico perciben los canales 1 y 2 como más entretenidos, ver Tabla 3.5.

	bajo	alto	todo
C1	2 1,563 0,1219	1 1,437 0,1327	3
C2	4 2,085 1,7602	0 1,915 1,9155	4
C3	31 33,352 0,1659	33 30,648 0,1805	64
todo	37	34	71

Chi-Square Test

	Chi-Square	DF	P-Value
Pearson	4,277	2	0,118
Likelihood Ratio	5,821	2	0,054

4 cell(s) with expected counts less than 5.

Tabla 3.5. Test de asociación de Chi-cuadrado entre los niveles del estilo de aprendizaje kinestésico y la preferencia de canal para más entretenido.

Continúa en la página siguiente.

3.6.4. Discusión

El objetivo del presente caso de estudio es comprender la posible variación de la percepción de los materiales según el canal de comunicación utilizado, así como la influencia y la distribución de los estilos de aprendizaje de los participantes y su preferencia respecto a los canales.

Las principales contribuciones se destacan en las siguientes secciones, ver 3.6.4.1 para las reflexiones sobre la percepción y los canales; y 3.6.4.2 para las relativas a los estilos de aprendizaje y los canales.

3.6.4.1. Percepción de los materiales según el canal

Los resultados muestran diferencias significativas entre canales de comunicación utilizados para la transmisión de información sobre materiales. En este caso de estudio se han utilizado dos tipologías de experimento –mixto y bloqueado– con la intención de comprender las posibles diferencias si los canales se presentan de forma aleatoria o en un orden predeterminado C1, C2 y C3 –ampliando el canal y la cantidad de estímulos que se proporcionan–.

En las dos tipologías de experimentos se han podido agrupar los resultados en función de los patrones que presentaban sus puntuaciones. Asimismo, hay parejas de propiedades que coinciden los resultados entre los dos experimentos, ver Figura 3.20. Por un lado, las que si que presentan diferencias significativas y los patrones de resultados son similares, como son: Elástico - No Elástico, Absorbente acústico - Aislante acústico. Y por otro, las propiedades en las que no hay diferencias entre canales y los resultados se pueden observar en los dos experimentos: Ligero - Pesado, Color luminoso - Color apagado y Reflectante - No Reflectante. En los dos casos, los canales en los que aparecen diferencias significativas respecto el resto son el C2 y el C3 en función de la propiedad sensorial concreta.

Si se comparan los resultados de los dos experimentos se detecta que hay similitudes en cuanto a los valores asignados según la pareja de propiedades, es decir, una gran mayoría de los resultados están en la misma franja –valores positivos, neutros o negativos– tanto en mixto por persona como en bloqueado por persona. Se puede concluir que el nivel de la respuesta no es tan diferente entre el experimento mixto respecto al experimento bloqueado.

La anterior afirmación da lugar a otra conclusión relevante, si se analizan los gráficos en detalle los resultados evidencian que el hecho de ir ampliando y abriendo el canal –seguir el orden de C1, a C2 y a C3– no afecta demasiado a los resultados de percepción de las personas. Por lo tanto, los participantes puntúan y perciben el material según la cantidad de estímulos e información que les entrega el canal de comunicación concreto sin que el orden de estos afecte a su percepción y a su respectiva evaluación. En otras palabras, si una persona percibe de una manera determinada un material en el C3 si la interacción con este es en el primer paso o en el último su resultado en la evaluación sensorial seguirá siendo el mismo.

3.6.4.2. Estilos de aprendizaje y canales de comunicación

Los estilos de aprendizaje ayudan a determinar la forma en que los participantes aprenden, es decir, detectan, recolectan y recuerdan mejor los conocimientos. En el presente caso de estudio en la distribución de los estilos de aprendizaje conviven las tres modalidades –auditivo, visual y kinestésico– en todos los participantes excepto en nueve personas –12% de la totalidad–. De estas, cuatro presentan una combinación entre el estilo de aprendizaje kinestésico y el auditivo, y el resto mantienen el kinestésico con el visual.

Los estilos de aprendizaje de los participantes pueden presentar un canal de comunicación más adecuado para la captación de la información, ya que favorecerán y promoverán un mayor aprovechamiento de sus capacidades y posibilidades. Para comprender la preferencia de los canales de comunicación de las personas se establecen tres criterios: más fácil para evaluar las propiedades, más entretenido y más placer para su aprendizaje. Los resultados muestran de forma evidente la preferencia del C3 para todos, aunque hay algunas excepciones. Para el criterio más fácil hay cinco personas que prefieren el C1 y cinco el C2. Respecto el más entretenido hay dos participantes que se decantan por C1 y cuatro por C2. Por último, respecto a las excepciones para aprendizaje hay nueve personas que les gusta más el C1 y seis el C2. Según la literatura expuesta en la sección 3.1, los estilos de aprendizaje y los canales de comu-

nicación se pueden relacionar, en función de los estímulos que proporcionan, de la siguiente manera: el estilo visual con el C1, el auditivo con el C2 y el kinestésico con el C3. De todas formas, en este estudio se evidencia que la preferencia de las personas, siempre que es posible, es el C3 respecto los otros canales. Esto se debe a que el C3 permite interactuar con todos los sentidos al completo y por lo tanto da respuesta a todos los estilos de aprendizaje de una forma u otra. Aun así, en la investigación se observan diferencias significativas en la preferencia de canal para el criterio entretenido y/o fácil según el nivel alto o bajo de auditivo y kinestésico. Las personas con un nivel bajo de estilo de aprendizaje kinestésico el C1 y el C2 les resultan más entretenidos. Este resultado coincide en los niveles altos de estilo auditivo, ya que también perciben el C1 y el C2 como más fácil y entretenido.

3.7. Conclusión

La finalidad de este capítulo es comprender cómo varía la percepción de los materiales en función del canal de comunicación utilizado, así como la relación entre los canales de comunicación y los estilos de aprendizaje. Además, de contribuir en la búsqueda de nuevas formas de transmisión de la información sensorial de los materiales en los medios y el contexto actual.

A través del *workshop Perception Evaluation Kit* –primero en formato de prueba piloto y después con un caso de estudio– y de las metodologías de investigación a través del diseño se ha contribuido con más datos a la relación entre la percepción humana y los canales de comunicación para transmitir la información.

Los materiales son elementos con los que las personas interactúan y que forman parte de su vida diaria. Por lo tanto, comprenderlos de una manera holística ayudará a fomentar su correcta aplicación y permitirá la innovación en el campo de los materiales y la educación en materiales. Esto pasa por revalorizar las propiedades sensoriales de los materiales en el proceso de formación. La presente investigación pretende abrir una vía para contribuir en esta nueva búsqueda de formatos idóneos, ya que se ha evidenciado que las propiedades sensoriales y la evaluación de estas varían en función del canal. Además, para poder llevarlo a cabo se han propuesto y probado tipologías distintas de experimentación, así como herramientas para conocer las formas en que aprenden las personas, por ejemplo, los estilos de aprendizaje. Estos recursos y la hibridación de metodologías son valiosos, ya que aportan más datos y puntos de vista para poder tener un contexto de investigación más rico y variado.

El canal C3 –interacción completa con la muestra de material– destaca como el preferido de la gran mayoría de los participantes, independientemente de su estilo de aprendizaje predominante. Mediante la interacción el usuario puede captar una gran cantidad de estímulos, y, por lo tanto, puede generar una idea más completa de la muestra en sí. En un escenario donde el C3 fuera poco probable o complejo de conseguir, los usuarios se decantan por el vídeo –C2–. El vídeo permite enfatizar las propiedades del material, añadir una explicación por escrito y/u oral, y la interacción material-persona a través de los distintos planos y sonidos. Es generalmente más económico y permite una mayor flexibilidad para aprender en un entorno virtual. Del C1 –ficha técnica– se sugiere añadir una imagen de la muestra de material para acompañar al texto. Una de las ventajas que subrayan los usuarios del C1 es la homogeneidad de importancia en este formato, ya que la lectura permite una igual concentración tanto para la imagen como para el texto. En cambio, en el vídeo las personas se pueden centrar más en la imagen, en la música o los sonidos, restando atención a otros estímulos. El C1 y C2 se valoran positivamente para los usuarios con un estilo de aprendizaje kinestésico bajo y un estilo auditivo alto. En todos los canales es recomendable presentar la información con el mismo formato –tamaño, forma y planos– para que no se convierta en una limitación para los resultados.

La investigación presentada se podría llevar a otras áreas de transmisión de conocimiento y aprendizaje más allá de los materiales para comprender el mejor canal o la combinación de canales para ayudar a transmitir la información, siempre teniendo en cuenta los formatos nuevos y emergentes, como por ejemplo, los videos con mejor calidad de imagen y sonido, la realidad virtual y las simulaciones del contexto actual.

4.0. Introducción al capítulo

4.1. Herramientas de medición

4.1.1. Herramientas de autoreporte

4.1.1.1. Encuestas y formularios

4.1.1.2. Entrevistas y *Focus Group*

4.1.2. Herramientas basadas en mediciones corporales y fisiológicas

4.1.2.1. *Eye tracking*

4.1.2.2. Rastreo de movimiento y posición

4.1.2.2.1. Detección de posición muscular y esquelética

4.1.2.2.2. Seguimiento de movimiento (*motion tracking*) para pantallas grandes y entornos virtuales.

4.1.2.3. Herramientas fisiológicas

4.1.2.3.1. Actividad electrodermal o actividad galvánica

4.1.2.3.2. Señales cardiovasculares

4.1.2.3.3. Respiración

4.1.2.3.4. Tensión muscular

4.1.2.3.5. Actividad cerebral

4.2. Herramientas de auto reporte + herramientas fisiológicas = Psicofisiología

04. Herramientas de Medición

73

- 4.3. Caso de estudio: La percepción de los materiales reciclados
 - 4.3.1. Introducción
 - 4.3.2. Materiales y métodos
 - 4.3.2.1. Participantes
 - 4.3.2.2. Variables independientes
 - 4.3.2.2.1 Materiales
 - 4.3.2.2.2. Canales Sensoriales
 - 4.3.2.3 Variables dependientes
 - 4.3.2.3.1. Herramientas fisiológicas
 - 4.3.2.3.2. Test evaluación sensorial
 - 4.3.2.3.3. Test Actitud Ambiental
 - 4.3.2.3.4. Test Hábitos de Consumo
 - 4.3.2.4. Procedimiento
 - 4.3.3. Resultados
 - 4.3.3.1. Evaluación sensorial de los materiales
 - 4.3.3.2. Apreciación hedónica de los materiales
 - 4.3.3.3. Caracterización de los materiales
 - 4.3.3.4. Conciencia ambiental
 - 4.3.4. Discusión
 - 4.3.4.1. Percepción del consumidor del plástico virgen y del reciclado
 - 4.3.4.2. Sugerencias de diseño para diseñadores y empresas
- 4.4. Conclusión

04. Herramientas de medición

4.0. Introducción al capítulo

Introducción a las dos tipologías de medición del ser humano: autoreporte y fisiológicas, en un caso de estudio sobre la percepción de los materiales reciclados.

Pregunta de investigación: ¿Tiene alguna relación la información, sobre la percepción del usuario, obtenida de herramientas fisiológicas versus la obtenida de herramientas de autoreporte?

4.1. Herramientas de medición

Actualmente, las herramientas de medición han sufrido una transformación y modernización gracias al uso de los *wearables* –dispositivos electrónicos que se incorporan de forma habitual en alguna parte concreta del cuerpo– y la sensorización. Entre otros beneficios, esto ha significado una mayor accesibilidad a herramientas que anteriormente tenían un precio muy elevado, incluso a veces inaccesible. Por otra parte, la gran mayoría de las herramientas permiten obtener gran cantidad de datos de forma inmediata y sin mucha complicación.

Las posibilidades de recolectar información sobre la opinión y reacción de las personas frente a un producto o material hoy por hoy presentan dos opciones. En primer lugar, las herramientas o metodologías que permiten obtener información más subjetiva y consciente por parte del usuario, y, en segundo lugar, las herramientas que miden parámetros fisiológicos de la persona y por lo tanto entregan información más directa y con menor procesamiento racional previo. Se podría asociar a los parámetros de autoreporte una naturaleza de los datos más subjetiva y en cambio a los parámetros fisiológicos un carácter más objetivo.

4.1.1. Herramientas de autoreporte

En la categoría de herramientas de autoreporte, típicamente se utilizan formularios, entrevistas, encuestas, *focus group*, preguntas abiertas o texto. Los formatos anteriormente citados son los más comunes para obtener datos cualitativos para los investigadores y profesionales.

Las técnicas utilizadas para analizar la información de los datos cualitativos varía respecto a los cuantitativos, ya que una de las características más importantes es que implica un proceso de codificación por parte del equipo investigador o profesional. El motivo principal es la ausencia de datos numéricos y directos que provoca que los datos sean más susceptibles a la interpretación sesgada o manipulación subjetiva (Lazar, Heidi y Hochheiser, 2017). En consecuencia, es importante adoptar procedimientos y técnicas para asegurar la mejor calidad posible de análisis –validez y confianza–.

A continuación, se presentan cada una de las herramientas de autoreporte más comunes, con los pros y contras.

4.1.1.1. Encuestas y formularios

Los términos encuesta y formulario se usan de forma indistinta generalmente. Hay autores (Dillman, 2000) que diferencian el cuestionario/formulario como un listado de preguntas y la encuesta como el enfoque metodológico completo que incluye muestreo, recordatorios e incentivos. Y ejemplifica que el cuestionario es sólo un elemento de una encuesta bien hecha.

Las encuestas son herramientas que se utilizan con frecuencia para describir poblaciones, explicar comportamientos y explorar ideas (Babbie, 1990). El motivo es la capacidad de obtener una gran cantidad de respuestas de una población de usuarios ubicados geográficamente en sitios distintos en muy poco tiempo y con muy poco coste. Esto es posible gracias al formato que se utiliza, ya que normalmente son autoadministradas por el individuo, sin que el investigador esté presente, mediante el correo electrónico u otras plataformas digitales, y en algunos casos puntuales en papel.

La inmediatez, el autodesempeño del entrevistado y el gran volumen de datos supone una ventaja ya que permite tener una instantánea del panorama actual, pero al mismo tiempo un inconveniente ya que los resultados no son tan profundos y detallados como en otros métodos de investigación. Además, hay muchos detalles de fondo que deben recibir atención para que los datos recopilados sean válidos y útiles.

Una de las razones por las que las encuestas son tan populares es porque también permiten realizar estimaciones estadísticamente precisas para una población, cuando se estructura mediante un muestreo aleatorio. Y es considerada la metodología más apropiada para la medición de actitudes, conciencia, intención, retroalimentación sobre las experiencias de los usuarios, características de los usuarios y comparaciones a lo largo del tiempo ((Müller, Sedley y Ferrall-Nunge, 2014).

Pero, por otra parte, también es uno de los métodos más difamados. La razón es porque muchas veces se utilizan por su facilidad y no porque sean el método más apropiado. Por lo tanto, la estructura de estas encuestas no es correcta, y los datos que se obtienen, en ocasiones no válidos, se utilizan como generalización para otras poblaciones (Lazar, Heidi y Hochheiser, 2017). Además, otro inconveniente es que a veces pueden conducir a datos sesgados, como las preguntas cuyas respuestas dependen de la memoria si el evento tuvo lugar hace mucho tiempo.

Un factor a tener en cuenta es la cultura de los participantes para enfocar la encuesta de la forma más correcta, así como valorar si los enfoques de comunicación oral y escrita son igual de predominantes en ésta (Lazar, Heidi y Hochheiser, 2017).

4.1.1.2. Entrevistas y *Focus Group*

Las entrevistas y los *Focus Group* proporcionan un enfoque alternativo ya que permiten profundizar gracias al uso de la conversación. Es decir, la conversación y la interacción con las personas adecuadas puede proporcionar unos datos y perspectivas que con las encuestas a menudo se pierden. La principal diferencia entre las dos técnicas es la cantidad de gente por sesión, mientras que en las entrevistas normalmente es de forma individual, en los *focus group* se involucran a distintos usuarios al mismo tiempo. Las recomendaciones sobre el número de personas ideal para los *focus group* difiere entre investigadores, aunque generalmente no son grupos grandes. Algunos sugieren entre ocho y doce personas (Robson, 2002), mientras que otros prefieren grupos más pequeños de cinco a siete para facilitar la conversación y el estudio (Krueger, 1994). Se desaconseja una sola sesión de *focus group*, para evitar que no sea representativo o no funcione del todo, con dos o más grupos el funcionamiento y los resultados serán más exitosos (Krueger, 1994).

Las conversaciones pueden variar desde entrevistas no estructuradas de formato libre hasta entrevistas semiestructuradas o totalmente estructuradas. Al realizar preguntas, los entrevistados tienen la libertad de proporcionar respuestas con un carácter personal y de forma más detallada. Basándose en las exposiciones de los entrevistados, el investigador puede reformular otras preguntas o indagar en la temática de investigación gracias a una idea interesante que ha surgido en la conversación.

Uno de los retos importantes de las entrevistas, en cualquiera de sus formatos, es administrar la discusión y el tiempo. Es decir, gestionar de una forma correcta el tiempo para poder realizar la entrevista de manera fluida, evitando que la persona entrevistada se centre en otra temática o cambie el foco de interés, y si es en grupo buscar un equilibrio entre las opiniones de los distintos miembros para que todos puedan expresarse sin conflicto y sin que nadie monopolice la conversación.

Además, esta tipología de herramientas implica una dedicación, ya que el entrevistado debe estar presente en las sesiones. Sus principales tareas son preguntar, promover el diálogo y anotar todos los resultados de la conversación. Por este motivo, en función del tamaño del grupo o de

la duración de la entrevista el investigador cuenta con otras herramientas –métodos o soporte de compañeros– para poder recopilar toda la información.

Por último, como desventaja las entrevistas comparten algunas deficiencias inherentes con las encuestas. A menudo la recolección de datos está separada del contexto, y por lo tanto los participantes informan sobre sus percepciones de necesidades o experiencias a través de sus recuerdos. Por lo tanto, la realidad queda eliminada y la respuesta viene condicionada por el recuerdo y su capacidad de memoria. Por este motivo, algunos autores recomiendan considerar el uso de entrevistas con otras técnicas, como la observación, y así entender mejor la relación entre lo que reportan y hacen. Es decir, el llamado “mira comportamiento, escucha percepciones” de Miller y Crabtree (1999).

El análisis es un desafío porque implica transformar notas crudas y grabaciones de gran cantidad de respuestas abiertas y por lo tanto puede llevar una gran dedicación de horas (Robson, 2002). Una de las tareas más importantes del investigador es separar la información relevante sin que se llegue a manipular o variar las respuestas.

4.1.2. Herramientas fisiológicas en mediciones corporales y fisiológicas

A continuación, se presentan las distintas formas en que los cuerpos de los participantes pueden actuar como dispositivos que generan datos proporcionando medidas de atención, respuesta emocional y actividad cerebral (Lazar, Heidi y Hochheiser, 2017). La gran mayoría de las técnicas que se presentarán cubren un rango de complejidad, coste e invasividad, y es por este motivo que muchas veces requieren un entrenamiento para su correcto uso.

El avance de la tecnología y la sensorización han permitido que las herramientas para medir estén al alcance de más público y los *gadgets* sean más pequeños y fáciles de transportar, y en algunos casos menos invasivas. La evolución tecnológica, junto con la capacidad de estas herramientas de detallar actividades del usuario y de las respuestas, permite ampliar la comprensión del uso humano. Uno de los resultados inminentes es la incorporación y popularización de las herramientas de medición fisiológica, en la siguiente sección se presentan las más comunes y utilizadas.

Una de las premisas más importantes cuando se usan herramientas de medición fisiológicas es evitar riesgos potenciales y obtener el consentimiento informado de los participantes, previo al estudio. Además, el investigador debe controlar que los usuarios se sientan cómodos y sin molestias, en particular cuando es necesario electrodos u otros elementos de medición.

4.1.2.1. Eye tracking

La técnica de *Eye tracking* utiliza cámaras u otros sensores para recopilar datos sobre la orientación de la fovea ocular, es decir el centro del campo de visión. Actualmente se dispone de sistemas más modernos basados en sensores ubicados en el escritorio o en dispositivos que se montan en la cabeza para seguir el reflejo de la luz infrarroja de la córnea o la retina (Jacob y Karn, 2003; Kumar, 2006).

La información que se obtiene puede ayudar a comprender dónde está mirando el usuario y, por lo tanto, cuál es el foco de atención. Tanto la localización de los ojos –dónde están mirando– como el contenido –qué elemento concreto se observa– son ambos elementos importantes (Jacob y Karn, 2003). Es por ese motivo que el seguimiento de la mirada se usa como una fuente de información para entender el estado cognitivo y contextual interno, así como la intención y el foco de atención visual del usuario (Cowley et al., 2016).

Los movimientos rápidos, conocidos como *saccades*, tienen una duración de entre 10 y 100 ms (Duchowski, 2007). Los movimientos se utilizan para reposicionar los ojos a un nuevo punto de vista (Duchowski, 2007), en respuesta a algún estímulo o alguna tarea concreta. Los parámetros interesantes obtenidos de las *saccades* son: frecuencia, duración, amplitud, velocidad media y perfiles de velocidad (Cowley et al., 2016). Las transiciones realizadas conducen a la fijación, que es una nueva área de interés. Para las fijaciones los parámetros típicos son los siguientes: ubicación, duración, frecuencia y deriva dentro de las fijaciones (Cowley et al., 2016). Además de los citados anteriormente hay otros parámetros interesantes que se pueden obtener con esta técnica, como, por ejemplo, la información sobre los parpadeos –frecuencia, cierre de ojos, tiempos de cierre y apertura de párpados–.

Como se ha mencionado anteriormente, con las nuevas tecnologías y los precios más accesibles, han salido al mercado sistemas más económicos (Kumar, 2006). Estos sistemas son una alternativa económica a los de alta gama, pero hay que tener en cuenta que normalmente la recolección de datos se hace con una frecuencia menor. Por consiguiente, la gran mayoría de investigaciones que usan el sistema de *Eye tracking* deben diseñarse y controlarse cuidadosamente (Duchowski, 2007), para intentar minimizar el riesgo de errores en la recopilación, ya que a posteriori pueden influir en la interpretación y en los resultados finales.

4.1.2.2. Rastreo de movimiento y posición

4.1.2.2.1. Detección de posición muscular y esquelética

Los sensores utilizados para obtener información sobre la posición muscular y esquelética de las personas nacieron de productos de consumo, en concreto de electrónica, que fueron acogidos y adaptados por los centros de investigación (Lazar, Heidi y Hochheiser, 2017).

En 2005 el control remoto de Wii introdujo, gracias al uso de acelerómetros y sensores ópticos, un sensor capaz de detectar la posición exacta y movimiento (Lazar, Heidi y Hochheiser, 2017; Shimokawara et al., 2013).). Rápidamente fue adoptado por investigadores que exploraron la posibilidad de mejorar el producto y añadir otras funcionalidades, como el reconocimiento de gestos (Schlömer et al., 2008 ; Sasaki, 2011). Siguiendo con el mismo parámetro, el reconocimiento de gestos, los acelerómetros de los teléfonos inteligentes también pueden ser utilizados (Kim, Kim y Nam, 2016). Cabe destacar los relojes inteligentes, como *Apple Watch*, que gracias a sus sensores para monitorizar el estado físico, han permitido que los investigadores lo hayan usado para detectar los gestos hechos con los dedos (Xu, Pathak y Mohapatra, 2015; Wen, Rojas y Dey, 2016; Porzi et al., 2013; Ogata e Imai, 2015).

La tecnología Kinect rastrea la posición y el movimiento con un enfoque distinto, ya que incluye un sensor de profundidad, cámaras y micrófonos capaces de capturar los movimientos del cuerpo en 3D y reconocer los rostros y las voces (Zhang, 2012). Es uno de los productos más utilizados gracias a su flexibilidad de uso en contextos distintos (Clark et al., 2012; Dutta, 2012).

Para evaluar la postura se han utilizado sensores flexibles (Demmans, Subramanian y Titus, 2007), la fibra óptica (Dunne et al., 2006b) y los sensores montados en sillas (Mutlu et al., 2007). Además, existe la variante de los sensores cosidos en la ropa para detectar tanto la respiración como los movimientos de los hombros y los brazos (Dunne et al., 2006a), así como los sensores ubicados en el cuerpo que involucran presión (Brady et al., 2005).

La complejidad de los datos obtenidos puede requerir de análisis para extraer los objetos, las actividades humanas y los gestos alrededor del foco de estudio.

4.1.2.2.2. Seguimiento de movimiento (*motion tracking*) para pantallas grandes y entornos virtuales

Esta técnica utiliza sensores de localización del usuario para monitorizar la posición del individuo en general o de alguna/s parte/s del cuerpo, como por ejemplo la cabeza, los brazos y las piernas, entre otras (Lazar, Heidi y Hochheiser, 2017). De este modo usando las cámaras y los sensores se puede obtener el recorrido en el espacio, las cámaras usan el marcador para crear un registro de todos los puntos que recorrió el participante, el orden, así como los tiempos.

Los parámetros que resultan de esta técnica son: el recorrido, el tiempo de observación, la detección de bloqueos y en algunos casos la interacción entre otros participantes, así como la interacción entre el objeto y la persona.

4.1.2.3. Herramientas fisiológicas

El cuerpo humano es un dispositivo complejo, con numerosos sistemas interrelacionados que cambian su comportamiento en función de la emoción. El cuerpo es parte de un sistema eléctrico con niveles de voltaje que difieren entre las membranas celulares y cambian con las condiciones adecuadas (Stern, Ray y Quigley, 2001). Algunas de las medidas que más se han estudiado para entender con mayor profundidad las respuestas e intercambios entre sistemas son: el flujo de sangre, la conductividad eléctrica y la frecuencia respiratoria.

Los datos fisiológicos se utilizan con frecuencia en la investigación, y para tener una correcta aplicación previamente hay que tener un conocimiento de los tipos de datos que se pueden recopilar, las herramientas necesarias y las formas en que estas fuentes de datos responden a varios estímulos. En términos generales los sensores utilizados son los electrodos, que registran directamente la señal eléctrica, y los transductores, que convierten medidas mecánicas o físicas en una forma eléctrica (Stern, Ray y Quigley, 2001). En algunos casos, las señales analógicas se convierten a digital con el uso de un convertidor y se almacenan en el ordenador para su posterior filtrado y análisis.

Aunque el uso de los métodos fisiológicos implique un esfuerzo en la interpretación de las mediciones, a continuación, se muestran en función de la señal, la localización del cuerpo y los sensores, las distintas medidas que se pueden usar como fuente de datos de las reacciones en el cuerpo humano (Lazar, Heidi y Hochheiser, 2017).

Fuente de datos	Técnica	Tipología de señal	Localización	Sensores
Actividad electrodermal	Respuesta galvánica de la piel o conductividad de la piel (Scheirer et al., 2002; Mandryk y Inkpen, 2004)	Eléctrica	Dedos de la mano o del pie	Electrodos de superficie
Señales cardiovasculares	Presión de volumen sanguíneo (Scheirer et al., 2002)	Absorción de luz	Dedos	Electrodos de superficie
	Electrocardiografía (Mandryk y Inkpen, 2004)	Eléctrica		
Respiración	Contracción y expansión torácica (Mandryk y Inkpen, 2004)	Física	Abdomen torácico, tórax	Electrodos de superficie, Sensor de estrés
Posición muscular y esquelético	Sensor de presión o de posición (Brady et al., 2005; Dunne et al., 2006a,b; Dunne y Smyth, 2007)	Física o eléctrica	Variado	Sensores de presión, fibra óptica, otros
Tensión muscular	Electromiografía (Mandryk y Inkpen, 2004)	Eléctrica	Mandíbula, cara	Electrodos de superficie
Actividad cerebral	Electroencefalografía (Lee y Tan, 2006)	Eléctrica	Cabeza	Diadema de electrodos o casco de electrodos
	Respuesta evocada (Stern, Ray y Quigley, 2001)	Eléctrica	Cabeza	Electrodos de superficie

Tabla 4.1. Traducción de la Tabla *Types of Physiological Data Used in HCI Research* de Lazar, Heidi y Hochheiser (2017).

4.1.2.3.1. Actividad electrodermal o actividad galvánica

La actividad electrodérmica (EDA) se refiere a la conductividad eléctrica de la piel que varía en función de la actividad del sistema nervioso simpático. Se usa como índice de excitación o *arousal* (Dawson, Schell y Filion, 2000). Se puede considerar el EDA como un indicador tanto psicológico como fisiológico, y por extensión como medida de la actividad cognitiva y emocional (Dawson, Schell y Filion, 2000; Boucsein, 2012; Mandryk y Inkpen, 2004).

Normalmente las mediciones de la actividad electrodérmica se realizan a través de la piel usando un par de electrodos que miden la conductividad entre dos puntos distintos (ver Figura 4.1). Es por esta razón que los electrodos se suelen ubicar en dos dedos diferentes. Los electrodos conectados en la mano suelen ser muy sensibles, por lo que normalmente la mano debe tener poca movilidad durante el estudio.

Igual que otras tecnologías, hoy en día existen dispositivos portátiles de biosensores. Después de la recolección es típico un análisis, donde la señal adquirida se procesa y se descompone en componentes tónicos y fásicos (Cowley et al., 2016).



Figura 4.1. Prueba de la actividad electrodérmica (EDA) con electrodos.

4.1.2.3.2. Señales cardiovasculares

El corazón está innervado al sistema nervioso autónomo tanto por el sistema nervioso parasimpático como el simpático. Por lo tanto, hay varias métricas cardiovasculares que describen la actividad del sistema nervioso autónomo, como por ejemplo: la frecuencia cardíaca –HR, siglas en inglés–, la variabilidad de la frecuencia cardíaca –HRV, siglas en inglés– y la presión arterial.

La frecuencia cardíaca es el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo.

El aumento de la frecuencia cardíaca es un indicador de la complejidad y variedad de reacciones que pueden implicar la variabilidad en la frecuencia cardíaca, la presión arterial y el volumen sanguíneo (Scheirer et al., 2002).

La variabilidad de frecuencia cardíaca se conoce como la variación en el tiempo que transcurre entre los intervalos RR (período cardíaco) del electrocardiograma y constituye un medio para explorar la influencia del sistema nervioso autónomo en el corazón. Se ha utilizado para medir distintos parámetros, como son: el esfuerzo mental y el estrés (Wastell y Newman, 1996; Rowe, Sibert e Irwin, 1998; Mandryk y Inkpen, 2004), así como las respuestas emocionales (Cacioppo et al., 2000).

Las técnicas más habituales para medir la actividad cardiovascular son la monitorización de los cambios del volumen de sangre (BVP) y la electrocardiografía (EKG). La primera técnica, utiliza los sensores en los dedos para observar los cambios en la luz reflejada asociados al volumen de sangre que hay en los capilares de los dedos (ver Figura 4.2). Entre otras medidas,

se utiliza con frecuencia como medida indirecta de la ansiedad (Lazar, Heidi y Hochheiser, 2017). Por otra parte, la electrocardiografía mide la corriente eléctrica que causa el corazón para bombear. Los sensores se sitúan en diferentes lugares del cuerpo, para medir la frecuencia cardíaca, el intervalo entre latidos cardíacos y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (Mandryk y Inkpen, 2004).



Figura 4.2. Prueba para medir la presión del volumen sanguíneo (BVP).

4.1.2.3.3. Respiración

La señal de la respiración explora la expansión y la contracción de la cavidad torácica, tanto en tiempo como en extensión. Es de relevancia desde el punto de vista científico porque se controla por el sistema nervioso autónomo y el sistema nervioso central (Aoto y Ohkura, 2007; Kamikura et al., 2011).. Es decir, la respiración puede ser controlada conscientemente por el participante (Cowley et al., 2016). Los cambios en el estado de ánimo pueden causar una respiración irregular (Mandryk y Inkpen, 2004).

La respiración pocas veces se usa por sí sola como parámetro, ya que la gran mayoría de ocasiones sirve de auxiliar para complementar información de otras medidas fisiológicas, como la actividad cardiovascular (Stern, Ray y Quigley, 2001; Cowley et al., 2016). Y las veces que se usa sola, se emplea como un mecanismo de control explícito (Cowley et al., 2016).

Las técnicas más tradicionales para la medición respiratoria utilizan el espirómetro, obligando al usuario a respirar a través de un tubo. El inconveniente de esta herramienta es la intrusividad y el engorro que se provocan a los participantes con cada medición. Por otra parte, se dispone de métodos menos intrusivos pero un poco más imprecisos, como por ejemplo el uso de electrodos de superficie y los sensores situados en el pecho.

El método más conveniente es la medición del movimiento del pecho y abdomen, mediante el uso de pletismografía de inductancia respiratoria (PIR) (Cowley et al., 2016). En este método se usan bandas elásticas alrededor del abdomen y de la caja torácica para medir el movimiento y el volumen. Previamente es necesario calibrar el sistema a cada participante (Wientjes, 1992), ver Figura 4.3, y tener en cuenta todos los elementos de alrededor que pueden suscitar cambios en el estado de ánimo del participante.



Figura 4.3. Prueba para medir la respiración, mediante el método de pletismografía de inductancia respiratoria (PIR).

4.1.2.3.4. Tensión muscular

Los músculos al contraerse crean señales eléctricas que se pueden detectar a través de los electrodos colocados en el músculo de interés. La técnica para poder medir los potenciales mioléctricos de superficie, asociados a estas contracciones del músculo, se denomina electromiografía (EMG) (Tassinari y Cacioppo, 2000).

La contracción muscular se asocia con diversos estados mentales, incluidas las emociones (Cowley et al., 2016). Dentro de esta técnica destacar el uso del EMG facial, dónde se sitúan tres electrodos en las tres áreas musculares: en el cigomático mayor – área del músculo de la mejilla que se activa durante la sonrisa–, en el corrugador superciliar – área del músculo de la ceja que se activa durante el ceño fruncido– y en el orbicular de los párpados –área muscular periocular– que se activa durante la sonrisa categorizada como de “disfrute” (Tassinari y Cacioppo, 2000). La electromiografía facial mide la actividad de los músculos faciales, lo que proporciona información sobre la valencia o *valence* (positiva o negativa) de las emociones. Por lo tanto, permite reconocer las expresiones faciales de manera más sensible –permite recolectar datos que por simple observación no serían perceptibles–, así como discriminar las emociones positivas de las negativas (Ravaja, 2004).

En esta técnica normalmente se utilizan electrodos de superficie, aunque en algunas ocasiones como alternativa se utilizan agujas colocadas en los músculos (Raez, Hussain y Mohd-Yasin, 2006).

4.1.2.3.5. Actividad cerebral

El registro de la actividad eléctrica es el registro de las ondas –con sus respectivas frecuencias– que son producidas por la activación de las neuronas del cerebro. Los distintos patrones de ondas cerebrales se relacionan con diferentes estados de conciencia, y por lo tanto, es útil para comprender la cognición humana (Cowley et al., 2016).

Una de las técnicas disponibles para estudiar la actividad cerebral es la electroencefalografía. Para ello se usan electrodos –en función de la precisión requerida puede variar de 21 a 256– distribuidos a través del cuero cabelludo para medir la actividad en la corteza cerebral (ver Figura 4.4). Los electrodos se usan para medir la actividad eléctrica en varios lugares, con diferencias entre las distintas ubicaciones o relativas a alguna línea base promedio utilizada como indicadores de distintos tipos de actividad (Stern, Ray y Quigley, 2001). Esta técnica respecto a las otras es relativamente fácil de configurar, y hoy en día existen tipologías portátiles que permiten hacer grabaciones fuera del entorno del laboratorio (Cowley et al., 2016), ver Figura 4.5. Las señales que se obtienen como resultado están relacionadas con las funciones y referencias siguientes:

- δ : Atención e inhibición funcional de las funciones ejecutivas (Harmony, 2013).
- θ : comunicaciones del hipocampo y la inhibición funcional de funciones ejecutivas (Colgin, 2013).
- α : Marcapasos, sincronización y supresión de la atención (Başar, 2012).
- β : aspectos integradores de los procesos motores y cognitivos y el afecto (Kilavik et al., 2013).
- γ : percepción consciente, actualización de la memoria activa, etc. (Merker, 2013).

Una vez procesadas las señales de EEG pueden ser de utilidad para evaluar la cognición, el afecto y el estado mental del sujeto (Cowley et al., 2016).

Otro método es la espectrografía funcional de infrarrojo cercano (fNIRS) que utiliza las características de reflectividad del cráneo, el cuero cabelludo y el cerebro para medir la actividad mental. Las longitudes de onda que se reflejan en la hemoglobina se pueden usar para medir la actividad mental (Izzetoglu et al., 2004; Hirshfeld et al., 2007). Es por esta razón, que un sistema de medición fNIRS generalmente incluye fuentes de luz y detectores que van ubicados en una diadema flexible (Lazar, Heidi y Hochheiser, 2017).

Por último, existe la resonancia magnética funcional (fMRI), una técnica que mediante el seguimiento del flujo sanguíneo a través del cerebro se ubican qué áreas están involucradas en los distintos procesos cognitivos (Lazar, Heidi y Hochheiser, 2017).

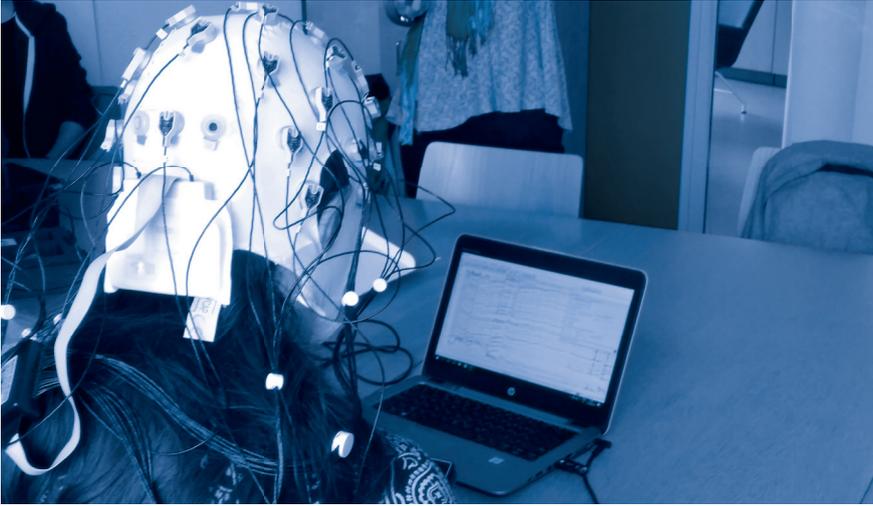


Figura 4.4. Prueba para medir la actividad cerebral, mediante una electroencefalografía compleja.



Figura 4.5. Prueba para medir la actividad cerebral, mediante un *wearable* de electroencefalografía más simple.

Para finalizar este apartado, a continuación, en la Tabla 4.2 se resumen las principales ventajas e inconvenientes de las distintas herramientas presentadas.

Herramientas / Parámetros	Tipología	Ventajas	Inconvenientes
Encuestas y formularios	Autoreporte	<ul style="list-style-type: none"> + Gran cantidad de respuestas + Inmediatez datos + Poco coste + Autodesempeño, no se necesita el investigador 	<ul style="list-style-type: none"> - Resultados poco profundos y poco detallados - Método difamado - Posibilidad de datos sesgados - Posibilidad de datos no válidos
Entrevistas y focus group	Autoreporte	<ul style="list-style-type: none"> + Conversación e interacción directa + Proceso más personalizado + Investigador puede reformular o indagar 	<ul style="list-style-type: none"> - Presencial investigador (RRHH) - Grupos reducidos por sesión - Gestión del tiempo - Mayor dedicación
Eye tracking	Fisiológicas	<ul style="list-style-type: none"> + Detección precisa + Variedad sistemas + Muchos parámetros + Diversidad de precios + Resultados con interpretación visual + Poca intrusividad 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de cámara - Riesgo errores en la recopilación - Menor frecuencia de recolección en los más económicos
Rastreo de movimiento y posición	Fisiológicas	<ul style="list-style-type: none"> + Flexibilidad contextos + Gran variedad herramientas + Resultados con interpretación visual 	<ul style="list-style-type: none"> - Complejidad datos - Influencia muy directa del entorno - Uso de cámaras - Gran cantidad de sensores on-body - Necesidad de bastante espacio - Intrusividad media
Actividad electrodermal	Fisiológicas	<ul style="list-style-type: none"> + Pocos electrodos + Poca intrusividad + Variedad dispositivos (portátiles) + Parámetro muy frecuente 	<ul style="list-style-type: none"> - Muy sensible - Análisis y procesado de datos complejo - Descomposición señal - Estado basal difiere bastante entre usuarios
Señales cardiovasculares	Fisiológicas	<ul style="list-style-type: none"> + Pocos electrodos o sensores + Diversidad de técnicas + Parámetros frecuentes y familiares para los usuarios 	<ul style="list-style-type: none"> - Complejidad y variedad de posibles reacciones - Relación con esfuerzo mental y estrés
Respiración	Fisiológicas	<ul style="list-style-type: none"> + Mecanismo de control explícito + Variedad de técnicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Influencia del entorno - Pocas veces se usa como parámetro por si solo - Puede controlarse conscientemente por el usuario - Estado basal difiere entre participantes
Tensión muscular	Fisiológicas	<ul style="list-style-type: none"> + Pocos electrodos + Parámetros frecuentes + Detección precisa 	<ul style="list-style-type: none"> - Intrusividad media-alta - Molestia en algunas zonas - Análisis y procesado de datos complejo - Estado basal difiere bastante entre participantes
Actividad cerebral	Fisiológicas	<ul style="list-style-type: none"> + Variedad de dispositivos (portátiles) + Parámetros frecuentes + Variedad de precios + Resultados asociados con funciones determinadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Intrusividad media-alta - Ensucia en ocasiones el cuero cabelludo - Poca confortabilidad - Análisis y procesado de datos complejo

Tabla 4.2. Análisis comparativo de las herramientas

4.2. Herramientas de autoreporte + herramientas fisiológicas = Psicofisiología

La psicofisiología permite utilizar mediciones del cuerpo humano acompañado de encuestas u observaciones. Es decir, es la combinación de medidas fisiológicas con las más tradicionales (Wastell y Newman, 1996). Una de las ventajas de esta combinación es que se proporciona una imagen mucho más completa que si sólo se utiliza una herramienta por separado.

La elección correcta de las herramientas para sincronizar los datos fisiológicos con otros datos que se han recopilado permitirá al investigador ver exactamente qué estaba haciendo el participante cuando reaccionó con alguna emoción determinada o de interés para el estudio.

Con el objetivo de aplicar la psicofisiología y experimentar con distintas herramientas a continuación se presenta un caso de estudio sobre la percepción de los materiales reciclados (ver Figura 4.6).

Para poder llevar a cabo el estudio se han seleccionado algunas de las técnicas presentadas anteriormente en el apartado 4.1 acordes al objetivo del estudio. En este caso comprender la percepción de los materiales reciclados mediante la interacción participante-material, a través de tres canales distintos, y sus hábitos de compra y su actitud ambiental. Se descartan las herramientas de rastreo del movimiento y la posición, la respiración y las señales cardiovasculares porque no tienen tanta relación con la percepción y los hábitos y actitudes de las personas. Finalmente por la disponibilidad de las herramientas, el uso más frecuente en tipologías de estudio parecidas, los tiempos y el formato de investigación –pensado a nivel individual, para poder promover una mayor interacción física con los materiales– se seleccionan las herramientas de encuestas y formularios combinadas con la actividad electrodermal y la electromiografía facial. No se consideran las entrevistas o focus group, ni la actividad cerebral por su complejidad en el desarrollo del experimento así como el análisis, ni el eye tracking porque las muestras son físicas en vez de formato digital y no se comparan al mismo tiempo.

Las herramientas seleccionadas de autoreporte y fisiológicas con las técnicas conocidas como event-related se sincronizan con la presentación de los estímulos, en este caso las tres muestras de materiales mediante tres canales distintos. Las muestras corresponden a eventos sensoriales y los tests a eventos cognitivos. Las distintas interacciones se indican mediante marcas de tiempo, para facilitar posteriormente su identificación y análisis.

Los tests para evaluar las propiedades sensoriales de las muestras son una opción que presentan Sauerwein, Karana y Rognoli (2017) para comparar las diferencias de percepción en función del canal utilizado. Además, según Ng, Chaya y Hort (2013) las propiedades sensoriales son potenciales desencadenantes de emociones. Las herramientas fisiológicas se han combinado en otros estudios con test de autoreporte para complementarse, destaca el uso del EMG facial en el corrugador superciliar y la respuesta galvánica de la piel (Hazlet y Hazlet, 1999; Laparra-Hernández et al., 2009).

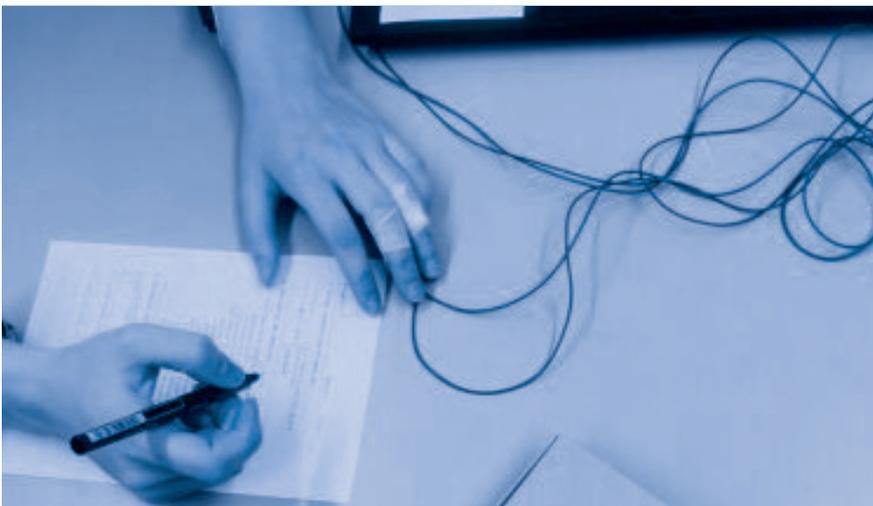


Figura 4.6. Prueba de psicofisiología con test y medición EDA.

4.3. Caso de estudio: La percepción de los materiales reciclados

4.3.1. Introducción

La producción de plástico se ha elevado en los últimos años, concretamente en los últimos 40 años se observa que se ha multiplicado por veinte. Cada año se consumen más de 300 millones de toneladas de plástico (Geyer, Jambeck y Law, 2017). De toda la producción de plástico, únicamente el 9% es reciclado, el 12% es incinerado y el 79% restante se desecha en vertederos o en la naturaleza (UNEP, 2018). Con estos datos se evidencia la necesidad de buscar soluciones para reducir el impacto ecológico del consumo del plástico. Una de las posibles soluciones es reducir el desperdicio de plástico mediante procesos de reciclaje.

La economía circular es una de las posibles soluciones para promover el reciclaje de residuos, incluidos los residuos plásticos. Han surgido iniciativas internacionales que promueven el reciclaje de plástico en el contexto de la economía circular, como “The New Plastics Economy” (Ellen MacArthur Foundation, 2016). La iniciativa propone y define una serie de acciones que instituciones y empresas pueden aplicar para reducir el uso del plástico y aumentar el reciclaje. Además, la Comisión Europea ha aprobado la Estrategia europea para los plásticos en una economía circular (European Commission, 2018). Una de las estrategias propuesta es la prohibición de los plásticos de un solo uso para el 2021 y establece que las botellas de plástico deben producirse con al menos un 25% de plástico reciclado para 2025 y un 90% para 2029.

La gran mayoría de las estrategias e iniciativas se centran en el rediseño de nuevos productos de plástico, y, por lo tanto, se evidencia la importancia y el papel clave que los diseñadores desempeñarán en esta nueva economía de los plásticos. La Fundación Ellen MacArthur ha redactado una guía de diseño circular en las que se proporcionan diferentes kits de herramientas de diseño circular.

En este contexto, algunas compañías han empezado a darse cuenta de la necesidad de diseñar productos hechos con plástico reciclado. Por otro lado, las empresas que aún no son conscientes o no priorizan esta acción en su cadena de valor, tarde o temprano se verán obligadas a producir con plástico reciclado por el cumplimiento de alguna normativa nueva o cambio en la legislación. Una de las principales preocupaciones de las empresas es la percepción que pueden tener sus clientes con los nuevos productos fabricados con plástico reciclado, ya que no quieren ver afectada la percepción de la calidad –que sea entendida como una calidad más baja– y que afecte a sus ganancias y ventas de forma negativa.

Algunas investigaciones han analizado la percepción social de los plásticos de un solo uso (López-Murcia Martín, 2015) o la percepción y la opinión de los residuos plásticos (Koelmans et al., 2017). En el primer caso, en concreto, el estudio pretende analizar la percepción social de los bañines hacia las bolsas y las botellas de plástico de un solo uso, principalmente a través de sus hábitos de consumo, el grado de conciencia de los impactos ambientales y la voluntad de reducir su consumo (López-Murcia Martín, 2015). El estudio pretende ser una fuente de información para buscar alternativas y mejoras a la actual situación de la isla con un auge importante del turismo y también de contaminación, con sus repercusiones económicas y medioambientales. En el segundo caso, la investigación busca dar respuestas, a través de una evaluación sistemática, de cuáles son los riesgos potenciales y reales de los diferentes residuos plásticos y sus químicos asociados tanto en el ecosistema marino como en los humanos. Otros estudios se centran en la percepción de los plásticos aplicados en productos, así como la mejora de la percepción de los materiales bioplásticos aplicados en productos desde una perspectiva de diseño (Karana, 2012) o la percepción de los materiales hechos con plástico reciclado encontrado en los océanos (Magnier, Mugge y Schoormans, 2019). Para la investigación de los bioplásticos, los autores buscan explorar a través de un estudio empírico la percepción de los usuarios y sus atribuciones respecto el significado de “natural” y “alta calidad”. Su objetivo es poder proponer nuevas estrategias, así como nuevos valores estéticos para contribuir al éxito comercial de estos materiales. Por otro lado, la investigación sobre productos fabricados con plástico oceánico reciclado procura a través de un estudio cuantitativo en línea contribuir a la comprensión teórica de las respuestas –actitud y comportamiento– de los consumidores de esta tipología de productos. La finalidad del estudio es poder ayudar a las empresas a desarrollar estrategias para lanzar dichos productos de forma eficaz, según los cuatro grupos de consumidores detectados. Sin embargo, ninguno de los artículos encontrados en las distintas bases de datos científicas como *Scopus*, *ISI Web of Knowledge*, *Science Direct* y *Google Scholar*, con las palabras clave “percepción del plástico reciclado” y “opinión del plástico reciclado” se centran en la percepción, la aceptación y las actitudes con respecto a los materiales reciclados y el medio ambiente.

Además, también existe una falta de investigación e incorporación de carácter empírico sobre los aspectos psicológicos –sensoriales, cognitivos y emocionales– de la percepción de los materiales reciclados, a pesar de la literatura sobre percepción en materiales. Cabe destacar que la gran mayoría de adultos son bastante competentes para evaluar visualmente, aunque en ocasiones se pueden obtener juicios sorprendentes o engañosos. También hay propiedades visuales de los objetos que atraen fuertemente al sentido del tacto, este hecho se ha descrito en la literatura como “invitación háptica” (Klatzky y Peck, 2012). Otros estudios también condicen la anterior afirmación, con la asociación entre propiedades visuales y táctiles (Martino y Marks, 2000), así como relaciones entre propiedades táctiles y el croma (Ludwig y Simner, 2013).

En vista de esta capacidad para extraer información táctil del canal visual y viceversa, es relevante considerar en qué medida las personas pueden usar esta capacidad para detectar si un material es reciclado y qué modalidades sensoriales se usan durante este proceso.

De acuerdo con la oportunidad detectada en la literatura, a continuación, se presenta la investigación con el objetivo de comprender mejor cómo los consumidores perciben los materiales reciclados con una metodología heterogénea –poco común en este campo, dónde se incluyen herramientas de autoreporte y herramientas fisiológicas–. Se considera la combinación de herramientas una oportunidad relevante para explorar su potencial en este contexto.

4.3.2. Materiales y métodos

El objetivo de esta investigación es comprender cómo los consumidores discriminan entre materiales reciclados –R– y no reciclados –NR–, así como sus preferencias, las actitudes ambientales y los hábitos de consumo.

4.3.2.1. Participantes

En total 36 participantes con una edad comprendida entre los 20 y los 67 años participaron en el estudio. Para tener una muestra balanceada se reclutaron hombres y mujeres mayores y menores de 35 años. Se utilizó la edad de 35 años como frontera entre juventud y edad adulta (Swift et al., 2016). Los participantes se dividieron en cuatro grupos: mujeres menores de 35 años, mujeres mayores de 35 años, hombres menores de 35 años y hombres mayores de 35 años, en cada grupo con 9 personas (ver Figura 4.7).

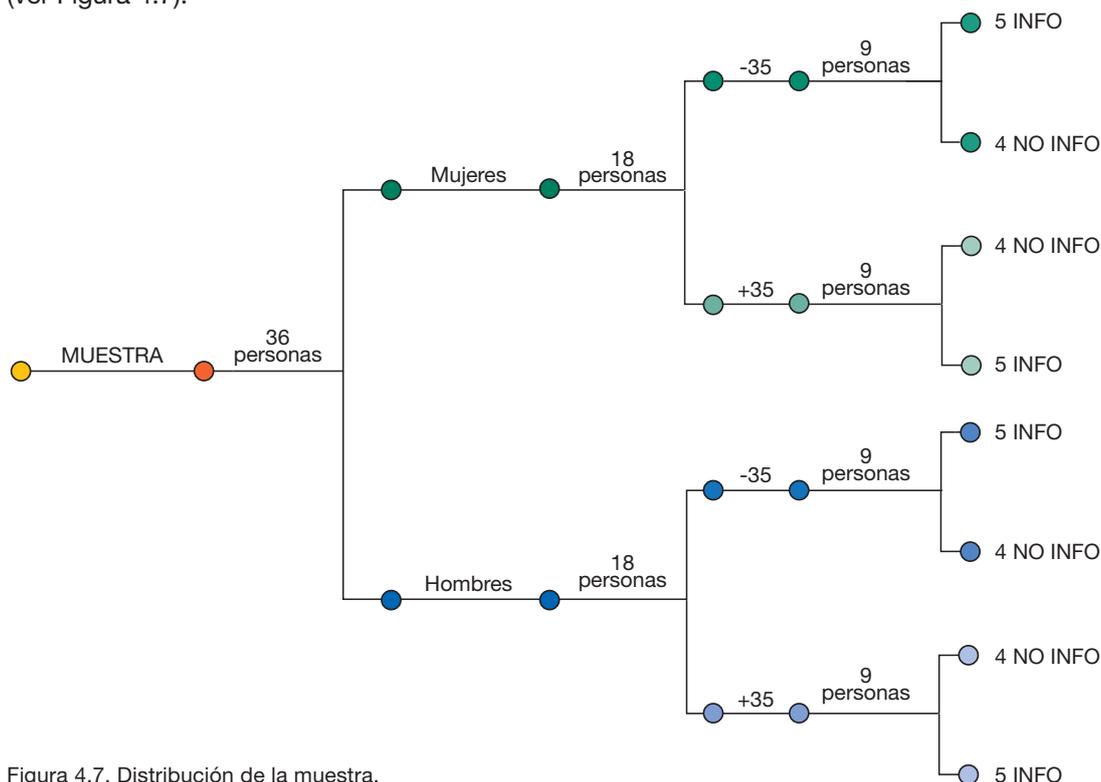


Figura 4.7. Distribución de la muestra.

Además del sexo y la edad, los criterios de selección de participantes fueron los siguientes: los participantes eran consumidores activos y con perfiles profesionales diferentes.

Una de las diferencias relevantes entre los grupos –aparte de la edad y el sexo– es la información INFO o NO INFO. Es decir, en los grupos INFO todos los participantes recibieron una breve indicación sobre la naturaleza de los materiales presentados –reciclados y no reciclados– sin indicar cuál era cuál. En cambio, el otro grupo NO INFO no recibió ningún tipo de información particular sobre los materiales. El objetivo de este factor es explorar si la precisión en la identificación de las muestras varía según la información recibida previamente. Los análisis realizados después de la toma de datos muestran que este factor es inerte, no tiene ningún efecto en ninguna de las respuestas estudiadas. Es por ello que se decide prescindir de él, y, por simplicidad al mostrar los resultados, no se incorpora este factor.

4.3.2.2. Variables independientes

Se ha utilizado un diseño mixto con una variable manipulada entre grupos con dos niveles –INFO–. Los participantes se asignaron aleatoriamente a cada nivel. Dentro de los participantes, hay dos variables manipuladas: canal –tipo de presentación– con tres niveles: visual –V–, táctil –T– y visuotáctil –V+T–, y el tipo de material con dos niveles: reciclado –R– y no reciclado –NR–, cuyo orden de presentación se contrabalancea.

4.3.2.2.1. Materiales

Se utilizan tres muestras de materiales plásticos con diferentes propiedades, tanto sensorialmente como respecto a su naturaleza – reciclado o no reciclado–. El objetivo es analizar las distintas posibles reacciones de los participantes ante un material, en este caso concreto un material no reciclado y dos materiales reciclados con diferentes apariencias.

Con el fin de tener las mismas condiciones experimentales y evitar la influencia en los resultados, las muestras de los materiales se han introducido en cajas de cartón con las mismas dimensiones –100x100 mm– para poder interactuar con ellas (ver Figura 4.8). Además, a cada material se le ha asignado una nomenclatura M –M1, M2 y M3– para evitar dar información sobre este, y recopilar los datos de la manera más neutra posible.



Figura 4.8. Muestras de material. En orden de izquierda a derecha: M1, materia prima con el nombre comercial Altuglas; M2, material reciclado de Carpintería Plástica; y M3, material reciclado que no lo parece llamado Syntal.

Los materiales en el estudio, ver Figura 4.8, se explican a continuación:

M1: Muestra de material no reciclado. Es una lámina de PMMA opaca de color granate, su nombre comercial es Altuglas (Materfad, s.f.c.). Su aplicación más común es en proyectos arquitectónicos y urbanos, en la comunicación visual y en el sector de la salud y de la industria automovilística.

M2: Material reciclado con apariencia reciclada evidente. Es carpintería plástica de HDPE obtenida a partir de cartones de leche de tetrapack (Carpintería Plástica, s.f.).

M3: Material reciclado cuya identificación es más compleja, ya que no parece reciclado. Es un perfil extruido de polietileno y polipropileno reciclado con una capa externa de acrílico, su nombre comercial es Syntal (Materfad, s.f.d).

4.3.2.2.2. Canales Sensoriales

En el presente estudio se consideran tres condiciones distintas de interacción, llamados canales, en base a las modalidades sensoriales utilizadas en cada una –visual, táctil o visuotáctil–. En el canal visual, los participantes interactúan con el material a través de la vista, sin ninguna otra posibilidad de contacto o interacción. En el canal táctil, los participantes cierran los ojos y tocan la muestra activamente. Por último, el canal visuotáctil es multimodal por lo que permite la interacción combinando los dos canales anteriormente descritos.

Cada participante presenta y sigue una ruta distinta, que se asigna de forma personal, en la que se presenta el orden de los materiales y los canales, para que no afecte los resultados del experimento. La Figura 4.9 muestra las posibles combinaciones por canal y material para la obtención de las 36 rutas distintas de forma que quede balanceada por sexo y grupo etario.

Combinaciones por canal				Combinaciones por material			
○ 1	● V	● V + T	● T	○ 1	● M1	● M3	● M2
○ 2	● V + T	● V	● T	○ 2	● M2	● M1	● M3
○ 3	● V + T	● T	● V	○ 3	● M3	● M2	● M1
○ 4	● T	● V	● V + T	○ 4	● M1	● M2	● M3
○ 5	● T	● V + T	● V	○ 5	● M2	● M3	● M1
○ 6	● V	● T	● V + T	○ 6	● M3	● M1	● M2

Recorridos finales

Figura 4.9. Combinaciones de los recorridos

4.3.2.3. Variables dependientes

Las variables dependientes están formadas por dos categorías: autoreporte –1 variable– y fisiológicas –2 variables–.

Las variables de la primera categoría, autoreporte, provienen de tres cuestionarios diferentes. El primer cuestionario se administra después de cada experimento y consiste en un test de evaluación sensorial de la muestra presentada. Los otros dos cuestionarios tratan las actitudes ambientales y los hábitos de consumo y se presentan al final de cada sesión experimental.

Las variables fisiológicas son la actividad electrodérmica y la electromiografía en el corrugador superciliar, que representan las variables de activación y valencia. Estas se registraron también en cada uno de los experimentos durante la interacción con las muestras de materiales.

4.3.2.3.1. Herramientas fisiológicas

Se utilizan dos herramientas fisiológicas: la actividad electrodérmica –EDA– y la electromiografía facial –EMG– en el músculo de corrugador superciliar. El EDA se refiere, como se ha explicado en la sección 4.1.2., a la conductividad de la piel que varía según la actividad del sistema nervioso simpático y se usa como índice de excitación. El EMG facial mide la actividad de los músculos faciales, que proporcionan

información sobre la valencia de las emociones. La actividad sobre el corrugador supercillii –músculo sobre la ceja– está relacionada con un aumento de las emociones negativas.

Las dos mediciones, EDA y EMG, se recolectan con el sistema Biopac MP-150 y se visualizan y registran usando el software *AcqKnowledge*, versión 4.4.2.

La recopilación de datos EDA implica pegar dos electrodos en la falange media de la mano no dominante del participante (Boucsein, 2012), mientras que el EMG facial se realiza uniendo dos electrodos en la cara de cada participante –el primero en la frente encima de la ceja y a la misma altura del lagrimal y el segundo justo al lado–, junto con un tercero alrededor de la muñeca por la parte interior en la mano no dominante (Frindlund y Cacioppo, 1986). Como se ha comentado anteriormente, la ubicación y colocación de los electrodos se realiza antes de comenzar el experimento con las muestras de los materiales. Aproximadamente este proceso dura 15 minutos, ya que previamente hay que limpiar con alcohol la superficie cutánea, poner el gel en algunos de los electrodos y ubicarlos de forma precisa sin que resulten muy molestos para el usuario. Una vez finalizada la primera parte y con el consentimiento informado del participante, se procede a registrar durante un minuto los datos EDA y EMG para poder tener una referencia de su estado basal antes de empezar el experimento. A continuación, se sincroniza la presentación de los estímulos –tres materiales con tres canales distintos– para que el usuario pueda interactuar durante 30 segundos por material y canal. Después de cada interacción y registro se dejan aproximadamente 5 minutos antes de empezar con el siguiente. Para poder identificar fácilmente todos los registros durante las tres interacciones distintas, se añaden unas marcas al iniciar y finalizar cada proceso de experimentación con la muestra.

Las mediciones de carácter fisiológico se recopilan durante el proceso de interacción con los tres materiales –M1, M2 y M3– a través de un canal diferente –visual, táctil o visuotáctil– de acuerdo con la ruta específica asignada. Después de interactuar 30 segundos de forma proactiva utilizando un canal concreto, los participantes evalúan la muestra utilizando el test sensorial (ver Figura 4.10). Los parámetros de interés extraídos son promedios en instantes de 5 segundos de cada una de las etapas de interacción. Por lo tanto, se obtienen los promedios de la actividad electrodermal –EDA– sin y con *base line*, la componente tónica de EDA –t– sin y con *base line*, la componente fásica de EDA –r– sin y con *base line* y la electromiografía facial –EMG– sin y con *base line*.

4.3.2.3.2. Test evaluación sensorial

Visual y Táctil	 	Muestra ____	Usuario ____
1. Primer contacto con el material.			
1.1. Te gusta?		1.2. Define el material en 3-5 palabras clave.	
Poco <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Mucho			
2. Descripción del material			
2.1. Indica cómo es el material según estos factores.			
Reflectante	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	No Reflectante	
Brillante	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Mate	
Transparente	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Opaco	
Color luminoso	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Color apagado	
Colorido	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Poco colorido	
Blando	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Duro	
Rugoso	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Suave	
Ligero	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Pesado	
Flexible	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Rígido	
Frágil	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Resistente	
Elástico	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	No elástico	
Cálido	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Frío	
Natural	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Artificial	
3. Percepción del material			
3.1. ¿Crees que es un material reciclado?		3.2. ¿Cómo de seguro estás de la respuesta anterior?	
Si <input type="radio"/>		Poco <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Mucho	
No <input type="radio"/>			
3.3. ¿A qué asocias este material?			
3.4. ¿Dónde aplicarías este material?			

Figura 4.10. Test de evaluación sensorial.

El test consta de tres partes distintas (ver Figura 4.10): la primera impresión del material, la evaluación de las propiedades sensoriales –por pares opuestos– y preguntas sobre la naturaleza reciclada del material, así como las posibles aplicaciones.

Este proceso se repite por cada muestra con el canal correspondiente. Para facilitar el análisis posterior de los datos, en la parte superior izquierda del documento se indica mediante un icono el canal de interacción.

El tiempo de dedicación para rellenar la información del test es aproximadamente 4-5 minutos por ficha.

4.3.2.3.3. Test Actitud Ambiental

Una vez finalizada la interacción con las tres muestras, se procede a retirar los electrodos con el objetivo de proporcionar una mayor comodidad a los participantes durante el proceso del cuestionario de actitud ambiental (ver Figura 4.11). El tiempo destinado a este proceso es aproximadamente de 5–7 minutos.

Perfil Personal  Usuario _____

1. ¿Cuál es el material que más te ha gustado y por qué?

2. ¿Cuál es el material que menos te ha gustado y por qué?

3. Puntúa del 1 al 5 cómo de acuerdo o desacuerdo estás con las siguientes afirmaciones:

Nos estamos acercando al límite del número de habitantes que puede soportar la Tierra.	Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Acuerdo
La Terra nos ofrece suficientes recursos naturales si aprendemos a gestionarlos correctamente.	Desacuerdo <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Acuerdo
Las plantas y los animales tienen el mismo derecho a existir que los humanos.	Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Acuerdo
“El equilibrio de la naturaleza” no es lo suficientemente fuerte para afrontar los impactos de los países industrializados.	Desacuerdo <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Acuerdo
La llamada “crisis ecológica” a la que debe hacer frente la humanidad no ha sido exagerada.	Desacuerdo <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Acuerdo
La Tierra es como una nave espacial con dimensiones y recursos reducidos.	Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Acuerdo
Los humanos acabarán aprendiendo lo suficiente sobre cómo funciona la naturaleza para poder controlarla.	Desacuerdo <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Acuerdo
Los plásticos reciclados tienen buenas propiedades.	Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Acuerdo
Los plásticos reciclados proporcionan mejoras ambientales.	Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> Acuerdo

Figura 4.11. Test de actitud ambiental. Se usa un círculo azul para mostrar la respuesta que está asociada con una mejor actitud ambiental.

En primer lugar, el test pregunta qué material ha gustado más y qué material menos a los participantes, así como el motivo. En segundo lugar, se presentan una serie de declaraciones en relación con el contexto actual, la condición actual y la capacidad de la Tierra, los plásticos, los derechos de los animales, los recursos. Estas han sido seleccionadas de las declaraciones del Nuevo Paradigma Ambiental Revisado –NEP– (Dunlap et al., 2000). La NEP es una lista de 15 declaraciones proambientales que pueden usarse para determinar la conciencia ambiental de las personas al preguntar sobre el nivel de acuerdo con las declaraciones. De estas, se seleccionaron 7 para crear un formato más ágil y corto, así como asegurar que las declaraciones tienen coherencia y relación con la temática tratada. Además, se agregan dos preguntas más centradas en la percepción de los plásticos reciclados.

Se les pide a los participantes que puntúen del 1 al 5 en función del nivel de acuerdo o desacuerdo con cada declaración. Posteriormente, se suman las puntuaciones para obtener el perfil de actitud ambiental, siendo 5 la respuesta marcada con el círculo azul y 1 el círculo del lado contrario. Puesto que hay 9 preguntas que reciben cada una, una puntuación de 1 a 5, la suma de puntuaciones puede ir de 9 a 45. Esta puntuación final se reescala para que vaya de 0 a 100. El 0 indicaría una persona con nula conciencia ambiental, y el 100 una persona con una conciencia ambiental máxima.

4.3.2.3.4. Test Hábitos de Consumo

El objetivo de este test es comprender y analizar los hábitos de consumo actuales de los participantes, y posteriormente, observar si hay alguna correlación entre la actitud ambiental y los hábitos de consumo.

Los participantes reciben un test para completar (ver Figura 4.12) que consta de cuatro partes: criterios utilizados para selección de compra, preguntas relacionadas con el reciclaje y la reutilización de los envases, los hábitos de reciclaje del participante, y, por último, el consumo. El promedio de tiempo dedicado a rellenar el test es aproximadamente de 5-10 minutos.

Perfil Personal



4. Responde las siguientes preguntas:

4.1 Ordena cuál es tu criterio de compra a la hora de elegir un producto (siendo el 1 el de mayor importancia y el 8 de menor importancia)

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Estética | <input type="checkbox"/> Marca |
| <input type="checkbox"/> Funcionalidad | <input type="checkbox"/> Material |
| <input type="checkbox"/> Calidad | <input type="checkbox"/> Km 0 |
| <input type="checkbox"/> Precio | <input type="checkbox"/> Impacto ambiental |

4.2. ¿Reciclas los envases de los productos que compras?

Nunca Siempre

4.3. ¿Reutilizas los envases de los productos que compras?

Nunca Siempre

4.4. ¿Qué utilizas para transportar la compra? Especificalo.

4.5. ¿Si compras un producto envasado, intentas comprar productos hechos de materiales reciclados o reutilizados?

Nunca Siempre

Pon un ejemplo:

4.6. ¿Si compras un producto envasado, miras si el envase es un material reciclable?

Nunca Siempre

4.7. ¿Cuándo tiras un producto procuras separar bien cada material?

(Ej: Separar el tapón de las botellas)

Nunca Siempre

Figura 4.12. Test de hábitos de consumo. Se usa un círculo azul para mostrar la respuesta que está asociada con mejores hábitos de consumo.

Las respuestas obtenidas de los participantes –en las preguntas 4.2, 4.3, 4.5, 4.6 y 4.7 del test de hábitos de consumo se puntúan de manera que facilite la cuantificación de los hábitos de consumo por participante. La puntuación total es la suma de todas las respuestas obtenidas en escala de 1 al 5 –siendo 5 la respuesta marcada con el círculo azul y 1 el círculo del lado contrario–. Puesto que consideramos 5 preguntas con un valor de 1 a 5, la puntuación global puede ir de 5 a 25. Los valores finales se reescalan para obtener una nota de hábitos de consumo por participante que vaya de 0 a 100. Un valor 0 indica una persona con nulos hábitos positivos de reciclaje, mientras que una persona con valor 100 tendría unos hábitos de reciclaje excelentes.

4.3.2.4. Procedimiento

Cada una de las sesiones experimentales empieza con la preparación de los sensores fisiológicos y una fase previa de relajación, con una duración aproximada de 20 minutos. En seguida se inicia la sesión experimental, cada participante realiza tres ensayos en el orden predeterminado por el contrabalanceo. Cada experimento empieza con la presentación de la muestra del material en cuestión, los participantes pueden explorar el material durante 30 segundos, y a continuación completan el test sensorial, para pasar al siguiente. Una vez realizadas las tres evaluaciones, los participantes rellenan los cuestionarios sobre hábitos de consumo y la actitud ambiental.

4.3.3. Resultados

4.3.3.1. Evaluación sensorial de los materiales

Uno de los objetivos de investigación es entender la capacidad de las personas en identificar si un material es reciclado y si dicha detección es mejor en la condición unimodal –visual o táctil– o bimodal –visuotáctil–. El enfoque es doble: por un lado, los datos de comportamiento establecen cuan exactas son las personas para identificar los materiales reciclados en cada uno de los canales. Por otro lado, los datos fisiológicos permiten analizar si el procesamiento cognitivo-emocional difiere en términos de materiales y/o canales.

Respecto al primero, exactitud en la identificación de materiales, el resultado fue del 61%. Se observan ligeras diferencias en los datos de comportamiento en términos de material y canal (ver Figura 4.13). Se observa que la exactitud es mayor para M1 –0,61– y M2 –0,68–, material no reciclado y material reciclado con una apariencia fácil de detectar; en comparación con M3 –0,56– material reciclado que no lo parece. El reconocimiento visuotáctil es ligeramente mejor que el visual, y este a su vez es mejor que el táctil. Además, el reconocimiento visuotáctil presenta valores más positivos para los materiales reciclados, mientras que para los materiales no reciclados este canal es más difícil.

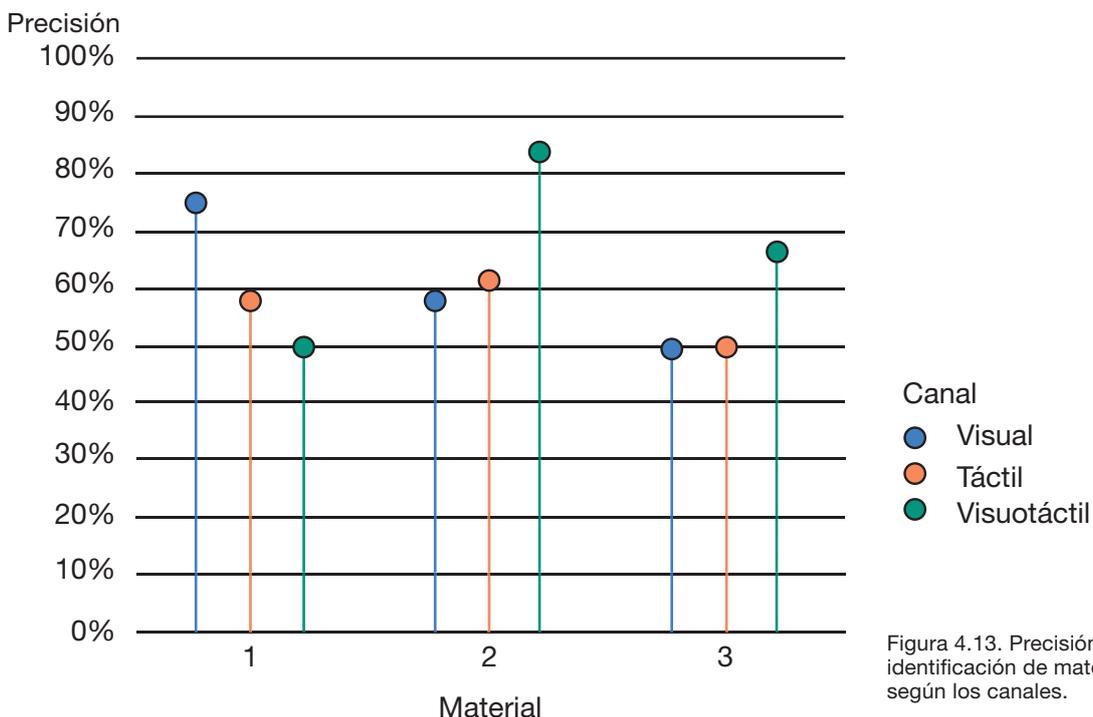


Figura 4.13. Precisión de identificación de materiales según los canales.

A pesar de las diferencias en la detección y exactitud del material y el canal destacadas en el análisis descriptivo anterior, las diferencias no son suficientemente fuertes como para ser identificadas como estadísticamente significativas. Una tabulación cruzada con una prueba de *Chi-Square* muestra que no hay diferencias en la exactitud de identificación (ver Tabla 4.3.), con valores *p* altos para todos los modos de presentación –canales–.

Al desglosar los datos de todos los canales de presentación, una nueva prueba de *Chi-Square* evidencia que no se pueden detectar diferencias en la precisión de la identificación entre materiales.

Tabla 4.3. Exactitud de identificación para cada material y cada canal, con una prueba *Chi-Square* para detectar diferencias estadísticamente significativas entre los canales.

	Material 1	Material 2	Material 3
Táctil	58,3%	61,5%	50,0%
Visual	75,0%	58,3%	50,0%
Visuotáctil	50,0%	83,3%	66,7%
p-valor	0,441	0,360	0,638

Tabla 4.4. Exactitud de identificación para cada material, con una prueba *Chi-Square* para detectar diferencias estadísticamente significativas entre materiales.

Material 1	61,1%
Material 2	67,6%
Material 3	55,6%
p-valor	0,573

El EDA se mide en micro-Siemens (μS) y se procesa antes del análisis siguiendo los procedimientos de preprocesado automático para eliminar picos espurios que propone el software de captación *AcqKnowledge*, version 4.4.2, y se promedia por cada participante y condición. Para el análisis, se aplican modelos mixtos multinivel. Los modelos incluyen, como predictores fijos el canal, el material y su interacción, así como el orden de presentación para tener en cuenta un posible impacto/influencia de esta variable. Para el modo de presentación de la variable, el canal visual se toma como condición de referencia con la que se comparan el resto de las condiciones. Por otro lado, la variable material M1 se escoge como referencia. Además, se incluye una constante aleatoria que explica las diferencias en los niveles iniciales de cada individuo, que es clave en el análisis de las medidas psicofisiológicas (Page-Gould, 2017).

La Figura 4.14 muestra el promedio del nivel de EDA según el material, después de eliminar el efecto aleatorio del participante. M3 provoca una mayor respuesta en EDA, por lo que sugiere una mayor activación simpática para este material en comparación con M1 y M2.

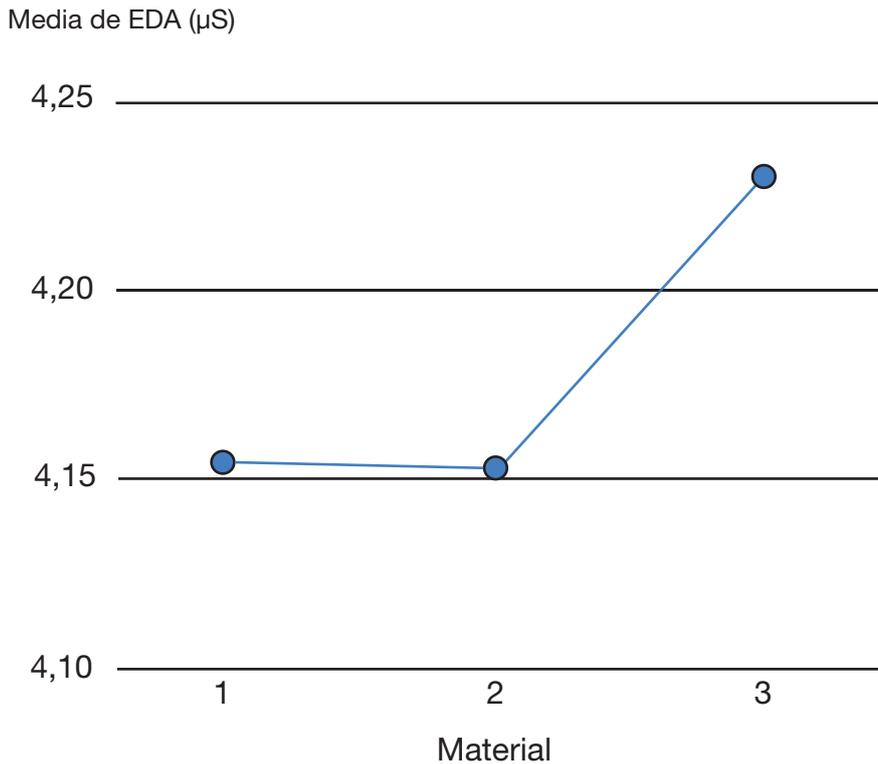


Figura 4.14. Respuesta -promedio- EDA en base a cada material.

El modelo incluye interacciones estadísticamente significativas entre los materiales y el canal de presentación. Es por este motivo, que la Figura 4.15 muestra el promedio de EDA de cada material por canal. El canal visual y visuotáctil presentan un alto nivel de EDA para M3, y un valor menor para M1. En cambio, el canal táctil muestra un comportamiento opuesto ya que el EDA es alto para M1 y bajo para M3.

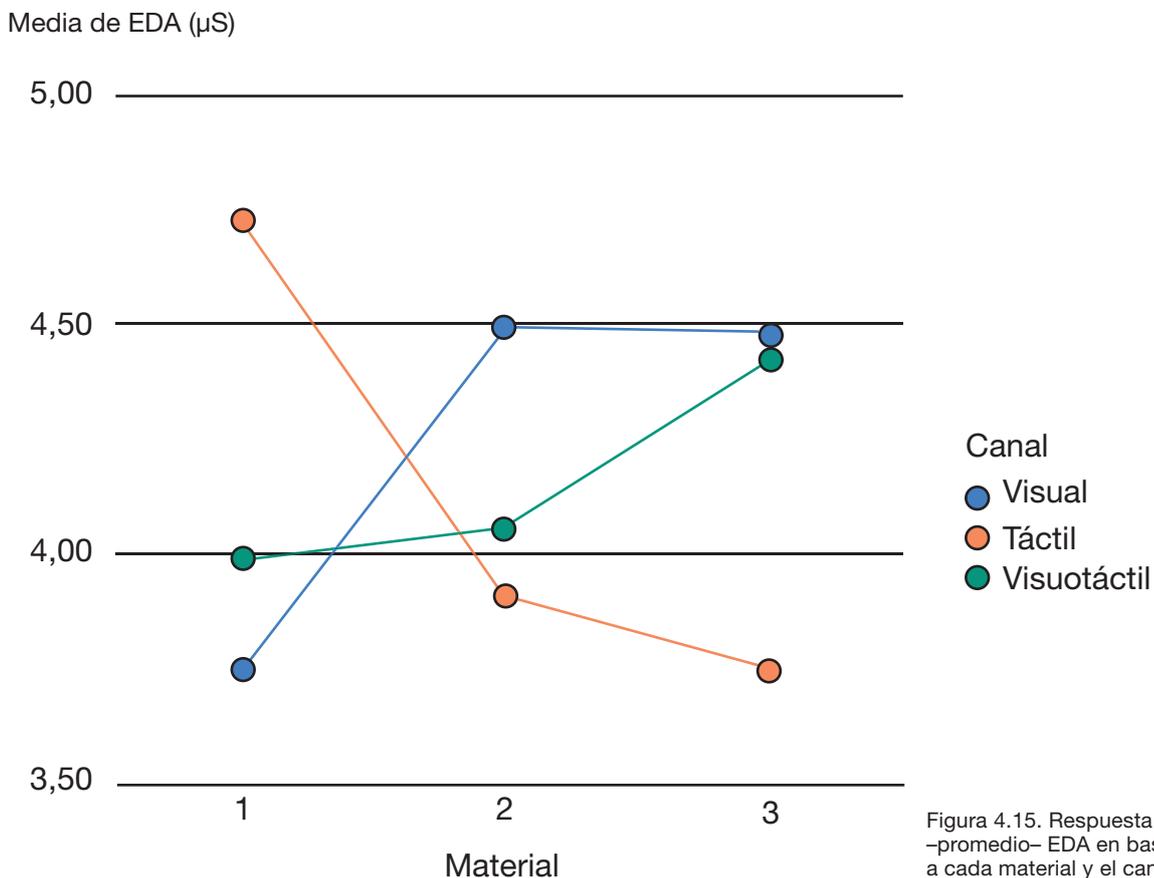


Figura 4.15. Respuesta -promedio- EDA en base a cada material y el canal.

Destacar que no se observan efectos o interacciones significativas en los datos obtenidos de EMG.

4.3.3.2. Apreciación hedónica de los materiales

La apreciación hedónica es la declaración de un participante sobre cuánto le ha gustado cada material. Se ha realizado un modelo mixto utilizando la calificación de preferencia de cada material, como variables independientes se ha utilizado el material y el canal de presentación, junto con su interacción, y los participantes se definen como factor aleatorio.

El resultado indica que la única diferencia es entre los distintos materiales, con un p-valor 0,003, por este motivo se realiza un test *one-way ANOVA*, con los materiales como factor.

En la Figura 4.16 se muestra, mediante una comparación por pares usando el método Tukey, que M3 es el material que menos gusta en comparación con M1. La escala de respuestas Poco-Mucho de la pregunta 1.1. del test de evaluación sensorial, ver Figura 4.10, se ha transformado en una escala numérica. Para la palabra del par semántico Poco se ha asignado el valor -2, mientras que Mucho equivale 2, quedando una escala de 5 opciones distintas entre -2 a 2. Estos valores son los que se reflejan en el eje vertical de la Figura 4.16.

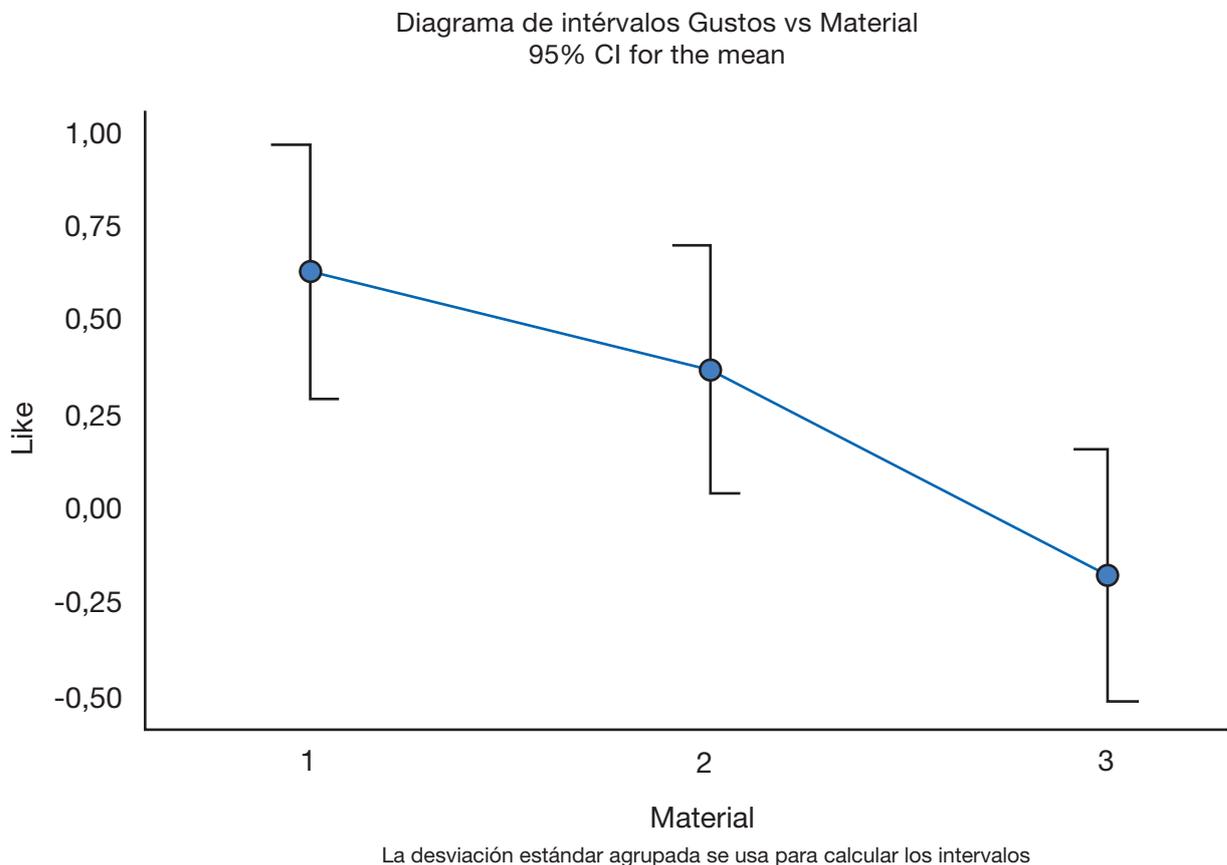


Figura 4.16. Gráfico de intervalos para cada material de acuerdo con la puntuación de gusto/preferencias.

4.3.3.3. Caracterización de los materiales

El presente apartado muestra la percepción de los participantes de los tres materiales en función de la interacción con cada uno y la evaluación sensorial. Los datos que se muestran a continuación son resultado del test sensorial, para ello se ha realizado una clusterización jerárquica para agrupar las propiedades sensoriales y facilitar la interpretación (ver Figura 4.17).

La clusterización jerárquica utiliza los valores de percepción para los pares semánticos de todos los participantes (notas de 1 a 5, ver Figura 4.10). Se ha usado el método de Ward como algoritmo de vinculación, y la correlación como medida de distancia. En base a una inspección visual del dendrograma, se decide trabajar con 4 grupos de pares semánticos, marcados en la Figura 4.17 con bolas amarillas, rojas, verdes y azules).

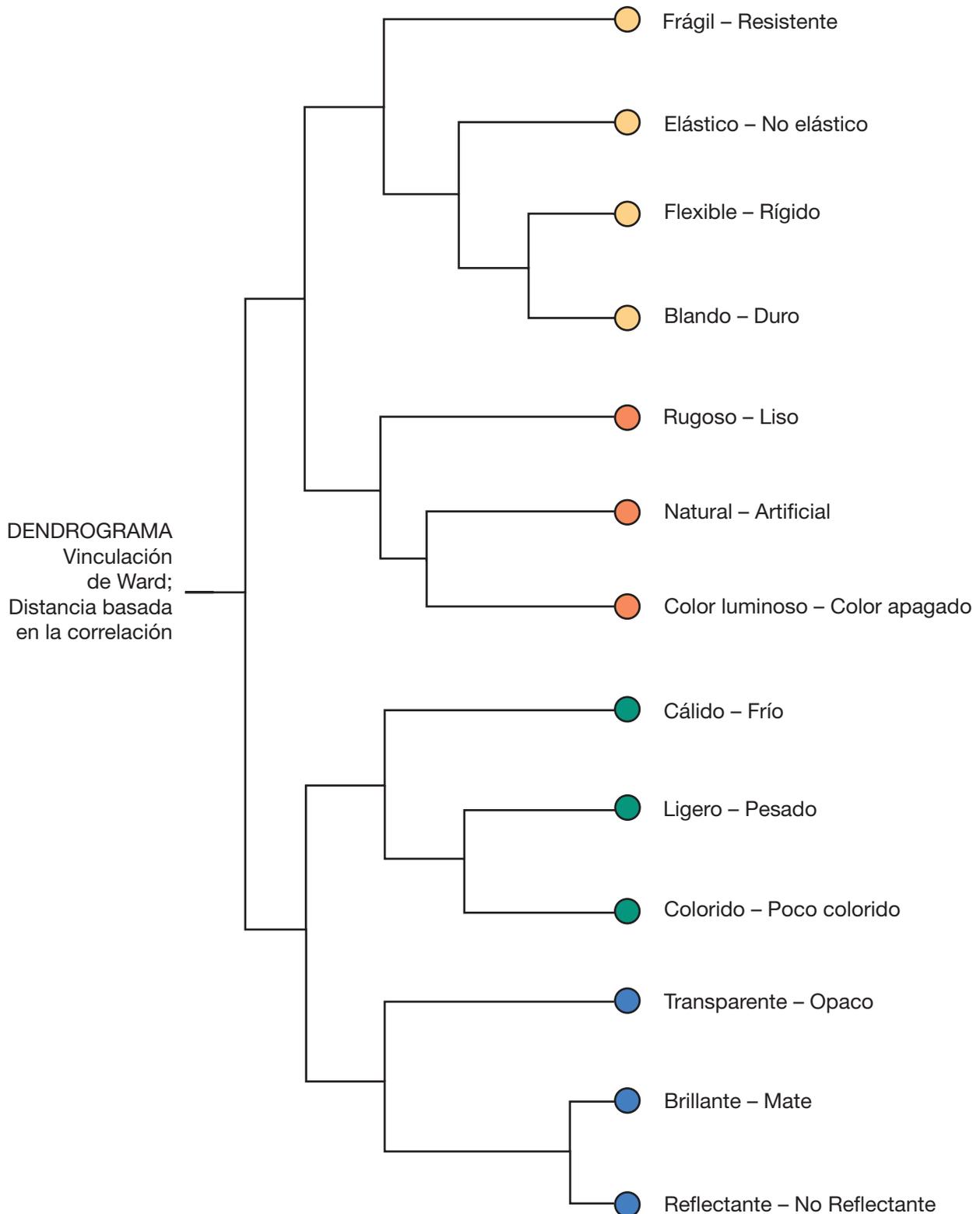


Figura 4.17. Análisis de clusterización jerárquica para las propiedades sensoriales, realizado utilizando el método de vinculación de *Ward*.

Las Figuras 4.18, 4.19, 4.20 y 4.21 sintetizan los resultados del test sensorial de acuerdo con la agrupación propuesta anteriormente. Los gráficos presentan, para cada una de las propiedades sensoriales, el promedio de las puntuaciones por cada material –M1, M2, M3– y cada canal de presentación – V, T, V+T–.

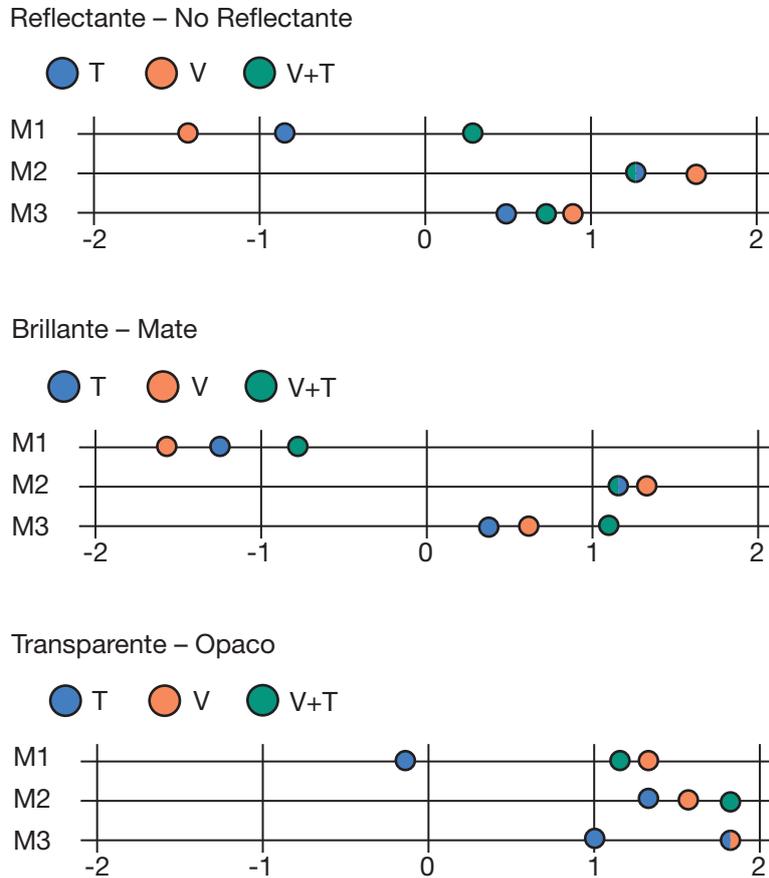
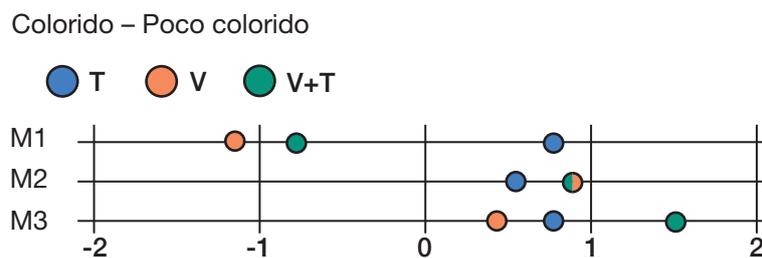
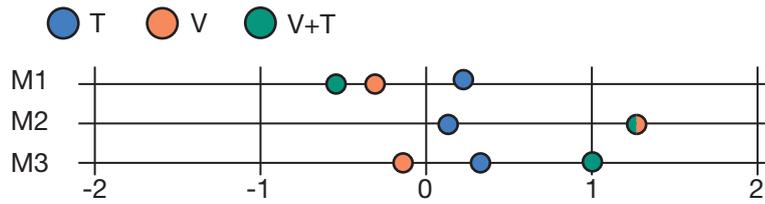


Figura 4.18. Primer clúster de propiedades sensoriales.

En la Figura 4.18 las propiedades muestran similitudes entre M2 y M3, percibidos como no reflectantes, mate y opaco. En cambio, M1 destaca respecto al resto. En cuanto al canal, se observa que el canal táctil –T– proporciona menor información en comparación con el resto de los canales, una de las posibles argumentaciones de que esto suceda es porque las propiedades citadas en la Figura 4.18 están más relacionadas con el sentido de la vista.



Ligero – Pesado



Cálido – Frío

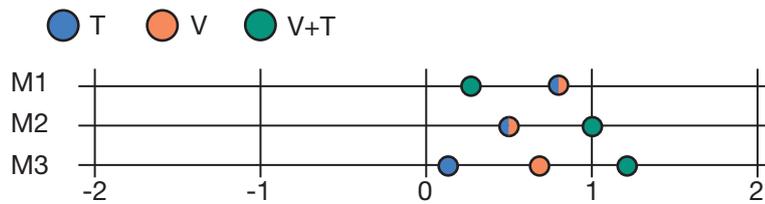
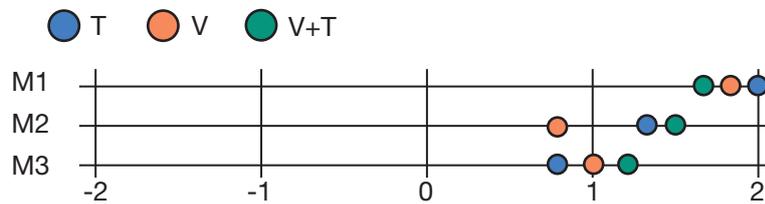


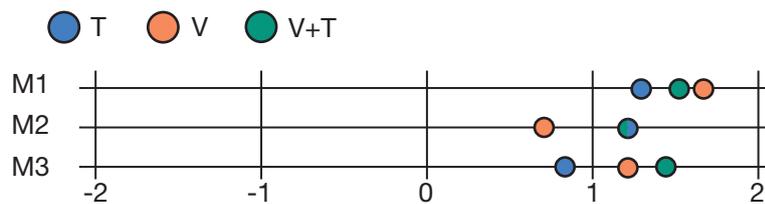
Figura 4.19. Segundo clúster de propiedades sensoriales.

De acuerdo con la información presentada en la Figura 4.19, los tres materiales se puntúan como poco coloridos y fríos, independientemente del canal de interacción. La pareja de adjetivos ligero y pesado no es consistente con los tres materiales, ya que las puntuaciones están en la franja neutral.

Rugoso – Liso



Natural – Artificial



Color luminoso – Color apagado

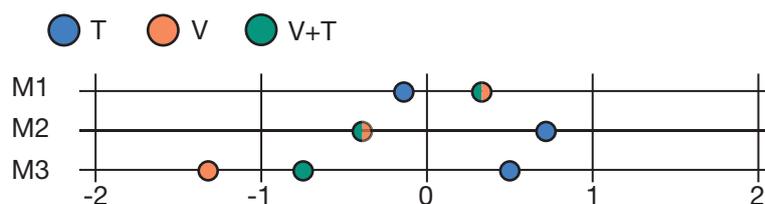


Figura 4.20. Tercer clúster de propiedades sensoriales.

Todos los materiales, según la Figura 4.20, se perciben como lisos y artificiales con independencia de si son reciclados o no. No hay diferencias significativas entre los canales. Además, destacar la propiedad intensidad de color ya que permanece cerca del área neutral.

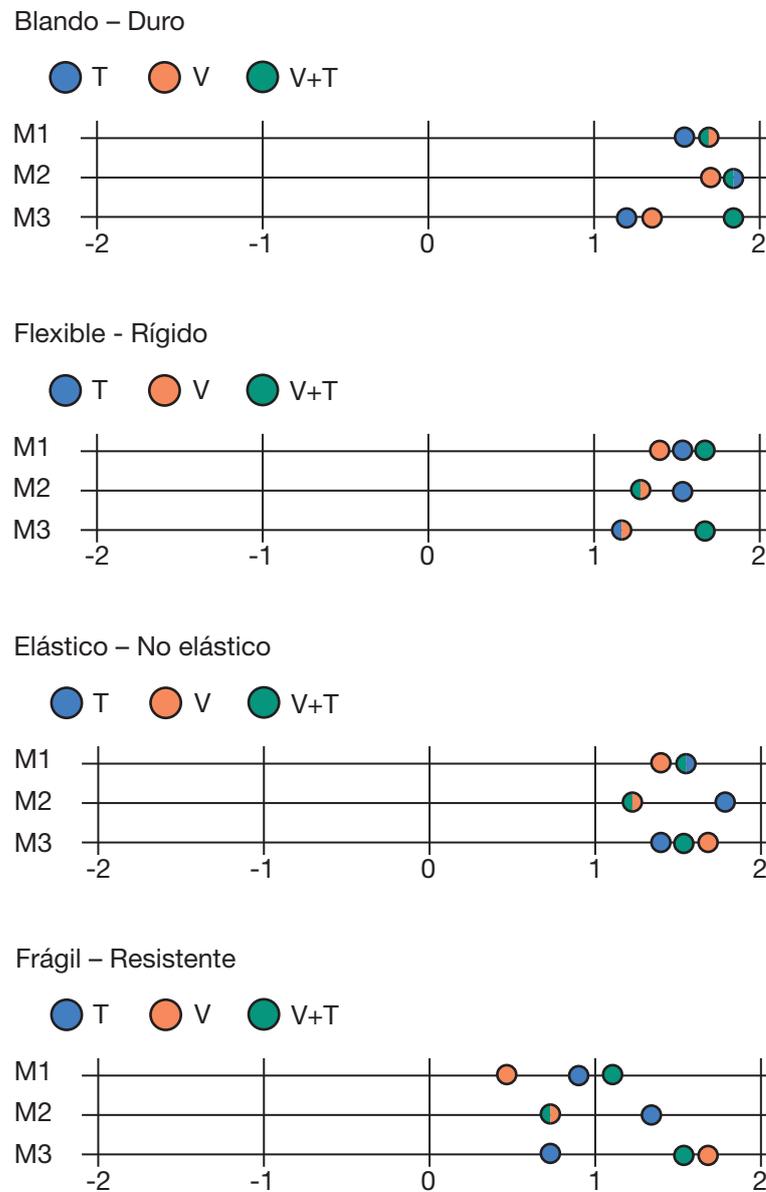


Figura 4.21. Cuarto clúster de propiedades sensoriales.

Por último, las cuatro propiedades relacionadas con la dureza y la rigidez. Todos los materiales son percibidos como duros, rígidos, no elásticos y resistentes (ver Figura 4.21). El canal táctil y visuotáctil presentan valores similares en este conjunto de propiedades.

4.3.3.4. Conciencia ambiental

Para evaluar y entender la conciencia ambiental desde el punto de vista sociológico, se consideran: las creencias sociales sobre el potencial de la tecnología para salvar el mundo, la idea de la vida en un planeta con recursos infinitos y el concepto de la propiedad privada como el elemento más importante a preservar.

En el siguiente gráfico (ver Figura 4.22) de dispersión se compara la puntuación o nota de los hábitos de consumo (sección 4.3.2.4.3) versus la puntuación de la actitud ambiental de los participantes (sección 4.3.2.4.2). En esta se puede observar que no hay ningún tipo de correlación entre las dos variables.

Diagrama de dispersión de los hábitos de consumo vs actitud ambiental

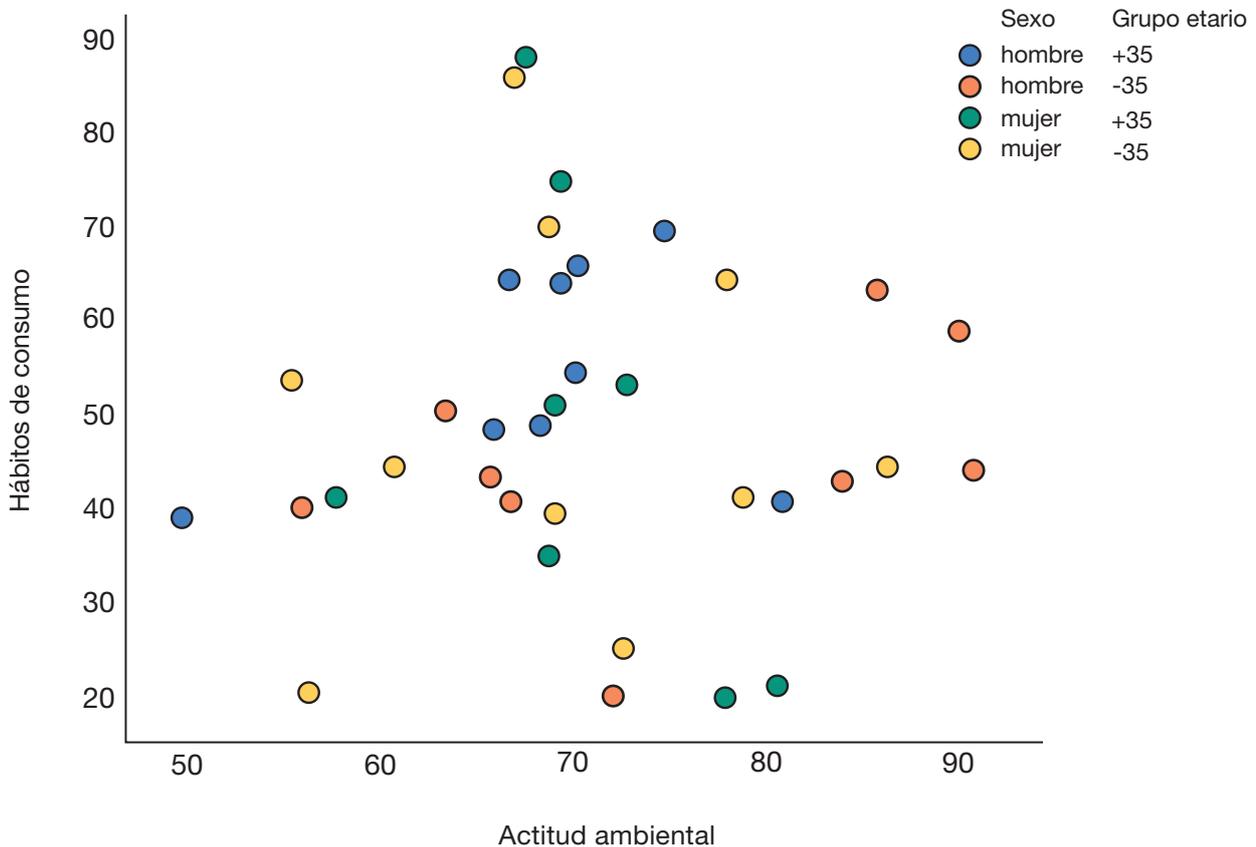


Figura 4.22. Diagrama de dispersión entre las variables hábitos de consumo y actitud ambiental.

El coeficiente de correlación es 0,029, con un IC del 95% (-0,0303 — 0,0354) que contiene claramente el valor 0. Además, este resultado es el mismo cuando se estratifica por sexo o grupo etario.

Cabe destacar que la actitud ambiental y los hábitos de consumo no afectan en la exactitud durante la identificación de los materiales.

4.3.4. Discusión

El objetivo de este caso de estudio es avanzar en la comprensión de la percepción del consumidor, la aceptación y las actitudes hacia los plásticos reciclados y los plásticos vírgenes, con un enfoque metodológico novedoso que combina técnicas de investigación en diseño y psicología experimental.

Las principales contribuciones se destacan en la siguiente sección, ver 4.3.4.1, y en la sección 4.3.4.2. se proponen sugerencias para aplicar materiales reciclados en el diseño, en base a los resultados obtenidos en el estudio.

4.3.4.1. Percepción del consumidor del plástico virgen y del reciclado

A continuación, se presentan los resultados más destacados de esta investigación, con el mismo orden que sigue la estructura del punto anterior: proceso de evaluación sensorial, herramientas fisiológicas, apreciación hedónica, caracterización de los materiales y conciencia ambiental.

En la evaluación sensorial, el objetivo es comprender si los participantes son competentes identificando los materiales reciclados y en qué condición –unimodal, ya sea visual o táctil, o multimodal, visuotáctil–, para con esta información poder asesorar a los diseñadores y otros profesionales sobre cómo presentar mejor estos materiales en el mercado. Hay distintas tendencias que indican que los participantes identifican más fácilmente un material reciclado con el canal visual, pero en varias ocasiones necesitan tocar para verificar la naturaleza del material. Es decir, el canal visuotáctil permite esta ventaja respecto a los otros dos de los materiales 2 y 3, y por esta razón se usa más en los materiales reciclados.

Respecto las herramientas fisiológicas no hay resultados significativos al analizar los datos de EMG, una de las razones quizás sea que los materiales no difieren lo suficiente en la dimensión de valencia. Es decir, ninguna de las tres muestras –M1, M2 y M3– produce reacciones altamente negativas o positivas. Sin embargo, los datos procedentes del EDA sí que indican diferencias significativas entre materiales y canal. Los resultados indican una mayor activación en M3 –material reciclado con un aspecto que no lo parece– debido a la posible incongruencia entre el *look and feel* del material. El canal táctil también presenta una activación más alta en comparación con los otros dos, que incorporan visión. Dada la dificultad de observar diferencias al reaccionar e interactuar con las tres muestras, las herramientas fisiológicas probablemente necesitan estímulos más extremos o distintos para poder detectar mejor y comprender las reacciones de las personas.

En cuanto a la apreciación hedónica de los materiales, M1 y M2 aparecen en el intervalo positivo y M3 en el negativo o de disgusto. Por tanto, los materiales en la franja positiva gustan a los participantes, mientras que el resto no. La explicación en este caso se puede deber a que los materiales reciclados que no presentan un aspecto visual granulado o de composición mixta necesitan más tiempo o concentración para ser detectados y crean ambigüedad en los participantes, lo que acaba penalizando el resultado hedónico.

Se detecta que los participantes tienen más dificultades en diferenciar los materiales reciclados, y, por lo tanto, necesitan más información para clasificarlos. Esta información se podría dar a través de las propiedades sensoriales de las muestras del material. En esta investigación, donde se han evaluado tres materiales, las muestras de material no recicladas se perciben en comparación con las recicladas como más brillantes, coloridas y más reflectante. En otras palabras, los materiales reciclados normalmente enfatizan las propiedades visuales, como el aspecto mate y los colores pastel y los tonos claros. En relación con las otras propiedades, todos los materiales son percibidos de una forma bastante parecida, lo que indica que los materiales reciclados se perciben con la misma calidad que el resto.

A priori se puede pensar que las personas con mayor conciencia ambiental están más familiarizadas con los hábitos de consumo responsables, como por ejemplo promover el reciclaje correctamente, la reutilización de los envases, etc. Los datos extraídos de los test indican que no existe una correlación entre conciencia ambiental y los hábitos de consumo, por tanto, esta falta de relación indica que los hábitos ya establecidos en las personas requieren un esfuerzo elevado para cambiarse y que las campañas de concienciación social probablemente no son suficientes para esta acción. Otras medidas, como la prohibición del uso de las bolsas de plástico podrían ser más efectivas.

Además, cabe destacar que el nivel de conciencia ambiental no repercute en la percepción y apreciación de los materiales reciclados, por lo que la evaluación de los materiales tiene en cuenta un marco multidimensional, en el que la conciencia ambiental es, en el mejor de los casos, una de estas dimensiones. Para concluir, los resultados indican que los participantes no tienen un modelo claro con respecto a sus actitudes ambientales porque se observa una inconsistencia en las respuestas.

4.3.4.2. Sugerencias de diseño para diseñadores y empresas

En la evaluación sensorial de los materiales se observa que la percepción y aceptación de M1 –material no reciclado– y M2 –material reciclado que lo parece– es mejor si se compara con M3 –plástico reciclado que no lo parece–. Se pueden destacar dos ideas relevantes de estos resultados. En primer lugar, la muestra M3 parece crear incertidumbre en los consumidores, ya que detectar si es un material reciclado o no es una tarea compleja. Por lo tanto, los usuarios se sienten incómodos ante esta situación y su puntuación es peor. Una de las sugerencias para los diseñadores que se extrae de la idea presentada anteriormente es evitar ocultar el hecho de que un material sea reciclado, ya que los consumidores pueden percibir esta acción como un intento de engaño.

En segundo lugar, las muestras M1 y M2 se perciben de forma similar y con una respuesta positiva de los consumidores. A partir de este resultado, el temor del uso de los materiales reciclados que en ocasiones las empresas presentan carece de fundamento, ya que las puntuaciones los clasifican con valores similares y la percepción de calidad es la misma. Uno de los motivos de la mayor aceptación de los plásticos reciclados se puede explicar debido al aumento de la conciencia ambiental de los consumidores en los últimos años, es decir, ahora el uso de los plásticos reciclados es valorado positivamente. En Cataluña, la región dónde se ha realizado el estudio, se evidencia el creciente aumento de iniciativas para aumentar la conciencia ambiental año tras año. Por ejemplo, la *Agència Catalana de Residus*¹ ha desarrollado una serie de actividades de sensibilización: el lanzamiento de los Premios Ecodiseño, la producción de nuevas y más efectivas campañas de comunicación, etc. Muchas de las actividades se centran en los efectos positivos del reciclaje para el medio ambiente, y, por lo tanto, esto ha ayudado a aumentar la percepción positiva de los materiales reciclados por parte de los consumidores. Este nuevo paradigma abre la posibilidad de que empresas y diseñadores dejen de ser reticentes en usar plástico reciclado para los productos ya que se perciben de forma positiva.

Otra recomendación para diseñadores y empresas es el uso de herramientas para entender las propiedades sensoriales, como el *Perception Evaluation Kit*, para evaluar las percepciones de los usuarios de un producto o una muestra de material antes de lanzarla al mercado. De esta forma se proporcionará información valiosa sobre cómo mejorar el diseño para que los consumidores tengan una buena percepción, y, por lo tanto, aceptación.

Los resultados obtenidos también están respaldados por el análisis histórico de la evolución de los materiales y los enfoques de sostenibilidad respecto a los productos de consumo. En la megatendencia de sostenibilidad, ahora considerada una característica habitual en muchos de los procesos de decisión del consumidor, los productos que se han posicionado presentan unas características intrínsecas vinculadas a colores de naturaleza, suaves y texturas mate. Por lo tanto, los atributos de material blando y mate vinculados a materiales sostenibles se han convertido en parte de la cultura del consumidor. Esta idea está asociada con los resultados de la presente investigación ya que los participantes presentan una mejor apreciación hedónica de los materiales con superficies más mate.

La introducción de los residuos como materia prima ha marcado la evolución del enfoque de sostenibilidad para los productos. Normalmente estos residuos son plásticos. Los materiales reciclados normalmente presentan una apariencia de agregados, partículas que se unen o funden para lograr un material o producto funcional con pocos procesos de fabricación, son ejemplos *Smile Plastics*² o las bolsas recicladas *Freitag*³. Se destaca la comunicación que el propio material o producto hacen sobre su proceso –colores y texturas resultantes del proceso de amalgamar o unir materiales de desecho–.

La última evolución de los materiales reciclados se ha producido gracias a un proceso de Ingeniería más complejo del reciclaje de residuos plásticos, como la transformación de redes plásticas de pescar en fibras, que se usan como telas, por ejemplo, en los productos *Ecoalf*⁴. El material resultante no evidencia el proceso de reciclaje, ya que emplea superficies planas y colores de inspiración no natural, y no es diferente a otras materias primas. Es decir, es difícil saber si el material es reciclado. La estrategia de este tipo de materiales y productos es el esfuerzo de etiquetado, comunicación y campañas de marketing dónde se explica la procedencia del producto. El material no proporciona la información, así que, la comunicación que rodea el producto asume y expresa la tarea de informar.

A modo de conclusión, se sugiere a los diseñadores y a las empresas el uso de materiales reciclados inspirados en la naturaleza o mediante una composición de agregados. Alternativamente, si no se pueden percibir estas características, el producto se puede comunicar con un etiquetado educativo e informativo y una campaña de marketing potente.

¹ http://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/sensibilitzacio/campanyes/index.html

² <https://smile-plastics.com/>

³ <https://www.freitag.ch/en>

⁴ <https://ecoalf.com/>

4.4. Conclusión

En este capítulo el objetivo es comprender la percepción de los materiales reciclados y contribuir en la búsqueda de nuevas formas de transmitir esta información a los usuarios. También busca incorporar herramientas y cuestionarios fisiológicos para obtener datos que contribuyan a este tema con una perspectiva diferente e innovadora.

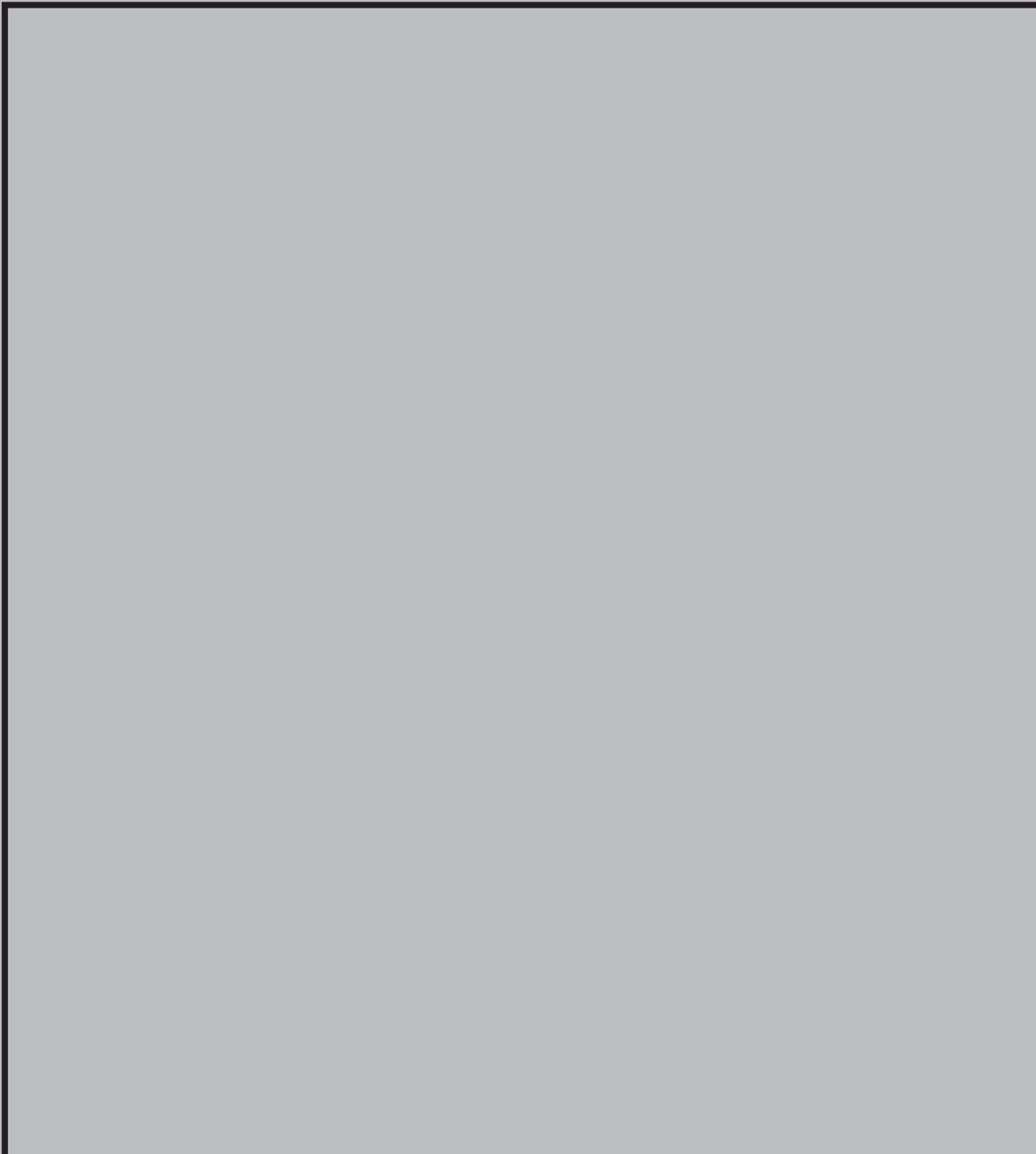
Los resultados analizados en este capítulo se enmarcan teniendo en cuenta una compleja metodología de diseño experimental, que combina herramientas fisiológicas –EDA y EMG– y test, así como materiales de estímulo para capturar la respuesta emocional de los participantes. Dado que este tipo de experimentos abarca una gran cantidad de datos y variables, sería interesante adaptar el experimento para poder optimizar la recolección de información obtenida de las distintas señales. En este caso, como se han utilizado muchos factores distintos en el experimento, el número de participantes en cada grupo experimental ha sido bajo y por lo tanto ha reducido el potencial del experimento. Se podría usar más participantes o menos variables de estratificación para mejorar el experimento en el futuro.

Los materiales forman parte de la vida cotidiana de los seres humanos y se presentan a través de canales diferentes para promover una interacción. El actual consumo de plástico y entendiendo las posibilidades que la economía circular ofrece, las iniciativas que pretenden comprender cómo introducir los materiales reciclados con una mayor aceptación de los usuarios son contribuciones importantes. Los resultados de esta investigación muestran que los materiales reciclados se perciben de una forma positiva y mejor respecto hace unas décadas, y por lo tanto pueden ser usados. Los consumidores han demostrado que su capacidad para detectar diferencias no es muy buena. Esto implica que los diseñadores han de hacer una comunicación clara de la naturaleza de los materiales, a través de la composición del material o la comunicación.

Por otra parte, las actitudes ambientales y el conocimiento sobre la situación ambiental en general de los participantes son buenas. Pero existe la posibilidad de mejorar e implementar iniciativas para corregir hábitos de consumo, que, por el momento, no son tan buenos como sus actitudes ambientales. Este hecho se evidencia con la inexistente relación entre actitud ambiental y los hábitos de consumo.

Las señales detectadas por las herramientas fisiológicas no son extremadamente diferentes entre materiales, una de las posibles explicaciones es la naturaleza similar de las muestras. Una selección más extrema de materiales podría asegurar una reacción emocional más detectable por parte de los participantes. También es recomendable revisar las herramientas usadas para detectar y capturar las señales con el fin de detectar posibles diferencias entre reacciones.

En el futuro, sería interesante realizar nuevos casos de estudio con un diseño experimental más simple y materiales que provoquen reacciones más extremas. Para agregar mayor valor a este tipo de experimentos, se abre un campo de oportunidad para nuevos materiales, diseños experimentales y herramientas fisiológicas. La investigación en materiales es relevante para poder comprender las propiedades que a nivel perceptual hacen que las personas detecten un material reciclado o no reciclado. Mediante las mejoras y nuevas pruebas, el conocimiento se puede utilizar para crear herramientas con las que los diseñadores transmitan esta información y llevar la investigación a otras áreas, como los bioplásticos. El fin de esta investigación aplicada es y sería aportar nuevos recursos e información valiosa para que los diseñadores la puedan aplicar en su proceso de creación.



05. Estadística y Diseño

107

- 5.0. Introducción al capítulo
- 5.1. La ingeniería estadística
- 5.2. *Data-Driven Design*
- 5.3. *Data Collection Toolkit*: metodologías, recursos y herramientas para los diseñadores
 - 5.3.1. Creación de elementos de recolección de datos
 - 5.3.1.1. El contexto
 - 5.3.1.2. La muestra
 - 5.3.1.3. El diseño experimental
 - 5.3.2. Análisis de datos obtenidos
 - 5.3.2.1. Procesos de preprocesado de los datos
 - 5.3.2.2. Análisis de los datos
 - 5.3.3. Comunicación de los datos
- 5.4. Conclusión

05. Estadística y Diseño

5.0. Introducción al capítulo

Introducción a la relación y la unión de las dos disciplinas presentes en esta tesis doctoral, el diseño y la ingeniería estadística, con su punto de confluencia en la ingeniería kansei y su aplicación en el campo del diseño.

Pregunta de investigación: ¿Se puede mejorar la relación entre la estadística y el diseño mediante la ingeniería estadística?

5.1. La ingeniería estadística

En esta tesis doctoral los datos son un factor clave. Para poder medir y poder responder a las preguntas de investigación, así como entender el éxito y la valoración de los participantes, los resultados son necesarios. Estos deben ser fruto de una correcta recolección y deben permitir un buen análisis, para más tarde poder aplicar este conocimiento en parámetros de diseño. El uso sistemático de métodos cuantitativos combinados con los métodos cualitativos puede permitir unos mejores resultados. Por este motivo, la tesis se enfoca desde la visión de la ingeniería estadística o *statistical engineering* (Hoerl y Snee, 2010). La ingeniería estadística permite la investigación y el estudio de los conceptos estadísticos, métodos y herramientas, para así poder integrar estos con las tecnologías de información y otras ciencias pertinentes con el objetivo final de generar unos resultados más correctos. El foco no se pone en el avance de la estadística como ciencia, sino en cómo utilizar estas técnicas de una forma correcta en una nueva área.

Según la *International Statistical Engineering Association* (2018), la ingeniería estadística se define como la disciplina dedicada al arte y la ciencia de resolver problemas complejos que requieren de datos y análisis de datos. El objetivo de esta es proporcionar una orientación para desarrollar estrategias apropiadas para encontrar y crear unas soluciones sostenibles, a través de la discusión de las herramientas, métodos estadísticos y analíticos más apropiados según las circunstancias.

La ingeniería kansei es también un buen ejemplo de ingeniería estadística, dado que es una herramienta de diseño compleja, y la única manera de conseguir hacerla avanzar, incorporando el uso de datos, es con la colaboración entre diseñadores y estadísticos (ver Figura 5.1), tal como se propone en esta tesis.

Por lo tanto, el diseño puede aportar a la ingeniería kansei la expansión en el sector y la detección de oportunidades que hasta el momento no se habían considerado.

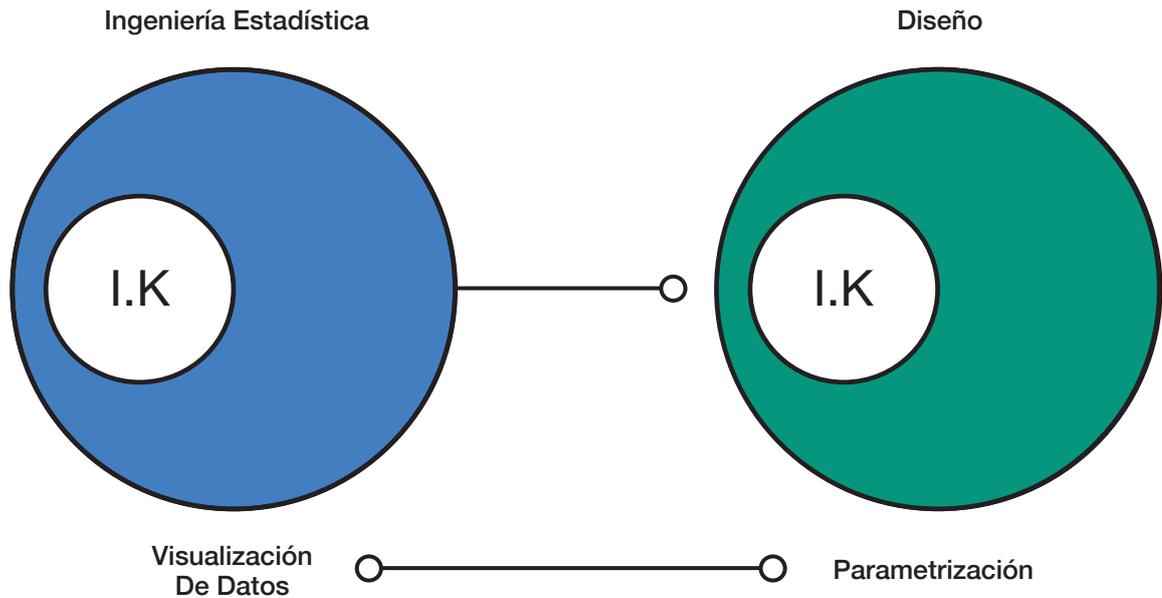


Figura 5.1. Relación entre la ingeniería estadística y el diseño, a través de la ingeniería kansei.

5.2. *Data-Driven Design*

En ocasiones, tanto la disciplina del diseño como la estadística han promovido proyectos e investigaciones con unos objetivos claros en su ámbito, pero que para la otra disciplina han resultado difíciles o un reto su comprensión completa.

En el diseño, por ejemplo, existen gran cantidad de proyectos que provocan en los espectadores o usuarios una reacción, ya que tienen un alcance y una repercusión espectacular, pero a nivel estadístico aportan poco valor sus resultados. Es decir, se trabaja más en la dimensión expresiva o artística, y se le da poca importancia o se omiten los datos, así como sus resultados a nivel estadístico. Por lo tanto, estos datos podrían ser utilizados para poder comprender estadísticamente las reacciones humanas, y más tarde trasladarlo en resultados concretos para responder a parámetros o características del diseño.

En la estadística, en algunos de los modelos y aplicaciones que se utilizan a menudo los requisitos son de elevada complejidad y en gran número. Esto dificulta poder llevar la teoría a la práctica, ya que no se pueden realizar experiencias o experimentos tan complejos y difíciles de gestionar. Además, posteriormente el proceso de comunicación para los no expertos resulta de difícil comprensión por la gran cantidad de información –debido a su complejidad–, así como en ocasiones por las presentaciones con un diseño pobre. De modo que los resultados tampoco sirven para poder responder a preguntas concretas en el ámbito del diseño.

Después de entender las limitaciones que las dos disciplinas tienen, queda evidenciada la capacidad de estas para trabajar en conjunto y hacer de las debilidades, de cada una de ellas, una solución más completa y holística. Siguiendo esta línea de sumar conocimiento entre la estadística y el diseño, destaca el *Data-Driven Design*, como herramienta para sacar el potencial a ambos campos de conocimiento.

El *Data-Driven Design* o el Diseño basado en datos implica incorporar durante el proceso creativo herramientas de recolección de datos que ayuden a tomar las decisiones importantes (Deutsch, 2015). Gracias a los datos el diseñador o equipo creativo podrá entender qué está fallando y qué se percibe como positivo y correcto, de forma que la propuesta de diseño quedará reforzada y la solución incorporará menos errores porque han sido detectados previamente.

Es decir, como las decisiones recaen en los elementos que se pueden medir, el *Data-Driven Design* es un proceso de desarrollo o en ocasiones de mejora, de un producto basado en los datos. Estos datos permiten a los diseñadores confirmar sus intuiciones y comprensiones del público objetivo mediante los resultados obtenidos de distintas fuentes, en función de la necesidad del proyecto.

Con la propuesta de la presente tesis, la importancia y relevancia de las dos disciplinas se hace evidente. Por este motivo, a continuación, en la Figura 5.2, se detallan las fases que podría seguir un proceso típico de *Data-Driven Design* desde el enfoque de la ingeniería estadística.



Figura 5.2. Proceso de *Data-Driven Design* con la relevancia de cada disciplina por fase.

5.3. *Data Collection Toolkit*: metodologías, recursos y herramientas para los diseñadores

Para poder aplicar la estadística, y en base a la ingeniería estadística, a continuación, se detallan los pasos a tener en cuenta para un diseño de experimento en el ámbito del diseño.

5.3.1. Creación de elementos de recolección de datos

Para empezar la primera fase, Recolección de datos (ver Figura 5.2.), hay que tener en cuenta los siguientes elementos importantes: el contexto –espacio y tiempo–, la muestra de participantes, el diseño experimental con su validación y sus pertinentes pruebas piloto.

5.3.1.1. El contexto

Entender el contexto dónde se realizará la recolección de datos. Entre estos comprender bien el espacio y el tiempo, que se explican a continuación:

- + El espacio / lugar:
 - Valorar si hay espacio suficiente para llevar a cabo la recolección con más de una persona a la vez, si fuera el objetivo. Decidir si la obtención de datos es de forma individual o grupal.
 - Pensar en la distribución de los participantes, para que tengan un espacio vital entre ellos (ver Figura 5.3). Y a la misma vez, si es necesario, se pueda fomentar la interacción entre los participantes –un debate, reflexión conjunta, entre otros–.
 - Valorar si hay espacio suficiente para instalar las herramientas, algún material o incluso un refrigerio o piscolabis, si fuera necesario.
 - Entender la ubicación de los participantes durante la recolección, así como la de los investigadores.

- + El tiempo disponible:
 - Saber si hay limitación de tiempo para ajustar la actividad.
 - Si no hay restricciones horarias pensar en el tiempo destinado de forma aproximada, para poder indicar a los participantes esta información.
 - Ajustar bien el tiempo entre las distintas participaciones.
 - Prever el tiempo de calibración de las herramientas o preparación previa a la recolección de datos.
 - Dejar un margen de tiempo entre las distintas participaciones, para minimizar posibles demoras en el tiempo global.
 - Hacer una organización en el tiempo con el nombre de los participantes y horas, para que quede registrado.



Figura 5.3. Ejemplo de espacio en un diseño experimental, *Perception Evaluation Kit workshop*.

5.3.1.2. La muestra

Entender la muestra de participantes. Dentro de la muestra se debe comprender el número de participantes, su selección y su función, se detalla toda la información en los siguientes puntos:

- + Número de participantes: Este parámetro es uno de los que más dudas provoca entre los investigadores. Para hacer esta selección se recomienda:
 - Comprender si cada prueba o ensayo, implica un coste de material o tiempo muy elevado.
 - En función del coste, entender el número de participantes que es viable asumir en las pruebas. Comprender el presupuesto por participante.
 - Si las pruebas implican poco coste, pensar en los *timings* del proyecto, para comprender y cumplir las fechas en que la recolección de datos tendría que estar finalizada.
 - Tener claro el equipo investigador que va a realizar la recolección de datos y si el proceso es manual o automático. Es decir, en cuantas sesiones se pueden recolectar y de qué personal se dispone. No será lo mismo si es un equipo de 4 investigadores, que cada uno puede realizar ensayos en franjas distintas y con participantes diferentes, que si es un solo investigador.
 - Una vez entendido lo anterior, pensar si el número de personas que participarán es insuficiente o excesivo.
 - Calcular con programas estadísticos el tamaño muestral recomendado y la potencia estadística.



Figura 5.4. Participantes de un diseño experimental, *Perception Evaluation Kit workshop*, con sus identificaciones.

+ Selección de participantes:

- Indicar si la participación es de forma voluntaria o con una remuneración. Cumplir con las leyes de protección de datos, y si se considera oportuno, obtener los consentimientos informados. Estos protocolos son importantes, ya que son elementos que se exigen en múltiples centros de investigación y para publicar en revistas científicas.
- Se recomienda hacer la selección de participantes de forma aleatoria, para que cumpla con una mayor validez estadística. Si no se puede caer en el error de seleccionar al entorno más cercano, y no representaría de forma exacta toda la población.
- Comprender si hay criterios de selección de los participantes específicos para el estudio, ya sean demográficos, lingüísticos o datos más genéricos –como la edad o el sexo– (ver Figura 5.5).
- Balancear la selección de los participantes de forma que quede igualado el número, en función del objetivo del estudio.

+ Función de los participantes:

- Comprender su motivación y objetivo de participación.
- Indicarles la temática de experimentación.
- Indicarles las actividades a realizar durante la investigación, y su intrusividad.
- Tener claro los pasos y qué se espera del participante, para poder guiar si es necesario.
- Indicar su función, el inicio de cada actividad y finalización.
- Indicar si puede realizar preguntas y/o comentarios para que se sienta cómodo.
- Dejar espacio e intimidad durante la investigación, evitar presionar al participante –evitar que se sienta un sujeto de estudio–.
- Pensar y valorar en crear recursos que permitan la identificación del participante, si es en grupo el estudio (ver Figura 5.4).

	Nombre usuario	Edad	Nº Usuario	INFO	Recorrido										
Hombres	-35	Participante 1	25	1	info	M1V - M3V+T - M2T	M1	M3	M2	1	V	V+T	T	1	11
		Participante 2	29	2	info	M2V+T - M1V - M3T	M2	M1	M3	2	V+T	V	T	2	22
		Participante 3	27	3	info	M3V - M2V+T - M1T	M3	M2	M1	3	V	V+T	T	1	31
		Participante 4	24	4	info	M2T - M3V+T - M1V	M2	M3	M1	5	T	V+T	V	5	55
		Participante 5	31	5	info	M3V - M1T - M2V+T	M3	M1	M2	6	V	T	V+T	6	66
		Participante 6	24	6	NO INFO	M1V+T - M3T - M2V	M1	M3	M2	1	V+T	T	V	3	13
		Participante 7	23	8	NO INFO	M2T - M1V - M3V+T	M2	M1	M3	2	T	V	V+T	4	24
		Participante 8	20		NO INFO	M1V+T - M2V - M3T	M1	M2	M3	4	V+T	V	T	2	42
		Participante 9	22	9	NO INFO	M2V - M3V+T - M1T	M2	M3	M1	5	V	V+T	T	1	51
	35	Participante 10	53	10	NO INFO	M3V+T - M2T - M1V	M3	M2	M1	3	V+T	T	V	3	33
		Participante 11	44	11	NO INFO	M1T - M3V+T - M2V	M1	M3	M2	1	T	V+T	V	5	15
		Participante 12	58	12	NO INFO	M2V - M1T - M3V+T	M2	M1	M3	2	V	T	V+T	6	26
		Participante 13	63	13	NO INFO	M3V+T - M1V - M2T	M3	M1	M2	6	V+T	V	T	2	62
		Participante 14	67	14	NO INFO	M1T - M2V - M3V+T	M1	M2	M3	4	T	V	V+T	4	44
		Participante 15	62	15	info	M3T - M2V+T - M1V	M3	M2	M1	3	T	V+T	V	5	35
		Participante 16	54	16	info	M1V - M2T - M3V+T	M1	M2	M3	4	V	T	V+T	6	46
		Participante 17	43	17	info	M2V+T - M3T - M1V	M2	M3	M1	5	V+T	T	V	3	53
		Participante 18	46	18	info	M3T - M1V - M2V+T	M3	M1	M2	6	T	V	V+T	4	64
Mujeres	-35	Participante 19	25	19	info	M1T - M3V - M2V+T	M1	M3	M2	1	T	V	V+T	4	14
		Participante 20	26	20	info	M2V+T - M1T - M3V	M2	M1	M3	2	V+T	T	V	3	23
		Participante 21	22	21	info	M3T - M1V+T - M2V	M3	M1	M2	6	T	V+T	V	5	65
		Participante 22	23	22	info	M1V - M2V+T - M3T	M1	M2	M3	4	V	V+T	T	1	41
		Participante 23	20	23	NO INFO	M2T - M1V+T - M3V	M2	M1	M3	2	T	V+T	V	5	25
		Participante 24	28	24	NO INFO	M3V - M2T - M1V+T	M3	M2	M1	3	V	T	V+T	6	36
		Participante 25	23	25	NO INFO	M3V - M1V+T - M2T	M3	M1	M2	6	V	V+T	T	1	61
		Participante 26	23	26	NO INFO	M1V+T - M2T - M3V	M1	M2	M3	4	V+T	T	V	3	43
		Participante 27	22	27	NO INFO	M2V - M1V+T - M3T	M2	M1	M3	2	V	V+T	T	1	21
	35	Participante 28	54	28	info	M1V+T - M3V - M2T	M1	M3	M2	1	V+T	V	T	2	12
		Participante 29	48	29	info	M3V+T - M2V - M1T	M3	M2	M1	3	V+T	V	T	2	32
		Participante 30	53	30	info	M1T - M2V+T - M3V	M1	M2	M3	4	T	V+T	V	5	45
		Participante 31	59	31	info	M2V - M3T - M1V+T	M2	M3	M1	5	V	T	V+T	6	56
		Participante 32	66	32	info	M3T - M2V - M1V+T	M3	M2	M1	3	T	V	V+T	4	34
		Participante 33	63	33	NO INFO	M1V - M3T - M2V+T	M1	M3	M2	1	V	T	V+T	6	16
		Participante 34	53	34	NO INFO	M2V+T - M3V - M1T	M2	M3	M1	5	V+T	V	T	2	52
		Participante 35	58	35	NO INFO	M2T - M3V - M1V+T	M2	M3	M1	5	T	V	V+T	4	54
		Participante 36	36	36	NO INFO	M3V+T - M1T - M2V	M3	M1	M2	6	V+T	T	V	3	63

Figura 5.5. Ejemplo de recursos para la planificación de selección de específicos, utilizado para el estudio de percepción de los materiales reciclados.

5.3.1.3. El diseño experimental

El proceso de creación del diseño experimental se recomienda que conste de tres fases distintas: creación, revisión y prueba piloto. Para por último, llevar a cabo la realización completa del diseño experimental. A continuación, se destacan los puntos más relevantes de cada una de ellas:

+ Creación del diseño experimental:

- Plantear las acciones a realizar.
- Plantear los recorridos o procesos de las acciones anteriormente descritas.
- Ajustar el tiempo y crear la planificación horaria final.
- Anotar algún elemento identificador del participante en la planificación interna, únicamente si sirve como recurso de apoyo para el investigador. Estos datos no deben hacerse públicos siguiendo la normativa de protección de datos personales.
- Detectar las herramientas necesarias.
- Creación del protocolo experimental, pasos a seguir, como si se tratara de una receta de cocina. Si son varias personas en el equipo investigador, este proceso puede ser útil para que todos hagan exactamente lo mismo (ver Figura 5.6 y 5.7).
- Pensar la creación de recursos asociados para guardar o anotar la recolección de datos.

Workshop DP&P / mar-18

Organización Canales y Materiales

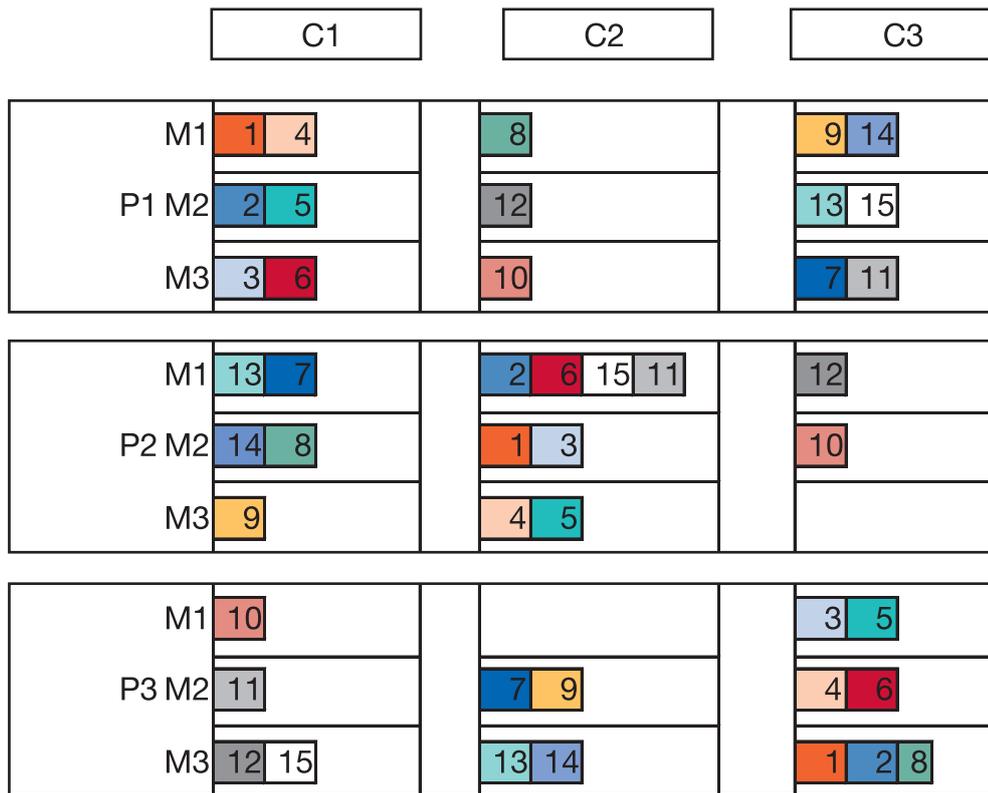


Figura 5.6. Ejemplo de recursos para la planificación del diseño experimental más sencilla.

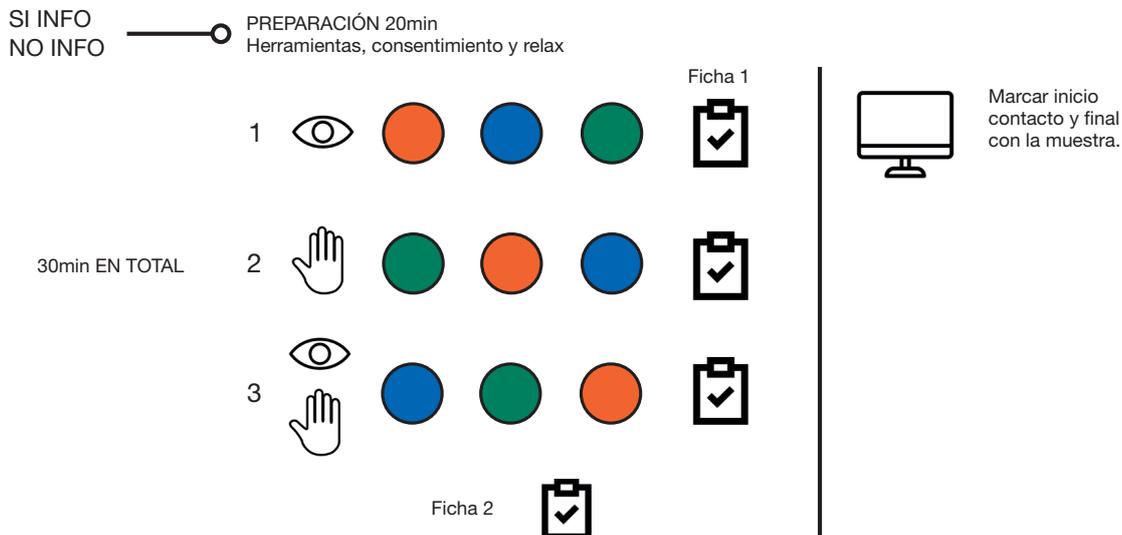


Figura 5.7. Esquema de los pasos a desarrollar en un diseño experimental.

+ Revisión del diseño experimental:

- Revisar la aleatoriedad del diseño experimental.
- Revisar si está balanceado.
- Revisar si hay un grupo control.
- Afinar la planificación del diseño experimental.
- Preparar todo el material para la prueba piloto.
- Impresión y preparación final de todos los recursos necesarios, para la recolección de datos.
- Familiarización con las herramientas y recursos a utilizar (ver Figura 5.8).



Figura 5.8. Familiarización con una de las herramientas a utilizar en el diseño experimental.

- + Prueba piloto del diseño experimental:
 - Seleccionar un grupo pequeño para hacer una prueba piloto (ver Figura 5.9).
 - Seguir el protocolo del diseño experimental.
 - Controlar el tiempo del participante en la versión prueba piloto.
 - Anotar las observaciones, dudas o *feedback* del participante.
 - Ajustar el diseño experimental con las mejoras detectadas.
- + Realización completa del diseño experimental.

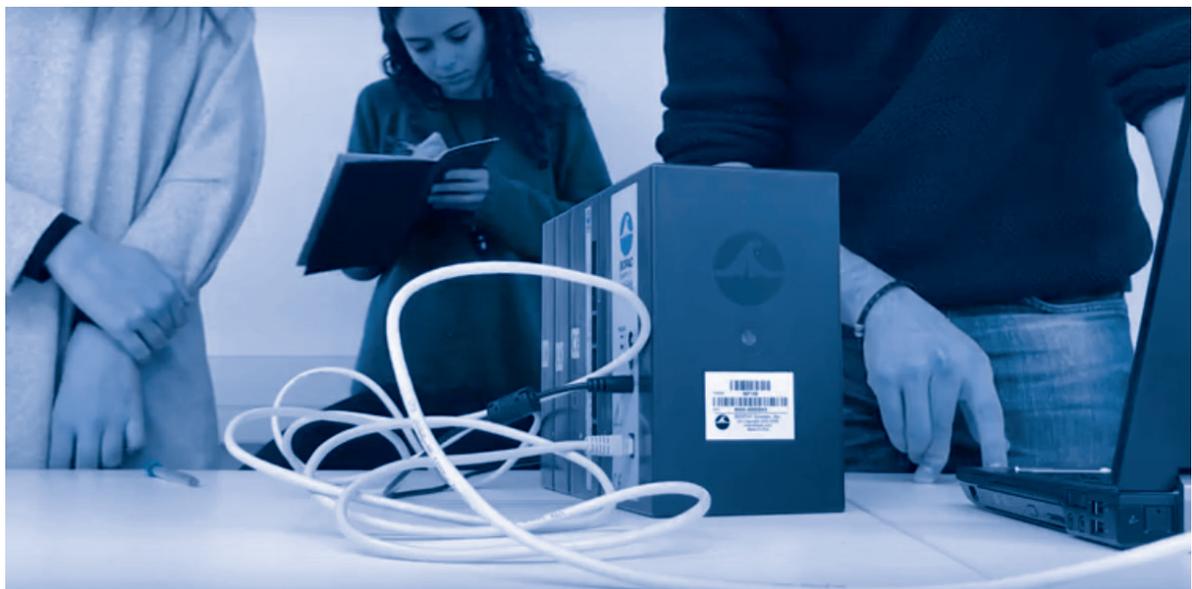


Figura 5.9. Prueba piloto del diseño experimental del estudio sobre la percepción de los materiales reciclados.

5.3.2. Análisis de datos obtenidos

En muchas ocasiones, los datos que se han obtenido en la fase anterior, recolección, han de ser tratados y preprocesados previamente para poder ser analizados. Posteriormente, se describen los pasos a seguir para este proceso de limpieza de datos.

5.3.2.1. Procesos de preprocesado de los datos

- Guardar y recoger los archivos con la información con una buena estrategia de orden.
- Detectar las incidencias y anotarlas en un archivo o en el mismo recurso de recolección de datos.
- Si los datos son fisiológicos incluir los pasos de procesado típicos –filtrados de señales, calibraciones, eliminación de ruido, entre otros–.
- Pasar los datos en un documento de trabajo y/o análisis. Los archivos en Excel pueden ser el formato más fácil y común si se trabaja en equipo.
- Entender la forma más adecuada de pasar los datos, si hace falta transformar la escala o aplicar alguna fórmula, para que a posteriori su interpretación sea más fácil.
- Una vez los datos están ordenados, pasarlos a *Minitab* o *RStudio* si es necesario para su análisis.

5.3.2.2. Análisis de los datos

Hay distintos tipos de análisis (Grima, 2012) que pueden aportar valor en las investigaciones en diseño. El *kit* de la cuestión está en la pregunta de investigación que se quiere responder y en la selección de la técnica más adecuada para dar respuesta a la hipótesis inicial. La manera como se recogen los datos marca ya las posibilidades del análisis, es decir, si los datos son de mala calidad –poco fiables– no podrán llevar a conclusiones válidas, por muy sofisticado que sea el análisis estadístico que se realice. Además, en ocasiones es en la propia fase de análisis cuando se reflexiona sobre la recolección de datos y cómo se tendría que haber llevado a cabo para poder dar respuesta a la pregunta de investigación. Es por ello, que esta cuestión debe estar clara desde el momento inicial de la recogida de datos.

Hay distintas opciones para analizar los datos y obtener información de ellos, las técnicas más útiles pensando en el campo del diseño se enumeran a continuación:

- + Técnicas gráficas de análisis exploratorio de datos.
Un análisis exploratorio basado sobre todo en gráficos puede a menudo ser ya suficiente para dar respuesta. Para visualizar la distribución de variables se pueden usar histogramas o diagramas de puntos –si son variables continuas– o diagramas de barras –si son variables categóricas–, pero a menudo la información más interesante aparece al analizar las relaciones entre variables. Si se quiere ver la relación entre dos variables continuas, un diagrama bivalente puede ayudar. Los *boxplots* son también muy útiles cuando hay muchos datos, y la respuesta es una variable continua que se quiere analizar estratificada por una o varias variables categóricas. En general, pensar en estratificar –independientemente del gráfico utilizado– es siempre una buena idea.
Estas herramientas gráficas permiten también, en ocasiones, detectar valores anómalos, y por lo tanto, ayudan a reflexionar sobre el motivo de su presencia. La detección y consideración de los valores anómalos puede llevar a descubrimientos y conclusiones relevantes.
- + Técnicas de análisis multivariante.
Existen distintas técnicas estadísticas que se engloban dentro del paraguas de análisis multivariante, pero probablemente las dos más útiles y relevantes para el diseño sean el análisis de componentes principales y el análisis clúster.
El análisis de componentes principales es una técnica de reducción de la dimensionalidad, que tiene como objetivo encontrar un conjunto ortogonal de variables –llamadas componentes principales– que son combinaciones lineales de las variables originales. Unas pocas componentes principales –idealmente las dos primeras– explican una gran cantidad de la variabilidad de la base de datos original. La representación de las variables originales en las primeras dos componentes principales –*loading plot*– es muy práctico para visualizar las relaciones entre variables.
El análisis clúster es un proceso iterativo que permite agrupar observaciones o variables, de manera que, al final, quedan unos cuantos grupos con elementos muy similares dentro de cada conjunto, pero muy distintos respecto a los otros. Aunque en ocasiones un simple diagrama de afinidad puede ser suficiente para agrupar elementos, un análisis clúster puede ser una herramienta de clasificación valiosa.

- + Contraste de hipótesis para comparar tratamientos.
Una de las aportaciones relevantes que el uso de técnicas estadísticas puede aportar al ámbito del diseño es la idea de la existencia inevitable de variabilidad. Es decir, a parte de mirar las medias para determinar si hay diferencias entre dos o más tratamientos, hay que considerar también la variabilidad para concluir si las diferencias existentes son lo suficientemente importantes para poder afirmar que son estadísticamente significativas. El contraste de hipótesis es una herramienta muy utilizada para conseguir esto, entre las técnicas de contraste de hipótesis más utilizadas están:
 - *2-sample-t* para comparar medias cuando existen dos tratamientos independientes.
 - *Paired-t* para comparar medias cuando los datos están apareados –por ejemplo, cuando el experimento tiene dos fases, antes y después, y se realiza sobre la misma persona o el mismo objeto–.
 - *One way ANOVA* cuando comparamos los niveles de un único factor –por ejemplo, varios materiales–.
 - *Two-way ANOVA* cuando existen dos factores, y es de interés ver los efectos de los factores y su posible interacción.

Todas estas técnicas acaban con el cálculo de un *p-valor* que permite cuantificar el riesgo de equivocación al afirmar que existen diferencias. El concepto de *p-valor*, sin embargo, no es sencillo. Muchas veces puede ser más adecuado utilizar intervalos de confianza para mostrar posibles diferencias, ya que la idea de un valor medio al que se le suma y se le resta un margen de error es más intuitiva y permite una representación gráfica más entendible.

- + Modelos de regresión.
Cuando los experimentos se van complicando, hacer un modelo que intente explicar la respuesta en función de las variables independientes del experimento puede ser la mejor solución. En particular, el uso de modelos mixtos es adecuado en situaciones en las que se trabaja con datos de participantes, que se pueden considerar un factor aleatorio. Aunque la interpretación de los modelos sea compleja, es posible extraer el efecto de los factores aleatorios, de manera que pueden estudiarse las diferencias entre los niveles de los factores fijos de una manera gráfica, por ejemplo, a través de intervalos de confianza.

La selección del *software* para analizar e interpretar los resultados dependerá del objetivo del estudio, así como de la familiarización con las herramientas de análisis. A menudo, los datos se tienen en hojas de cálculo –Excel o Google Sheets–, una de las ventajas de este formato es la facilidad para compartir los resultados. La simple inspección de los valores en la hoja de cálculo, usando tablas dinámicas y creando mapas de color –*heatmaps*– ya puede dar información inicial valiosa sobre los resultados. Sin embargo, cuando se quieren realizar análisis más sofisticados se hace imprescindible usar paquetes de software estadístico especializados. En esta tesis se ha usado *Minitab* y *R*, ver Figura 5.10. En particular, el uso de *R* permite tener acceso a un gran conjunto de paquetes que implementan todas las técnicas estadísticas que pueden ser de utilidad en el campo del *data-driven design*. El entorno de trabajo *Rstudio* hace, además, muy cómodo el uso del lenguaje de programación *R*.

```

1 install.packages("tm") # for text mining
2 install.packages("Snowballc") # for text stemming
3 install.packages("wordcloud") # word-cloud generator
4 install.packages("RColorBrewer") # color palettes
5 # Load
6 library("tm")
7 library("Snowballc")
8 library("wordcloud")
9 library("RColorBrewer")
10
11 #WORLDCLLOUD MATERIAL 1
12
13 filePath <- "C:/Users/aabella/pektop/M2.txt"
14 text <- readLines(filePath)
15 # Load the data as a corpus
16 docs <- corpus(VectorSource(text))
17 #VectorSource() function creates a corpus of character vectors
18 inspect(docs)
19 # Convert the text to lower case
20 docs <- tm_map(docs, content_transformer(tolower))
21 # Remove numbers
22 docs <- tm_map(docs, removeNumbers)
23 # Remove spanish common stopwords
24 docs <- tm_map(docs, removewords, stopwords("Spanish"))
25
26 #CLUSTER KMEANS
27 library(kernlab) # kmeans
28 perfil_ambiental<- consciencia[,c(6:14)]
29 View(perfil_ambiental)
30 windows()
31 pairs(perfil_ambiental) # Plots 2 a 2
32 heatmap(as.matrix(perfil_ambiental)) # Heatmap sin escalar
33 heatmap(as.matrix(scale(perfil_ambiental))) # Heatmap escalando
34
35 #Sacar los missings dentro de los datos perfil_ambiental
36 library(mice)
37 perfil_ambiental <- complete(mice(perfil_ambiental,m=1))
38
39 #Estadístico de hopkins - para comprobar si hay clusters
40 library(clusterlend) # Hopkins index
41 set.seed(12345)
42 hop <- hopkins(perfil_ambiental, n = nrow(perfil_ambiental)-1)
43 hop # valor proximo a 0 --> Hay clusters
44 #Resultado 0.379, es relativamente próximo a 0 no hay clusters.
45 # Visualmente
46 fviz_dist(dist(perfil_ambiental))
47
48 #Mirar el número de clusters existentes
49 #Prueba 1: Regla del codo
50 fviz_nbclust(perfil_ambiental,kmeans,method="wss")
51 #Prueba 2: Mirar numero de clusters paquete NbClust

```

Figura 5.10. Ejemplo de análisis con código R.

5.3.3. Comunicación de los datos

En la última fase de la Figura 5.2. se encuentra la Comunicación. Esta etapa tiene especial importancia ya que si no todo el trabajo hecho y sus resultados se quedan en un grupo reducido de profesionales o expertos, sin poder aprovechar todo el potencial de estos y el verdadero sentido de la investigación que es compartir el conocimiento.

Para poder comunicar los datos provenientes del análisis, es importante:

- + Hacer una selección y representación de los resultados.
- + Entender cuáles son los resultados más importantes.
- + Valorar y entender las posibilidades para agrupar o destacar la información más relevante. Se pueden utilizar técnicas de clusterización.
- + Buscar inspiración para la representación gráfica de los resultados en plataformas de diseño y páginas web de creación de gráficos. Algunos ejemplos de estas son:
 - Gapminder www.gapminder.org/
 - Dataviz Project datavizproject.com/
 - Dataviz Catalogue datavizcatalogue.com/
 - Quadrigram www.quadrigram.com/
 - Data Basic databasic.io/en/
 - Word Art wordart.com/create
 - Datawrapper www.datawrapper.de/
 - Infogram infogram.com/
 - Flourish flourish.studio/
 - Kumu kumu.io/
 - Tableau www.tableau.com/
 - Generador de Gráficos www.generadordegraficos.com/graph?selected_graph=radar
 - Infografías o resúmenes explicativos extremepresentation.typepad.com/files/que-grafico-elegir.pdf
 - ayudaexcel.com/elige-el-mejor-tipo-de-grafico-en-excel-para-una-presentacion-mas-profesional/

- + Entender las tendencias respecto la visualización de la información del momento para que sea un formato actualizado.
- + Realizar gráficos y representaciones visuales de fácil comprensión. Tener en cuenta:
 - La selección de la tipología de gráfico debe ir en concordancia con los resultados a representar para poder ofrecer la máxima claridad posible.
 - La selección de colores –recordar que sea una lectura fácil para *targets* distintos, como adultos mayores o personas daltónicas–.
 - El tamaño del texto y el idioma –recordar que permita una lectura fácil a una cierta distancia y para el público objetivo–.
 - Procurar dejar un gráfico limpio, y con un fondo neutro.
 - Guardar el gráfico en un formato que se pueda editar, abrir o copiar con una calidad buena –mínimo 300 dpi– para su posterior lectura y tamaño definitivo.

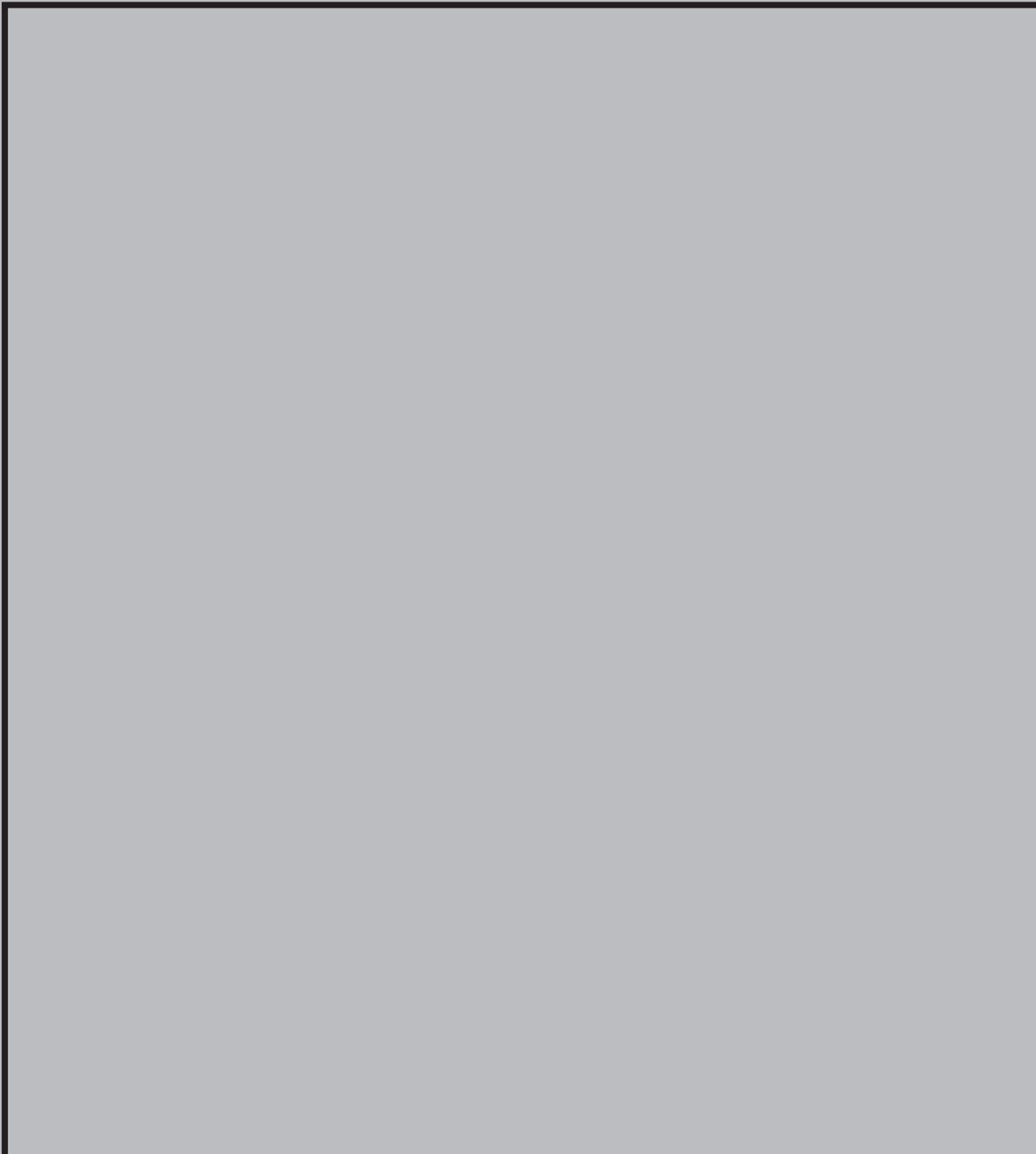
La metodología descrita anteriormente se ha utilizado durante todo el transcurso de la tesis, así como en los proyectos de investigación privados o de la propia escuela Elisava en los que se han participado. En el apartado 07. Formación y Proyectos se describen algunos de estos, los más relevantes.

5.4. Conclusión

El objetivo de este capítulo es proponer y comprender la relación entre las disciplinas de la estadística y el diseño, mediante el uso de la ingeniería estadística como base. En la propuesta de sumar este conocimiento se encuentra el *Data-Driven Design*, dónde se evidencia que la mezcla y unión del diseño y la estadística en cada una de las tres fases –recolección, análisis y comunicación– es relevante y necesaria.

En este apartado de la tesis se ha presentado los distintos elementos a tener en cuenta para desarrollar una investigación en diseño que tenga una base estadística. Dentro de cada fase se han desglosado estos requerimientos y sugerencias, así como se han citado programas y recursos para poder llevar a cabo las partes más técnicas de cada proyecto.

Para concluir, se ha demostrado el potencial y la validez de sumar conocimiento entre disciplinas, ya que esto puede fomentar una mejor práctica en ambas, y al mismo tiempo dar lugar a nuevos proyectos y colaboraciones. En el caso de la presente tesis doctoral codirigida, durante su realización han surgido otros nuevos proyectos entre ambas instituciones, como por ejemplo la jornada *We are Research: Data-Driven Design* (Elisava, 2019) que tuvo lugar el pasado 12 de diciembre del 2019, entre otras colaboraciones académicas.



06. Conclusiones

123

- 6.1. Resumen
- 6.2. Impacto de la tesis
- 6.3. Retos y limitaciones
- 6.4. Futuro de la investigación

06. Conclusiones

6.1. Resumen

A continuación se resumen las principales aportaciones de la tesis, relativas a la aplicación teórica y experimental de la ingeniería kansei en el campo del diseño desde una perspectiva de la ingeniería estadística.

En el capítulo 02. Marco Teórico de las dimensiones emocionales, se presenta la temática de diseño y emoción para comprender el estado del arte. La finalidad de este capítulo es promover la integración de las emociones durante cualquier etapa del proceso de diseño, mediante la creación de una taxonomía común, así como proporcionar recursos y herramientas. Para ello la metodología utilizada para la creación de la taxonomía es una revisión de la literatura, concretamente una revisión sistemática, con su posterior análisis y clasificación. La pregunta de investigación que se busca responder con la revisión sistemática es la siguiente: ¿Cuáles son las definiciones, teorías y herramientas de medición que se centran en las dimensiones emocionales del diseño? El proceso anterior permite la detección y recopilación de las palabras clave que hacen referencia a las emociones, los autores y las teorías, así como a las herramientas de medición más repetidas. Las palabras y las referencias del artículo se han introducido en un documento Excel, para analizar mediante clusterización y frecuencia de repetición, y se concluye en cinco dimensiones emocionales diferentes –sensación, percepción, emoción, sentimiento y afecto–. Seguidamente se ubicaron en cada dimensión emocional cada autor, teoría y herramienta de medición siguiendo una coherencia, esta organización ayuda a la comprensión, la relación y diferenciación entre conceptos. Posteriormente, para cada una de las dimensiones emocionales se presentan definiciones, teorías y herramientas de medición que pueden ser útiles para el diseño y otras disciplinas, con el fin de mejorar la comprensión entre equipos multidisciplinares. Además, se ha sintetizado la información más relevante con figuras –Figura 2.4. *Emotional Path*, Figura 2.5. *Emotional Systematization* y Figura 2.6. Mapeo preliminar de diseño y emoción–, con el objetivo de ser utilizadas como guías visuales para aplicar y facilitar

el proceso de trabajo durante las distintas fases –tanto en la investigación, como en el proceso de planificación– para promover la integración de las emociones.

En el capítulo 03. Canales de Comunicación se introducen en primer lugar las temáticas relacionadas con la educación en el contexto actual, así como los distintos formatos y metodologías; y progresivamente se entra en la educación sobre materiales. Uno de los retos actuales es conseguir transmitir la parte más sensorial de los materiales y esto depende en gran medida de la accesibilidad a las materiotecas o centros especializados, así como el canal de comunicación que se utiliza para transmitir esta información. La investigación presentada tiene la finalidad de explorar cómo la percepción de los materiales varía en función del canal de comunicación, y cómo el estilo de aprendizaje puede influir en este proceso. Se desarrolla el *workshop Perception Evaluation Kit*, a través de un estudio piloto y un caso de estudio con la finalidad de contribuir en la temática con datos e ideas.

En los primeros apartados se describen todas las variables del workshop: los canales de comunicación, los materiales, la *Perception Evaluation Card* y el test de estilos de aprendizaje. Posteriormente, se detallan los participantes y los procedimientos tanto para la prueba piloto como para el caso de estudio.

Respecto a los resultados de la prueba piloto se agrupan en tres secciones: la evaluación sensorial, el debate y el correo. Los resultados de la evaluación sensorial que los participantes asignan a cada material y canal fueron analizados con una prueba *two-way ANOVA*, de ésta se obtiene que algunas propiedades sensoriales presentan diferencias significativas entre materiales, en otras hay diferencias significativas entre canales y en algunas no hay ninguna diferencia. El debate proporciona ideas sobre las diferencias más relevantes entre canales, los desafíos de la calificación de propiedades relativas al gusto y al olor, y por último, sobre el aprendizaje en materiales. Finalmente, las respuestas del correo electrónico evidencian la importancia de las propiedades sensoriales ya que si estas llaman la atención posteriormente se recuerdan mejor.

Los resultados del caso de estudio confirman las diferencias significativas entre los canales de comunicación detectadas en la prueba piloto. En las dos tipologías de experimentos –mixto y bloqueado por persona– se han podido agrupar los resultados en función de los patrones que presentaban sus puntuaciones, destacan los que si que presentan diferencias significativas, con sus correspondientes subagrupaciones, respecto los que no. En los dos casos de experimento, los canales en los que aparecen diferencias significativas respecto el resto son el C2 y el C3, en función de la propiedad sensorial concreta.

El nivel de las respuestas no es tan diferente entre el experimento mixto respecto al experimento bloqueado, por lo que se evidencia que el hecho de ir ampliando y abriendo el canal –seguir el orden de C1, a C2 y a C3– no afecta demasiado a los resultados de percepción de las personas.

En la distribución de los estilos de aprendizaje conviven en general las tres modalidades –auditivo, visual y kinestésico– con mayor o menor peso de cada estilo de aprendizaje según la persona.

Los resultados muestran de forma evidente la preferencia del C3 –según los tres criterios–, aunque hay algunas excepciones. Por último, se realiza una prueba de Chi-cuadrado para ver la posible relación entre los estilos de aprendizaje y el canal que se percibe como más fácil para evaluar todas las propiedades –fácil–, más entretenido –entretenido– y el que más gustó para aprender sobre materiales –aprendizaje–. En el estilo de aprendizaje visual no se muestra ninguna relación estadísticamente significativa –con un nivel de significación del 5%–. En cambio, cuando el estudio se hace con los estilos de aprendizaje auditivo y kinestésico, se obtienen algunos resultados de interés.

En el capítulo 04. Herramientas de Medición en primer lugar se presentan las distintas herramientas de medición del ser humano y se clasifican en dos grupos: autoreporte y fisiológicas. Dentro de las herramientas de autoreporte se encuentran los formularios y encuestas, las entrevistas y *focus group*; por otro lado, en las herramientas fisiológicas están: el *eye tracking*, el rastreo de movimiento y posición, la actividad electrodermal, las señales cardiovasculares, la respiración, la tensión muscular y la actividad cerebral. De cada herramienta se detallan las distintas opciones disponibles en la actualidad, los requisitos de uso, así como las ventajas y desventajas. Una vez finalizada la explicación teórica de las herramientas, se expone un caso de estudio sobre la percepción de los materiales reciclados. La investigación surge de la oportunidad detectada en la literatura y con el objetivo de comprender mejor cómo los consumidores perciben los materiales reciclados con una metodología heterogénea –poco común en este campo, dónde se incluyen herramientas de autoreporte y herramientas fisiológicas–. Se considera la combinación de herramientas una oportunidad relevante para explorar su potencial en este contexto. Para ello, se

desarrolla un diseño experimental con el fin de comprender cómo los consumidores discriminan entre materiales reciclados –R– y no reciclados –NR–, así como sus preferencias, las actitudes ambientales y los hábitos de consumo. En los primeros apartados se describen los materiales y métodos, el procedimiento, las variables independientes –material y canal sensorial– y las variables dependientes –herramientas fisiológicas, test evaluación sensorial, test actitud ambiental y test hábitos de consumo–.

Respecto a los resultados de este capítulo, se usa una tabulación cruzada con una prueba de *Chi-Square* para entender la precisión de identificación según los canales y por otro lado la identificación entre materiales, los datos muestran que no hay diferencias en la precisión de identificación ni según los canales ni entre materiales.

Para la actividad electrodermal (EDA) se procesa antes del análisis con los procedimientos requeridos y se realiza un promedio por cada participante y canal sensorial. En el análisis se aplican modelos mixtos multinivel que incluyen como predictores fijos el canal, el material y su interacción, así como el orden de presentación. Se toma como condición de referencia el canal visual y el Material M1–no reciclado–, y se incluye una constante aleatoria que explica los niveles iniciales por individuo. Los datos muestran, después de eliminar el efecto aleatorio del individuo, que M3 –material reciclado que no tiene una apariencia que lo indique– provoca una mayor activación simpática en comparación con el resto de los materiales. El modelo incluye interacciones estadísticamente significativas entre los materiales y el canal de presentación: en el canal visual y visuotáctil presentan un alto nivel de EDA para M3, y un valor menor para M1. En cambio, el canal táctil muestra un comportamiento opuesto, ya que el EDA es alto para M1 y bajo para M3. Respecto las mediciones con electromiografía (EMG) no se observan efectos o interacciones significativas en los datos.

Otro de los resultados relevantes es la apreciación hedónica de los participantes sobre los materiales. Se utiliza un modelo mixto con la calificación de preferencia de cada material y con el material y el canal como variables independientes, junto con su interacción como variable dependiente y el participante como factor aleatorio. Se obtiene que la única diferencia es entre los materiales y por ello, se lleva a cabo un test *one-way* ANOVA, con los materiales como factor. El resultado indica que M3 es el material que menos gusta.

Además, se caracteriza cada uno de los materiales a través de las propiedades sensoriales, para facilitar la interpretación y se utiliza una clusterización jerárquica para agruparlas. Si se comparan las muestras, el material no reciclado se percibe como más brillante, colorido y más reflectante. En otras palabras, los materiales reciclados normalmente enfatizan las propiedades visuales, como el aspecto mate y los colores pastel y los tonos claros. Respecto a las otras propiedades, todos los materiales son percibidos de una forma bastante parecida, lo que indica que los materiales reciclados se perciben con la misma calidad que el resto.

Por último, para evaluar y entender la conciencia ambiental y su posible relación con los hábitos de consumo se extrae una nota de cada uno de los participantes, a través de los distintos tests. Se grafica mediante un *Scatterplot* la puntuación de los hábitos de consumo *versus* la puntuación de la actitud ambiental de los participantes, con un coeficiente de correlación de 0.029 se puede observar que no hay ningún tipo de correlación entre las dos variables. Además, este resultado es el mismo cuando se estratifica por sexo o grupo etario. La actitud ambiental y los hábitos de consumo no afectan en la precisión durante la identificación de los materiales. En el último apartado del capítulo se proporcionan recomendaciones para los diseñadores y empresas basados en los resultados obtenidos de la investigación sobre percepción.

Seguidamente, en el capítulo 05. Estadística y Diseño, se debate sobre la relación entre las dos disciplinas. Se detallan la ingeniería estadística y el *Data-Driven Design* como puntos de confluencia entre estas y como ejemplo de unión entre conocimientos para fortalecer las dos prácticas. En la Figura 5.2 se plantea la implicación de la estadística y el diseño en cada una de las fases del proceso de *Data-Driven Design*: recolección, análisis y comunicación. Por último, se presenta el *Data Collection Toolkit*: metodologías, recursos y herramientas para los diseñadores con el objetivo de promover una mejor práctica en el diseño experimental en la investigación a través del diseño. Se detallan en cada una de las fases los requerimientos y pasos a tener en cuenta para intentar tener un experimento con la mayor validez posible. En la primera fase, Recolección de datos, se habla de los siguientes elementos: el contexto –espacio y tiempo–, la muestra de participantes, el diseño experimental con su validación y las pruebas piloto. En la segunda fase, análisis de datos, las explicaciones se centran en: los procesos de preprocesado de datos y los análisis de datos más comunes en el ámbito del diseño. En la última fase, Comunicación, se especifican los pasos y se sugieren recursos para la inspiración y creación de gráficos. Este capítulo cierra las

contribuciones de la investigación realizada en la actual tesis doctoral, y pretende posicionar las perspectivas de las dos disciplinas, así como su relación.

6.2. Impacto de la tesis

Una parte relevante de toda investigación es el impacto y la comunicación de los resultados. La presente tesis tiene parte de los contenidos publicados en revistas científicas, *proceedings* de congresos y ponencias. A continuación, se detalla por orden temporal la información sobre estas participaciones.

En primer lugar, se muestran los artículos científicos o los capítulos en libros:

- + Abella, A., Clèries, L., y Marco-Almagro, L. (2019). Mapeo preliminar de diseño y emoción: convergencias para la conciencia social y ambiental. *Academia XXII*, 10(19), 100-121. <http://dx.doi.org/10.22201/fa.2007252Xp.2019.19.69890>
- + Cortés Sáenz D., Díaz Domínguez C.E., Llorach-Massana P., Abella Garcia, A. y Hernández Arellano J.L. (2019) A Series of Recommendations for Industrial Design Conceptualizing Based on Emotional Design. En Cortés-Robles G., García-Alcaraz J., Alor-Hernández G. (eds) *Managing Innovation in Highly Restrictive Environments. Lessons from Latin America and Emerging Markets* (pp. 167-178). Management and Industrial Engineering. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93716-8>
- + Araya, M.J., Abella, A., Guasch, R, Estevez, A. y J. Peña. (2019). Emotional Analogous Data: Interacción en el Espacio Laboral. En F. Encias, G. Arce y P. Fuentes (eds.), *Actas Congreso Intersecciones 2018: III Congreso Interdisciplinario de Investigación en Arquitectura, Diseño, Ciudad y Territorio* (pp. 718-733). Santiago, Chile.
- + Abella Garcia, A., Araya León, M. J., Clèries Garcia, L., y Marco-Almagro, L. (2019). Perception evaluation kit: a case study with materials. *International Journal of Design Education*, 13(4), 69-88. <https://doi.org/10.18848/2325-128X/CGP/v13i04/69-88>
- + Abella Garcia, A., Clèries Garcia, L., y Marco-Almagro, L. (2020). Framework of Emotional Dimensions: Definitions, Theories, and Measuring Tools for Design. *The International Journal of Design Management and Professional Practice*, 13(3), 13-29. <https://doi.org/10.18848/2325-162X/CGP/v13i03/13-29>
- + Abella, A., Llorach-Massana, P., Pereda-Baños, A., Marco-Almagro, L., Barrera-Ángeles, M. y Clèries, L. (2020). Social perception of recycled plastics for improved consumer acceptance. *Journal of Cleaner Production*. En proceso de revisión.
- + Abella, A., Araya, M. J., Marco-Almagro, L. y Clèries, L. (2020). Perception Evaluation Kit. *International Journal of Technology and Design Education*. En proceso de envío

Seguidamente se detallan las presentaciones en congresos, seminarios y conferencias:

- + Abella, A., Clèries, L., y Marco-Almagro, L. (Marzo de 2018). Mapeo preliminar de diseño y emoción: convergencias para la conciencia social y ambiental. En D. Bedolla (Presidencia), *3o Seminario de la Red Académica de Diseño y Emociones: Diseño Emocional con Conciencia Social y Ambiental*. Seminario llevado a cabo en la Ciudad de México, México.
- + Abella, A., Araya, M. J., Clèries, L. y Marco-Almagro, L. (Marzo de 2018). Perception Evaluation Kit: A case study with materials. En L. Di Lucchio, L. Imbesi y A. Mazzeo (Presidencia), *The Twelfth International Conference on Design Principles & Practices*. Congreso llevado a cabo en Barcelona, España.

- + Araya, M.J., Abella, A., Guasch, R, Estevez, A. y J. Peña. (Diciembre de 2018). Emotional Analogous Data: Interacción en el Espacio Laboral. En F. Encinas, G. Arze y P. Fuentes (Presidencia), *Intersecciones: III Congreso Interdisciplinario de Investigación en Arquitectura, Diseño, Ciudad y Territorio*. Congreso llevado a cabo en Santiago, Chile.
- + Abella, A., Araya, M. J., Clèries, L. y Marco-Almagro, L. (Noviembre de 2019). Perception Evaluation Kit: Interacción entre los materiales y los usuarios en espacios hoteleros. En CENFIM (Presidencia), *Interihotel BCN19*. Congreso llevado a cabo en Barcelona, España.
- + Abella, A., Clèries, L. y Marco-Almagro, L. (Enero de 2020). Ingeniería Kansei en el ámbito del diseño: una perspectiva desde la ingeniería estadística. En Barcelona Centro de Diseño (Presidencia), *Ciclo INSIDE sobre el bienestar*. Congreso llevado a cabo en Barcelona, España.

6.3. Retos y limitaciones

En el transcurso de la tesis han surgido distintos retos así como limitaciones, que se han ido trabajando y resolviendo de forma creativa. A continuación se destacan las más notables.

Desde el inicio de la tesis, se ha hecho un esfuerzo para aplicar de forma equitativa las dos disciplinas que están presentes, la estadística y el diseño. Han sido necesarias distintas reuniones para alinear los objetivos y las perspectivas o visiones con un objetivo común. Además, tal como se sugirió en la evaluación de la presentación del plan de investigación, las formaciones han sido fundamentales para adquirir nuevo conocimiento técnico en el área de la estadística que sirva de base para la correcta realización de la tesis.

Respecto a los diseños experimentales, algunos de los procesos de recolección de datos para los casos de estudio se han enmarcado en una conferencia o una asignatura. Por lo tanto, éstas en ocasiones conllevan unas limitaciones en cuanto a horario, duración y lugar. También del número de participantes, ya que sólo se puede asegurar la cantidad de usuarios justo al inicio de la actividad. Por consiguiente, uno de los retos de la tesis ha sido adaptar los recursos necesarios para realizar una buena recolección en las distintas condiciones.

En alguno de los diseños de experimentos se han incorporado herramientas fisiológicas que previamente han implicado una formación y la realización de pruebas piloto, así como la colaboración entre centros de investigación. El preprocesado de los datos y la comprensión de los valores finales son complejos e implica una experiencia elevada.

En ocasiones la metodología de diseño experimental ha sido compleja, combinando las herramientas fisiológicas con cuestionarios, para captar las respuestas emocionales de los participantes. En este tipo de experimentos se han abarcado una gran cantidad de datos y variables, que alguna vez podría haberse optimizado. Ha sido necesario un gran control y una buena gestión para llevarlo a cabo de la forma más correcta y como inicialmente se ha previsto. Por otro lado, si se utilizan muchos factores diferentes en el experimento puede suceder que el número de participantes por cada grupo experimental finalmente sea bajo y se reduzca el potencial del experimento. Una forma de solucionar este reto es usar más participantes o disminuir el número de variables de estratificación. Es decir, la complejidad y la gestión del diseño experimental ha sido un reto constante durante toda la investigación.

Los estímulos para captar las respuestas emocionales de los participantes han sido los materiales. La selección de las muestras de estos materiales para cada caso de estudio ha requerido adaptar y seleccionar los criterios más idóneos. Asimismo, la gestión de varias muestras de cada material –contactar con los proveedores y la adquisición de éstas– para que distintos participantes puedan interactuar simultáneamente. Alguna vez, la selección inicial de muestras no ha propiciado que en los resultados se haya detectado una señal extremadamente diferente dificultando el análisis, así como la exploración de las diferencias significativas. En otras ocasiones, los materiales se han tratado como efecto aleatorio para poder analizar mejor la diferencia entre canales, sin tener en cuenta las diferencias entre las propiedades sensoriales intrínsecas de cada material.

En general, al inicio de este trabajo se tenía la ambición de conseguir resultados que fueran totalmente generalizables. Es decir, se pretendía descubrir si los canales de presentación de los estímulos en un estudio afectan en general a la percepción de los usuarios, o comprender si el uso

combinado de herramientas de medición autoreportadas y fisiológicas podía mejorar el entendimiento de la percepción de los estímulos. Después de haber trabajado con los casos de estudio presentados en esta tesis se llega a la conclusión que no es posible generalizar los resultados a cualquier campo de estudio. Las conclusiones son válidas en el campo de trabajo de materiales, que se ha utilizado como hilo conductor de toda la tesis, pero no es evidente que las conclusiones se puedan transferir directamente a campos de estudio muy distantes. Por ejemplo, el hecho que no se haya obtenido ninguna información del EMG al trabajar con los materiales del estudio no puede llevar a la conclusión que nunca el EMG dará información útil: quizás con otro tipo de estímulos, o incluso también con otros materiales muy diferentes de los usados, el EMG podría aportar información interesante. Este hecho evidencia la relevancia de la investigación y la experimentación en estos ámbitos híbridos de conocimiento.

De cada una de las limitaciones, de los retos y los resultados se ha obtenido un conocimiento, así como una posible propuesta de mejora. En el siguiente apartado se detallan algunas de las ideas de mejora más relevantes.

6.4. Futuro de la investigación

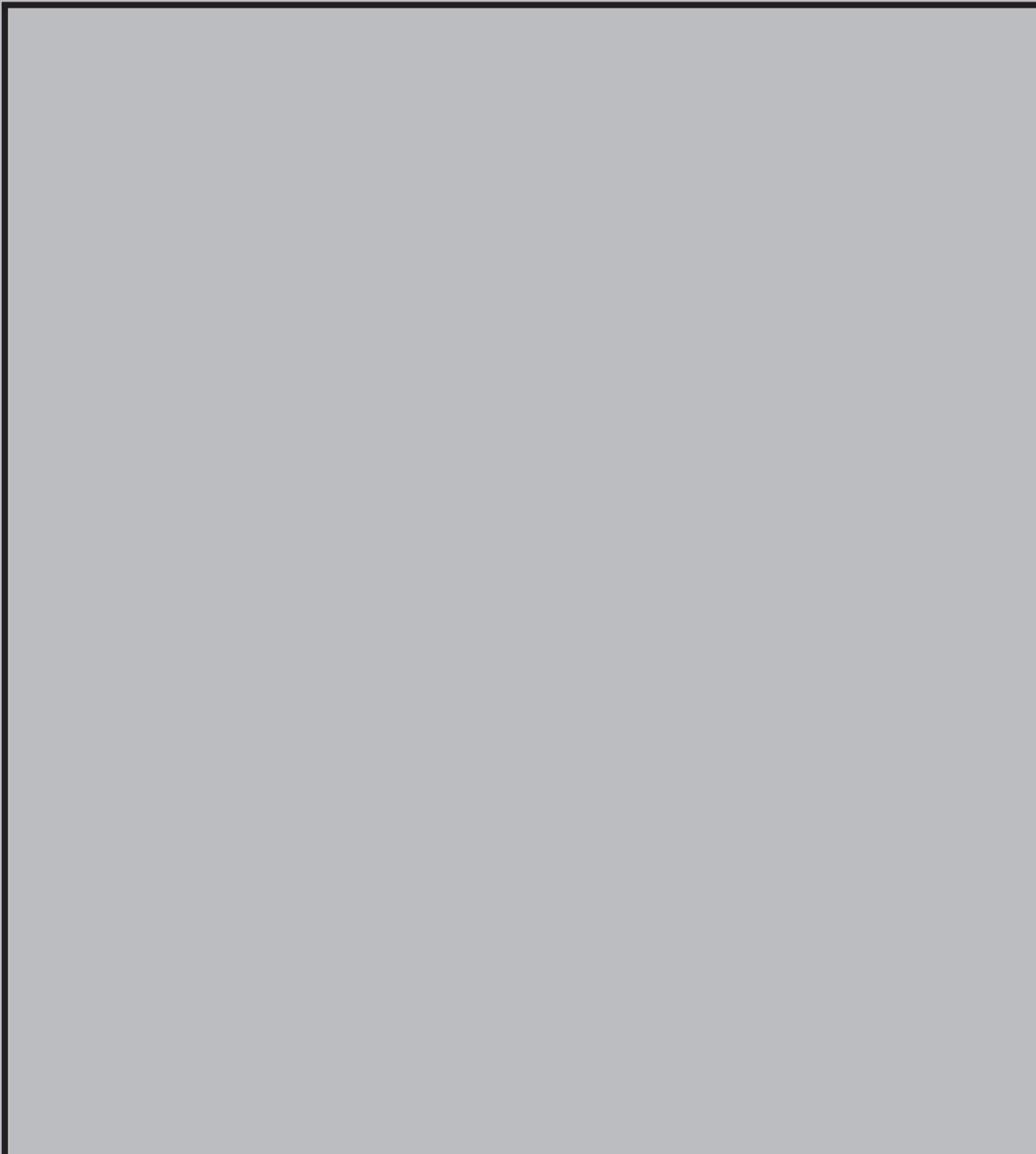
En primer lugar, en el futuro sería interesante realizar nuevos casos de estudio aplicando las mejoras y nuevas oportunidades que se han detectado durante la presente investigación. Se podría trabajar con un diseño experimental más simple y con materiales que provoquen reacciones de estímulo más extremas. Además, se ha detectado como oportunidad la exploración y combinación de otras herramientas fisiológicas para medir y comprender paso a paso qué diseños y materiales agregan el mayor valor a este tipo de experimentos. Estas acciones pueden ayudar a detectar una mayor diferencia entre reacciones en la medida de lo posible. Por otro lado, siempre resulta interesante realizar nuevos estudios con un número elevado de participantes, para ir validando y comparando los resultados.

En cuanto a los recursos desarrollados, como el *Perception Evaluation Kit*, y las metodologías de diseño experimental se pueden replicar en otros contextos o áreas de conocimiento. Por ejemplo, la metodología del capítulo 03. Canales de Comunicación, aplicada en este caso en la educación sobre los materiales, se podría implementar la investigación a otra áreas educativas y de transmisión de conocimiento. Con la finalidad de comprender el mejor canal o la combinación de estos canales para facilitar la adquisición del conocimiento de manera efectiva, teniendo en cuenta los formatos nuevos y emergentes, como videos con mejor calidad de imagen y sonido, la realidad virtual y las simulaciones del contexto real. Por otro lado, el conocimiento y la metodología del capítulo 04. Herramientas de Medición se podría llevar a la investigación sobre sostenibilidad y materiales, como por ejemplo para comprender la percepción de los bioplásticos, con el objetivo de crear recursos e información valiosos que los diseñadores puedan tener en cuenta durante el proceso creativo. Destacar el uso y la buena aceptación de las actividades relacionadas con el *Perception Evaluation Kit* en otros ámbitos y proyectos, para promover y potenciar su uso.

En el capítulo 05. Estadística y Diseño se presenta el *Data Collection Toolkit*, una de las posibilidades en el futuro sería desarrollar este recurso en un formato físico que permita la interacción y al mismo tiempo, con una metodología amena, favorecer la formación en estadística entre los diseñadores.

Por último, se ha detectado e identificado otra línea de investigación que sería interesante explorar en un futuro para enriquecer la disciplina de la ingeniería kansei y actualizarla en el contexto actual. Se trata del contexto, como elemento y parámetro relevante dentro de las investigaciones. El objetivo es comprender cómo afecta el contexto a la evaluación y reacción emocional ante un diseño, y para ello, la idea sería comparar las dos tipologías de laboratorio o centros de investigación que existen o se podrían configurar en la actualidad: el laboratorio como centro aislado de investigación o el laboratorio *on body* –mediante el uso de herramientas que permitan medir en situaciones de uso real, y no en un contexto artificial o inducido–. A través de esta comparación se podría observar las posibles diferencias de uso en los contextos reales del diseño *versus* en los contextos de laboratorio o centro de pruebas.

Para concluir, el fin de esta tesis doctoral es promover la aplicación de la ingeniería kansei en el diseño, para ello se han tratado distintas temáticas de manera tangencial –la educación, los materiales, la sostenibilidad, entre otros–. Los resultados presentados pretenden ser una pequeña y útil aportación en la investigación en este ámbito y en los temas tratados.



07. Formación y Proyectos

133

7.1. Formación

7.1.1. Asignaturas

7.1.2. Cursos

7.1.3. Congresos

7.1.4. Estancia de investigación

7.2. Proyectos

7.2.1. *Workshops*

7.2.1.1. *Perception Evaluation Kit workshop* en interihotel 2019

7.2.1.2. *Perception Evaluation Kit workshop* en INSIDE

7.2.2. Proyectos privados de investigación

7.2.2.1. Cosentino

7.2.2.2. Living Lab

7.2.2.3. PMMT

7.2.3. Proyectos académicos

7.2.3.1. Trabajos de final de grado

7.2.3.2. Clases

07. Formación y Proyectos

7.1. Formación

Una de las partes importantes de la tesis doctoral es formarse durante el proceso, mediante el aprendizaje de nuevos conocimientos en contextos educativos muy diversos. A continuación, se detallan las asignaturas, los cursos, las conferencias y la estancia de investigación que se ha realizado durante estos años.



Figura 7.1. Vestíbulo de la Aalto University.

7.1.1. Asignaturas

Las asignaturas que se presentan seguidamente forman parte de la formación universitaria y tienen una asignación de créditos que computa dentro del expediente académico.

Estadística

- + Conocimiento aprendido: introducción a la estadística, variabilidad, distribuciones de probabilidad, combinaciones lineales de variables aleatorias, estimación puntual y por intervalos, contraste de hipótesis, comparación de dos tratamientos, análisis de la varianza, regresión simple y múltiple, modelo lineal y calidad de los datos. Uso del programa *Minitab*.
- + Grado: Grado en Ingeniería industrial
- + Universidad: Universidad Politécnica de Cataluña
- + Créditos: 6 ECTS
- + Año de realización: 2017-2018

Técnicas cuantitativas de marketing

- + Conocimiento aprendido: análisis factoriales descriptivos (ADF) y clasificación, *missings* en ADF, análisis factoriales múltiples (AFM), clusterización supervisada y no supervisada, análisis conjunto, análisis sensométrico y holístico, análisis textual. Uso del programa *Rstudio*.
- + Máster: Máster Interuniversitario en Estadística e Investigación Operativa (MESIO)
- + Universidad: Universidad Politécnica de Cataluña y Universidad de Barcelona
- + Créditos: 5 ECTS
- + Año de realización: 2018-2019

7.1.2. Cursos

Los cursos tienen una duración más corta que las asignaturas, y se han realizado para complementar la formación principal. Se presentan ordenados por año/curso académico.

2017-2018

Web of Science

- + Institución formadora: Universidad Politécnica de Cataluña
- + Duración: 1h30

Scopus

- + Institución formadora: Universidad Politécnica de Cataluña
- + Duración: 1h30

Gestores de referencias bibliográficas Mendeley institucional

- + Institución formadora: Universidad Politécnica de Cataluña
- + Duración: 3h

Taller para investigadores: publicar artículos y libros científicos con Springer

- + Institución formadora: Universidad Politécnica de Cataluña
- + Duración: 1h30

Herramientas para la visualización de datos: convierte la información en conocimiento

- + Institución formadora: Barcelona Activa
- + Duración: 4h

Data Visualization – Summer School

- + Institución formadora: Universidad Politécnica de Cataluña
- + Duración: 15h

2018-2019

- Introducción a R, visualización gráfica y Big Data
- + Institución formadora: Barcelona Activa
 - + Duración: 8h

Introduction to R

- + Institución formadora: Data Camp
- + Duración: 4h

Excel, tablas dinámicas

- + Institución formadora: Elisava, Escuela Universitaria de Diseño e Ingeniería de Barcelona
- + Duración: 4h

Técnicas clave de investigación en diseño e introducción a la filosofía de la tecnología

- + Institución formadora: Elisava, Escuela Universitaria de Diseño e Ingeniería de Barcelona
- + Duración: 16h

Elabora tu tesis doctoral, parte 2

- + Institución formadora: Universidad Politécnica de Cataluña
- + Duración: 3h

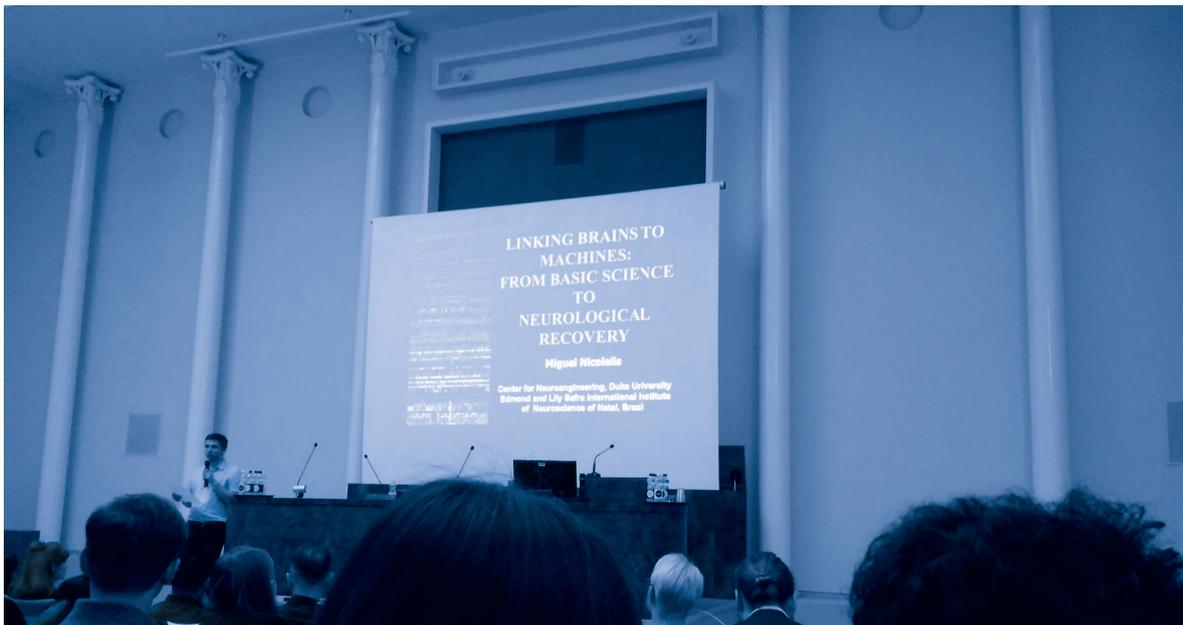


Figura 7.2. Formación del *Brain & Mind Symposium* 2019.



Figura 7.3. Conferencia dentro de la *Helsinki Design Week*.

7.1.3. Congresos

La asistencia a congresos ya sea como ponente o asistente permite tener una visión de otras investigaciones que se están llevando a cabo sobre la temática de interés. Así como conocer otros investigadores y/o profesores, es decir, hay un intercambio de conocimiento y al mismo tiempo pueden surgir nuevas oportunidades de proyectos. Los congresos asistidos son los siguientes:

- + *European Symposium on Kansei* – Eindhoven. Abril 2017.
- + *Forum Future is Now, Norman Foster Foundation* – Madrid. Abril 2017.
- + *Tecnologia i Humanitats: llums i ombres* – Andorra. Septiembre 2017.
- + 2as Jornadas Diseño para vivir. El diseño como transmisor de conocimiento – Barcelona. Octubre 2017.
- + Ergonomía sensorial en Retail – Barcelona. Noviembre 2017.
- + *12th Conference on Design Principles & Practices* – Barcelona. Marzo 2018.
- + 3r Seminario de la Red Académica de Diseño y Emociones – México. Marzo 2018.
- + *Helsinki Design Week* – Helsinki. Septiembre 2018.
- + IV Jornada de Creatividad y Tendencias: emoción y la experiencia multisensorial – Barcelona. Abril 2019.
- + *Connecting Advanced Materials & Design: WELLBEING* de la tendencia a la oportunidad real de negocio – Barcelona. Junio 2019.
- + 4º Seminario Internacional de la Red Académica de Diseño y Emociones – México. Marzo 2020.



Figura 7.4. Visita al Think corner de la University of Helsinki.

7.1.4. Estancias de investigación

En el segundo año del doctorado se llevó a cabo una estancia de investigación de tres semanas en el departamento *Cicero Learning* de la *University of Helsinki*. La Dra. Mari Tervaniemi y la Dra. Minna Huotilainen prepararon una serie de actividades, visitas en laboratorios, reuniones con otros profesores de la universidad e investigadores y seguimiento de la tesis, centrado en el aprendizaje de herramientas de medición fisiológicas y el contexto educativo. Entre estas destacar:

- + *Aalto Design Research: Fasttalk SuperDay - Helsinki Design Week.*
- + *What about Learning Spaces? Design to add value to learning - Helsinki Design Week.*
- + Sesiones de formación de la herramienta de medición EEG y de análisis de los datos
- + Asistencia al *Music and Brain seminar.*
- + Visita al *ANS Lab.*
- + Asistencia al *Brain & Mind Symposium 2018.*
- + Reunión y visita con los investigadores del Proyecto HUMEX¹.
- + Reunión con el investigador Dr. Ben Cowi, autor del libro *The Psychophysiology Primer: A Guide to Methods and a Broad Review with a Focus on Human-Computer Interaction* citado a lo largo del presente documento.
- + Reuniones de trabajo con la estudiante de doctorado Elena Comincioli, la profesora Dra. Kaiju Kangas y la investigadora Dra. Noelia Martínez para compartir ideas, así como orientación de la tesis.

¹ <https://www.facebook.com/humexproject/>

7.2. Proyectos

Como se ha comentado anteriormente, durante el desarrollo de la tesis doctoral y conforme se ha ido adquiriendo práctica y experiencia, se han llevado a cabo otros proyectos de investigación con otras instituciones, así como proyectos académicos. Todos ellos comparten la temática de la percepción de los materiales y/o la medición de las emociones, así como la metodología usada *Data-Driven Design* –descrita en el capítulo 4. Estadística y Diseño–. Es decir, se ha seguido la metodología y las recomendaciones mencionadas, en cada uno de los proyectos que se describen a continuación.

7.2.1. Workshops

Fruto de la investigación realizada en el capítulo 2, Canales de Comunicación, el workshop *Perception Evaluation Kit* y su metodología han sido testeados y experimentados en otros contextos. Por lo tanto, el workshop ha cogido entidad por sí mismo. A continuación, se muestran dos eventos en los que se ha presentado una actividad relacionada con el workshop: interihotel 2019 y ciclo INSIDE del BCD.

7.2.1.1. Perception Evaluation Kit workshop en interihotel 2019

- + Título actividad: *Perception Evaluation Kit*: Interacción entre los materiales y los usuarios en espacios hoteleros.
- + Lugar: CCIB – Centro de Convenciones Internacional Barcelona
- + Día del evento: 22 de noviembre del 2019.
- + Descripción: Taller teórico y práctico sobre los materiales que conforman el entorno y su afectación en la percepción, las emociones y el bienestar de los usuarios. Uso de la herramienta de evaluación subjetiva *Perception Evaluation Kit*, en distintos productos y/o materiales que se utilizan en el entorno hotelero.
- + Enlace del evento:
<https://www.interihotel.com/actividades/taller/perception-evaluation-kit-interaccion-entre-los-materiales-y-los-usuarios-en-espacios-hoteleros>

7.2.1.2. Perception Evaluation Kit workshop en INSIDE

- + Título actividad: *Perception Evaluation Kit*: Interacción entre materiales y usuarios.
- + Lugar: Elisava, Escuela Universitaria de Diseño e Ingeniería de Barcelona.
- + Día del evento: 24 de enero del 2020.
- + Descripción: Taller práctico sobre los materiales que conforman el entorno y su afectación en la percepción, las emociones y el bienestar de los usuarios. Uso de la herramienta de evaluación subjetiva *Perception Evaluation Kit* en distintas muestras de materiales.
- + Enlace del evento:
<https://www.facebook.com/events/elisava-escola-universitaria-de-diseny-i-enginyeria-de-barcelona/com-la-investigaci%C3%B3-en-well-being-pot-sumar-al-teu-negoci/478909489664435/>



Figura 7.5. *Perception Evaluation Kit* en interihotel BCN19.



Figura 7.6. *Perception Evaluation Kit* en el ciclo INSIDE sobre bienestar.

7.2.2. Proyectos privados de investigación

Los proyectos privados de investigación que se han desarrollado en paralelo siempre han tenido una relación con la temática de la tesis para aportar un *win-win*. A continuación, se presentan los tres más relevantes y extensos.

7.2.2.1. Cosentino

- + Título del proyecto: *Surface Design Lab*.
- + Descripción: Investigación e implementación piloto de nuevas metodologías y procesos creativos dentro de Cosentino para garantizar una penetración exitosa en el mercado.
- + Equipo: Gastón Lisak, Javier Navarro y Ainoa Abella.
- + Implicación en el proyecto: Orientación en el diseño de los recursos para la recolección de datos y análisis estadístico de los resultados.

7.2.2.2. Living Lab

- + Título del proyecto: *Decoding Efficient Interiors – Living Lab by CENFIM*.
- + Descripción: Validación de espacios de interiorismo, establecimientos turísticos, por parte de sus gestores y clientes –turistas– utilizando técnicas de medición del comportamiento del usuario.
- + Equipo: Dra. Anna Maria del Corral, Maria Araya y Ainoa Abella.
- + Implicación en el proyecto: Orientación en la parte de las dimensiones emocionales, colaboración en el diseño experimental y análisis estadístico de los resultados.

7.2.2.3. PMMT

- + Título del proyecto: El Hospital del Futuro.
- + Descripción: Proyecto de innovación para definir nuevos parámetros del hospital del futuro, a través de un enfoque disruptivo. Se proporciona apoyo científico basado en eventos actuales, para observar el desarrollo científico actual de PMMT, a fin de evaluar y fortalecer sus líneas en este nuevo enfoque.
- + Equipo: Dr. Ricardo Guasch, Maria Araya, Dra. Laura Clèries y Ainoa Abella.
- + Implicación en el proyecto: Orientación en el diseño experimental, colaboración en los recursos de recolección de datos y análisis estadístico de los resultados.

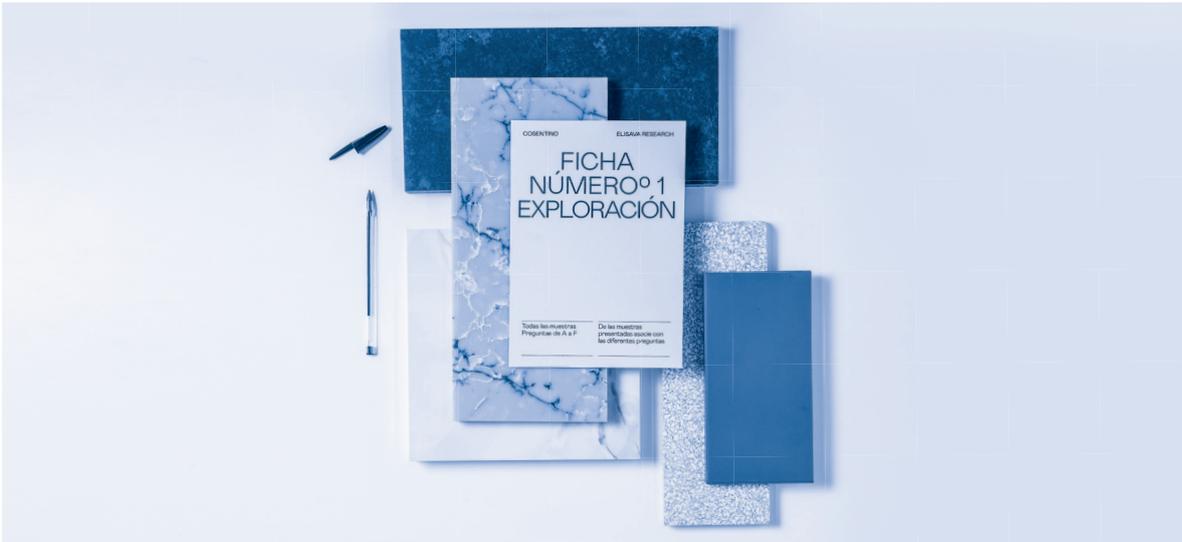


Figura 7.7. Materiales para la exploración con la ficha de evaluación.



Figura 7.8. Espacio de medición en Interihotel BCN19.



Figura 7.9. Sesión de recolección de datos.



Figura 7.10. Sesión interactiva en Materfad

7.2.3. Proyectos académicos

Durante el transcurso de la tesis, también se han transmitido y compartido parte de los hallazgos de la investigación a través de proyectos académicos. Se pueden diferenciar dos tipologías: trabajos finales de grado y clases que forman parte de alguna asignatura concreta.

7.2.3.1. Trabajos de final de grado

- + Universidad: Elisava, Escuela Universitaria de Diseño e Ingeniería de Barcelona.
- + Conocimientos compartidos: Las dimensiones emocionales –ver sección 02–, la percepción de los materiales según el canal –ver sección 03– y las herramientas de medición de la percepción –ver sección 04–.
- + Proyectos de trabajo final de grado: cotutorización en *Emotions and Recycled Materials* y una asesoría puntual en SEAT la movilidad del futuro.

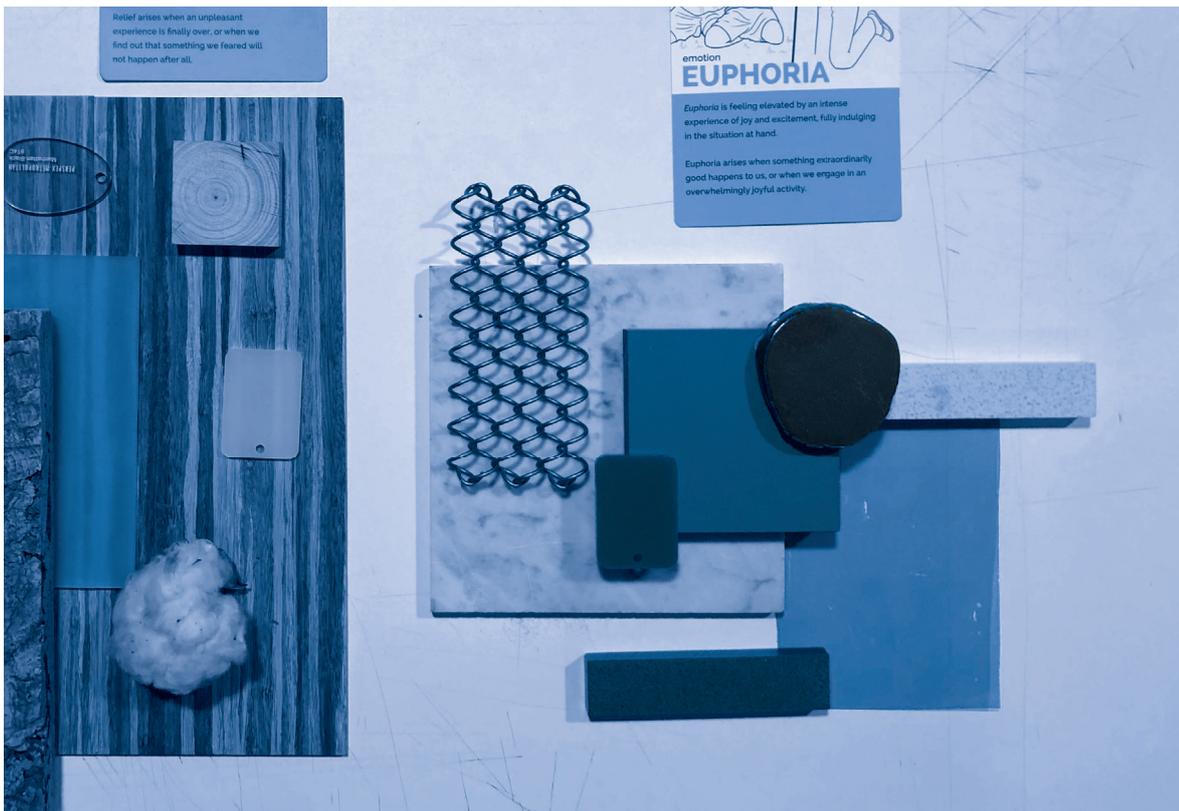
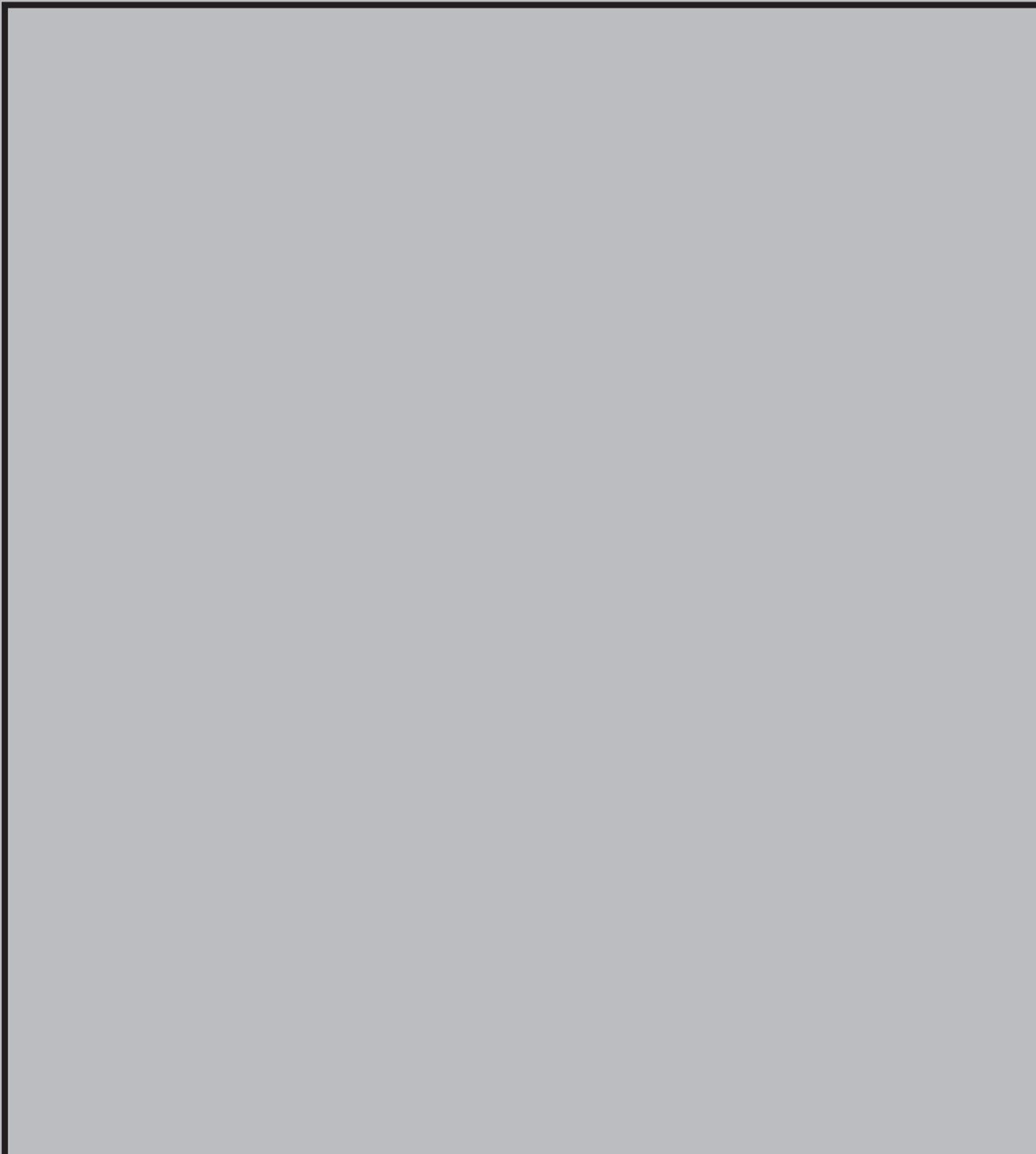


Figura 7.11. Sesión en el *Master in Design through New Materials*.

7.2.3.2. Clases

- + Universidad: Elisava, Escuela Universitaria de Diseño e Ingeniería de Barcelona y Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).
- + Conocimientos compartidos: Las dimensiones emocionales – ver sección 02–, la percepción de los materiales según el canal –ver sección 03– y las herramientas de medición de la percepción –ver sección 04–.
- + Asignaturas:
 - Física de Materiales y Metodología en ingeniería en Diseño de Producto del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial – Elisava.
 - Materia y Ciencia, asignatura del antiguo plan de estudios, del Grado en Diseño – Elisava.
 - *Master in Design through New Materials* y *Master in Interior Design* – Elisava.
 - Maestría en Diseño y Desarrollo del Producto – UACJ.



08. Bibliografía

147

08. Bibliografía

Abella Garcia, A., Araya M.J., Clèries, L. y Marco-Almagro, Ll. (2019). Perception Evaluation Kit: A Case Study with Materials. *The International Journal of Design Education*, 13(4), 69-88. <https://doi.org/10.18848/2325-128X/CGP/v13i04/69-88>.

Abella Garcia, A., Clèries, L. y Marco-Almagro, Ll. (2020). Framework of Emotional Dimensions: Definitions, Theories, and Measuring Tools for Design. *The International Journal of Design Management and Professional Practice*, 13(3), 13-29. <https://doi.org/10.18848/2325-162x/cgp/v13i03/13-29>.

Álvarez, M. (2019). *Deconstruyendo la Felicidad: Cómo Mezclar los Ingredientes para una Vida Feliz*. Barcelona: Alienta Editorial.

Aoto, T., & Ohkura, M. (2007). Study on Usage of Biological Signal to Evaluate Kansei of a System. Proceedings of the 1st International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2007.

Aumer-Ryan, P. (2005). Understanding Emotional Design: Origins, Concepts, and Implications. Trabajo presentado en *INF 381*, Texas, Estados Unidos.

Ayas, E., Eklund, J. y Ishihara, S. (2008). Affective Design of Waiting Areas in Primary Healthcare. *The TQM Journal*, 20(4), 389-408. <https://doi.org/10.1108/17542730810881366>.

Babbie, E. (1990). *Survey Research Methods*. Belmont: Wadsworth Publishing.

Bandini Buti, L., Bisson, M., Boeri, C., Gellini, G. y Zingale, S. (2010). *Progetto & Multisensorialità: Come gli Oggetti Sono e Come ci Appaiono*. Milán: FrancoAngeli.

Bau, O. y Poupyrev, I. (2012). REVEL: Tactile Feedback Technology for Augmented Reality. *ACM Transactions on Graphics*, 31(4), 89:1-89:11. <http://doi.acm.org/10.1145/2185520.2185585>.

- Bedolla Pereda, D. (2018). *Emociones y Diseño: Sensaciones, Percepciones y Deseos*. México: Designio.
- Bencina, R., Wilde, D. y Langley, S. (2008). Gesture = Sound Experiments: Process and Mappings. *NIME*, 197-202.
- Bisquerra, R. (2016). *Universo de Emociones*. Valencia: PalauGea.
- Bonwell, C. C. y Eison, J.A. (1991). *Active Learning; Creating Excitement in the Classroom*. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1. Washington, D.C.: The George Washington University, School of Education and Human Development.
- Boucsein, W., Fowles, D.C., Grimnes, S., Ben-Shakhar, G., Roth, W.T., Dawson, M.E. y Filion, D.L. (2012). Publication Recommendations for Electrodermal Measurements. *Psychophysiology*, 49(8), 1017-1034. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01384.x>.
- Boundless. (2016). *Mapping the Primary Somatosensory Area*. Recuperado 15 de abril de 2020, de <http://oer2go.org/mods/en-boundless/www.boundless.com/physiology/textbooks/boundless-anatomy-and-physiology-textbook/peripheral-nervous-system-13/the-somatosensory-system-129/mapping-the-primary-somatosensory-area-693-7462/index.html>.
- Bradley, M. M. y Lang, P. J. (1994). Measuring Emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49-59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9).
- Brady, S., Dunne, L.E., Tynan, R., Diamond, D., Smyth, B. y O'Hare, G. (2005). Garment-based Monitoring of Respiration Rate using a Foam Pressure Sensor. *Proceedings of the Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers*, 214-215. <https://doi.org/10.1109/ISWC.2005.23>.
- Businessballs. (2019). *VAK Learning Styles*. Recuperado 17 de abril de 2020, de <https://www.businessballs.com/self-awareness/vak-learning-styles-self-test/#vak-learning-styles>.
- Cacioppo, J.T., Bernston, G.G., Larsen, J.T., Poehlmann, K.M. y Ito, T.A. (2000). The Psychophysiology of Emotion. En M. Lewis y J.M. Haviland-Jones (Eds.), *Handbook of Emotions* (pp.173-191). Nueva York: The Guilford Press.
- Calvillo Cortés, A.B. y Falcón Morales, L.E. (2016). Emotions and the Urban Lighting Environment: A Cross-Cultural Comparison. *SAGE Open*, 6(1), 2158244016629708. <https://doi.org/10.1177/2158244016629708>.
- Camere, S. y Karana, E. (2018). Experiential characterization of materials: Toward a toolkit. Trabajo presentado en *the Design Research Society 2018 Catalyst*, Limerick, Irlanda.
- Carpintería Plástica (s.f.). *PlastiTablas 1ra. Reciclado de Bote Alta Densidad*. Recuperado 15 de abril de 2020, de <https://www.carpinteriaplastica.com.mx/plasti-tablas-1ra-y-2da/>.
- Centro Studi Assaggiatori. (2012). *Sensory Box Explorer*. Recuperado 15 de abril de 2020, de <http://shop.assaggiatori.com/en/Library//Sensory-Box-Explorer.html>.
- Chapman, J. (2015). *Emotionally Durable Design: Objects, Experiences and Empathy*. Nueva York: Routledge.
- Chen, M. C., Chang, K. C., Hsu, C. L., y Xiao, J. H. (2015). Applying a Kansei Engineering-based Logistics Service Design Approach to Developing International Express Services. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(6), 618-646. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-10-2013-0251>.

- Choi, K. H., Kim, J., Kwon, O. S., Kim, M. J., Ryu, Y. H. y Park, J. E. (2017). Is Heart Rate Variability (HRV) an Adequate Tool for Evaluation Human Emotions? – A Focus on the Use of the International Affective Picture System (IAPS). *Psychiatry Research*, 251, 192-196. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2017.02.025>.
- Cid, F. M., Suazo, A. G., Ferro, E. F. y Aguilera González, J. (2012). Estilos de Aprendizaje Visual, Auditivo o Kinestésico de los Estudiantes de Educación Física de la UISEK de Chile. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 15(2), 405-415.
- Clark, R.A., Pua, Y.-H., Fortin, K., Ritchie, C., Webster, K.E., Denehy, L. y Bryant, A.L. (2012). Validity of the Microsoft Kinect for Assessment of Postural Control. *Gait & Posture*, 36(3), 372-377. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.03.033>.
- Clèries, L. (2015). *Trends Research: Wellbeing*. Recuperado 17 de abril de 2020, de <http://lauracleries.com/blog/trends-research-wellbeing/>.
- Colgin, L.L. (2013). Mechanisms and Functions of Theta *Rhythms*. *Annual Review of Neuroscience*, 36(1), 295-312. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062012-170330>.
- Cowley, B., Filetti, M., Lukander, K., Torniaainen, J., Henelius, A., Ahonen, L., Barral, O., Kosunen, I., Valtonen, T., Huotilainen, M., Ravaja, N. y Jacucci G. (2016). The Psychophysiology Primer: A Guide to Methods and a Broad Review with a Focus on Human–Computer Interaction. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 9(3-4), 151-308. <http://dx.doi.org/10.1561/11000000065>.
- CRAIC Technologies. (2018). *What is a Spectrophotometer?* Recuperado 15 de abril de 2020, de <http://www.microspectra.com/support/learn/what-is-a-spectrophotometer>.
- Çakmakli, A. (Octubre, 2010). A Good Design = A Good Mate. Trabajo presentado en *the Seventh International Conference on Design & Emotion*, Chicago, Estados Unidos.
- Dal Palù, D., De Giorgi, C., Astolfi, A., Lerma, B. y Buiatti, E. (2014). SounBe, a Toolkit for Designers Dealing with Sound Projects. *DS 77: Proceedings of the DESIGN 2014 13th International Design Conference*, 2011-2022.
- Damasio, A. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. Nueva York: Grosset/Putnam, Inc.
- Dawson, M.E., Schell, A.E. y Fillion, D.L. (2000). The Electrodermal System. En J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary y G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of Psychophysiology* (pp. 217-243). Cambridge: Cambridge University Press.
- Demmans, C., Subramanian, S. y Titus, J. (2007). Posture Monitoring and Improvement for Laptop Use. *CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2357-2362.
- Desmet, P. M.A. (2002). *Designing Emotions*. Delft: Pieter Desmet.
- Desmet, P. M.A. (2003). Measuring Emotions. Development and Application of an Instrument to Measure Emotional Response to Products. En M. A. Blythe, K. Overbeeke, A. F. Monk, y P. C. Wright (Eds.), *Funology, from Usability to Enjoyment* (pp. 111-123). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Desmet, P. M.A. (2012). Faces of Product Pleasure: 25 Positive Emotions in Human-Product Interactions. *International Journal of Design*, 6(2), 1-29.
- Desmet, P. M.A. (2013). *Positive Design* (Tesis doctoral). Delft University of Technology.
- Desmet, P. M. A. y Pohlmeier, A.E. (2013). Positive Design: An Introduction to Design for Subjective Well-being. *International Journal of Design*, 7(3), 5-19.

- Desmet, P. M. A., van Erp, J. y Karlsson, M. (2008). *Design & Emotion Moves*. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.
- Deutsch, R. (2015). *Data-Driven Design and Construction: 25 Strategies for Capturing, Analyzing and Applying Building Data*. Nueva Jersey: Wiley.
- Dillman, D. A. (2000). *Mail and Internet Surveys: The Tailored Design Method*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Dillman, D. A. (2011). *Mail and Internet surveys: The Tailored Design Method--2007 Update with new Internet, Visual, and Mixed-mode Guide*. Nueva Jersey: John Wiley & Sons.
- Dirkx, J.M. (2011). The Meaning and Role of Emotions in Adult Learning. *Educational and Child Psychology*, 28(1), 77-88. <https://doi.org/10.1002/ace>.
- Duchowski, A. (2007). *Eye-Tracking Methodology: Theory and Practice*. Nueva York: Springer.
- Dunn, R. y Dunn, K. (1978). *Teaching Students through Their Individual Learning Styles*. Reston: Prentice Hall.
- Dunne, L.E., Brady, S., Tynan, R., Lau, K., Smyth, B., Diamond, D. y O'Hare, G.M.P. (2006a). Garment-based Body Sensing Using Foam Sensors. *Proceedings of the 7th Australasian User Interface Conference*, 50, 165-171. <http://doi.acm.org/10.1145/1151758.1151782>.
- Dunne, L.E., Walsh, P., Smyth, B. y Caulfield, B. (2006b). Design and Evaluation of a Wearable Optical Sensor for Monitoring Seated Spinal Posture. *Proceedings – Tenth IEEE International Symposium on Wearable Computers*, 65-68. <https://doi.org/10.1109/ISWC.2006.286345>.
- Dunne, L.E. y Smyth, B. (2007). Psychophysical Elements of Wearability. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in Computing Systems*, 299-302. <https://doi.org/10.1145/1240624.1240674>.
- Dunlap, R.E., Van Liere, K.D., Mertig, A.G. y Jones, R.E. (2000). Measuring Endorsement of the New Ecological Paradigm: A Revised NEP Scale. *Journal of Social Issues*, 56(3), 425-442.
- Dutta, T. (2012). Evaluation of the Kinect™ Sensor for 3-D Kinematic Measurement in the Workplace. *Applied Ergonomics*, 43(4), 645-649. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.09.011>.
- D'Mello, S. y Graesser, A. (2012). Dynamics of Affective States during Complex Learning. *Learning and Instruction*, 22(2), 145-157. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.10.001>.
- Ekman, P. (2004). *Emotions Revealed: Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life*. Nueva York: Owl Books.
- Ekman, P. (2016). What Scientists Who Study Emotion Agree About. *Perspectives on Psychological Science*, 11(1), 31-34. <https://doi.org/10.1177/1745691615596992>.
- Ekman, P., Friesen, W. y Ellsworth, P. (1972). *Emotion in Human Face: Guidelines for Research and an Integration of Findings*. Nueva York: Pergamon Press Inc.
- Elisava. (2019). *We are Research: Data-Driven Design*. Recuperado 17 de abril de 2020, de <https://www.elisava.net/agenda/we-are-research-data-driven-design>.
- Ellen MacArthur Foundation. (2016). *The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics*. Recuperado 15 de abril de 2020, de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics>.

European Commission. (2018). *A European Strategy for Plastics in a Circular Economy*. Recuperado 15 de abril de 2020, de <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy-brochure.pdf>.

Eyetracking Inc. (2011). *Eye Tracking*. Recuperado 15 de abril de 2020, de <http://www.eyetracking.com/>.

Fantoni, C. y Gerbino, W. (2014). Body Actions Change the Appearance of Facial Expressions. *PloS ONE*, 9(9), e108211. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108211>.

Fokkinga, S. F. y Desmet, P. M. A. (2013). Ten Ways to Design for Disgust, Sadness, and Other Enjoyments: A Design Approach to Enrich Product Experiences with Negative Emotions. *International Journal of Design*, 7(1), 19-36.

Fridlund, A. J. y Cacioppo, J. T. (1986). Guidelines for Human Electromyographic Research. *Psychophysiology*, 23(5), 567-589. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1986.tb00676.x>.

Frijda, N. H. (1994). Varieties of Affect: Emotions and Episodes, Moods and Sentiments. En P. Ekman, y R. Davidson (Eds), *The Nature of Emotion, Fundamental Questions* (pp. 59-67). Oxford: Oxford University Press.

Germak, C. (2013). Il Progetto Poliedro. Modello di Valutazione Multicriteria di Sostenibilità e Qualità del Prodotto Alimentare Tipico. En C. De Giorgi (Ed.), *Sustainable Packaging? A Multicriteria Evaluation Method for Food Packaging* (pp. 16-29). Turín: Umberto Allemandi & C.

Geyer, R., Jambeck, J. R. y Law, K. L. (2017). Production, Use, and Fate of All Plastics ever Made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.

Gorno, R. (2012). Practical Design Methods: Design and Emotion. En L. Rampino (Ed.), *Design Research: Between Scientific Method and Project Praxis* (pp.141-152). Milán: FrancoAngeli.

Gray, J. R., Braver, T. S. y Raichle, M. E. (2002). Integration of Emotion and Cognition in the Lateral Prefrontal Cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 4115-4120. <https://doi.org/10.1073/pnas.062381899>.

Grima, P. (2012). *La Certeza Absoluta y Otras Ficciones: Los Secretos de la Estadística*. Barcelona: RBA Divulgación.

Güntekin, B. y Basar, E. (2014). A Review of Brain Oscillations in Perception of Faces and Emotional Pictures. *Neuropsychologia*, 58, 33-51. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.03.014>.

Harmony, T. (2013). The Functional Significance of Delta Oscillations in Cognitive Processing. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7, 83. <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00083>.

Hasling, K. M. (2015). *Learning through Materials: Developing Materials Teaching in the Design Education* (Tesis doctoral). Design School Kolding.

Hazlett, R. L. y Hazlett, S. Y. (1999). Emotional Response to Television Commercials: Facial EMG vs. Self-Report. *Journal of Advertising Research*, 39(2), 7.

Hirshfeld, L.M., Girouard, A., Solovey, E.T., Jacob, R., Sassaroli, J.K.A., Tong, Y. y Fantini, S. (Octubre, 2007). Human-computer Interaction and Brain Measurement using Functional Near-Infrared Spectroscopy. Trabajo presentado en *ACM Symposium on User Interface Software and Technology* (UIST), Newport, Estados Unidos.

Ho, A. G. y Michael Siu, K.W. (2010). Role of Designers in the New Perspective of Design and Emotion. *Design Principles and Practices*, 4(3), 15-24. <https://doi.org/10.18848/1833-1874/CGP/v04i03/37884>.

- Hoerl, R. W. y Snee, R. (2010). Statistical Thinking and Methods in Quality Improvement: a Look to the Future. *Quality Engineering*, 22(3), 119-129. <https://doi.org/10.1080/08982112.2010.481485>.
- Huissoud, M. (2019). *Silkworms*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <http://www.marlene-huissoud.com/from-insects-silkworms/>.
- International Statistical Engineering Association. (2018). *What is Statistical Engineering?* Recuperado 17 de abril de 2020, de <https://isea-change.org/page-18073>.
- Izard, C. E. (1992). Basic Emotions, Relations among Emotions, and Emotion-Cognition Relations. *Psychological Review*, 99(3), 561-565. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.3.561>.
- Izzetoglu, K., Bunce, S., Onaral, B., Pourrezaei, K. y Chance, B. (2004). Functional Optical Brain Imaging Using Near-Infrared during Cognitive Tasks. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 17(2), 211-231. https://doi.org/10.1207/s15327590ijhc1702_6.
- Jacob, R.J.K. y Karn, K.S. (2003). Commentary on section 4. Eye tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises. En J. Hyona, R. Radach y H. Deubel (Eds.), *The Mind's Eyes: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movements* (pp. 573-605). Oxford: Elsevier Science.
- Jordan, P. W. (2000). *Designing Pleasurable Products: An Introduction to the New Human Factors*. Londres: Taylor & Francis.
- Kamimura, H., Kaneki, N., Koike, T. y Yamada, H. (2011). Effects of Peppermint and Lavender Odors on the Human Body during a Footbath at Water Temperatures of 36°C and 40°C. International Conference on Biometrics and Kansei Engineering, 112-117. <https://doi.org/10.1109/ICBAKE.2011.56>.
- Kamp, I. y Desmet, P.M.A. (2014). Measuring Product Happiness. *CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2509-2514. <https://doi.org/10.1145/2559206.2581274>.
- Karana, E. (2012). Characterization of "natural" and "high-quality" Materials to Improve Perception of Bio-plastics. *Journal of Cleaner Production*, 37, 316-325. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.034>.
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., y Zeeuw Van Der Laan, A. (2015). Material driven design (MDD): A method to design for material experiences. *International Journal of Design*, 9(2), 35-54.
- Karana, E., Hekkert, P. y Kandachar, P. (2009). Meanings of Materials through Sensorial Properties and Manufacturing Processes. *Materials and Design*, 30(7), 2778-2784. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.09.028>.
- Kilavik, B. E., Zaepffel, M., Brovelli, A., MacKay, W. A. y Riehle, A. (2013). The Ups and Downs of Beta Oscillations in Sensorimotor Cortex. *Experimental Neurology*, 245, 15-26. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2012.09.014>.
- Kim, J.W., Kim, H.J. y Nam, T.J. (2016). M.Gesture: An Acceleration-Based Gesture Authoring System on Multiple Handheld and Wearable Devices. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2307-2318. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858358>.
- Klatzky, R. L. y Peck, J. (2012). Please touch: Object Properties that Invite Touch. *IEEE Transactions on Haptics*, 5(2), 139-147. <https://doi.org/10.1109/TOH.2011.54>.
- Knutson, B., Rick, S., Wimmer, G. E., Prelec, D. y Loewenstein, G. (2007). Neural Predictors of Purchases. *Neuron*, 53(1), 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.11.010>.

- Koelmans, A. A., Besseling, E., Foekema, E., Kooi, M., Mintenig, S., Ossendorp, B. C., Redondo-Hasselerharm, P.E., Verschoor, A., van Wezel, A.P., y Scheffer, M. (2017). Risks of Plastic Debris: Unravelling Fact, Opinion, Perception, and Belief. *Environmental Science and Technology*, 51(20), 11513-11519. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02219>.
- Kouprie, M., y Visser, F.S. (2009). A Framework for Empathy in Design: Stepping into and out of the User's Life. *Journal of Engineering Design*, 20(5), 437-448. <https://doi.org/10.1080/09544820902875033>.
- Krippendorff, K. (2006). *The Semantic Turn: A New Foundation for Design*. Londres: Taylor & Francis Group.
- Krueger, R.A. (1994). *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Kumar, M. (2006). Reducing the Cost of Eye Tracking Systems. *Stanford University Computer Science Technical Report*.
- Ladousse, G. P. (1982). Role Play and Simulation in Language Learning. *Simulation/Games for Learning*, 12(2), 51-60.
- Lakhotia, V. (2011). Design for Happiness. *Proceedings 3rd International Conference on Research into Design Engineering – Supporting Sustainable Product Development*, 74-78.
- Lang, A., Potter, R.F. y Bolls, P. (2009). Where Psychophysiology Meets the Media: Taking the Effects out of Mass Media Research. En J. Bryant y M.E. Oliver (Eds.), *Media effects: Advances in theory and research* (pp. 185-206). Nueva York: Routledge.
- Laparra-Hernández, J., Belda-Lois, J. M., Medina, E., Campos, N. y Poveda, R. (2009). EMG and GSR signals for evaluating user's perception of different types of ceramic flooring. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(2), 326-332. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.02.011>
- Lasa, G., Justel, D., Gonzalez, I., Iriarte, I. y Val, E. (2017). Next Generation of Tools for Industry to Evaluate the User Emotional Perception: the Biometric-based Multimethod Tools. *The Design Journal*, 20(1), S2771-S2777. <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352788>.
- Laughlin, Z. (2008). Investigating the Acousting Properties of Materials with Tuning Forks. *Materials & Sensations*, 22-24.
- Lazar, J., Feng, J. H. y Hochheiser, H. (2017). *Research Methods in Human-Computer Interaction*. Cambridge: Morgan Kaufmann.
- LeDoux, J. E. (1992). Brain Mechanisms of Emotion and Emotional Learning. *Current Opinion in Neurobiology*, 2(2), 191-197. [https://doi.org/10.1016/0959-4388\(92\)90011-9](https://doi.org/10.1016/0959-4388(92)90011-9).
- Lee, J.C. y Tan, D.S. (2006). Using a Low-cost Electroencephalograph for Task Classification in HCI Research. *Proceedings of the 19th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 81-90.
- Lerma, B., y Dal Palù, D. (2016). Material (and Product) Sensoriality: Can Perceptive Evaluations Strengthen the Meta-Design Phase? *Temes de Disseny*, 32, 10-23.
- Lévy, P., Lee, S. y Yamanaka, T. (2007). On Kansei and Kansei Design: a Description of a Japanese Design Approach. *Proceedings of International Association of Societies of Design Research 07*, 1- 18.
- Lévy, P. (2013). Beyond Kansei Engineering: The Emancipation of Kansei Design. *International Journal of Design*, 7(2), 83-94.

Lexico. (2019). *Percepción*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <https://www.lexico.com/en/definicion/perception>.

Li, X., Song, D., Zhang, P., Yu, G., Hou, Y. y Hu, B. (2016). Emotion Recognition from Multi-channel EEG Data through Convolutional Recurrent Neural Network. *2016 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)*, 352-359. <https://doi.org/10.1109/bibm.2016.7822545>.

Li, M. y Yan, H. B. (2016). Applying Kansei Engineering to Service Design: A case Study of Budget Hotel Service. *2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2016.7538422>.

Likert, R. (1932). The Likert-type Scale. *Archives of Psychology*, 140(55), 1-55.

Linnenbrink, E. A. (2007). The Role of Affect in Student Learning: A Multi-Dimensional Approach to Considering the Interaction of Affect, Motivation, and Engagement Motivation and Affect. En P. A. Schutz y R. Pekrun (Eds), *Emotion in Education* (pp.107-124). Cambridge, MA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012372545-5/50008-3>.

Lokman, A. M. (2010). Design & Emotion: The Kansei Engineering Methodology. *Malaysian Journal of Computing*, 1(1), 1-11.

Lokman, A. M., Ishak, K.K. y Hadiana, A. (2013). Premo and Kansei: A Comparative Analysis. *International Journal of Basic and Applied Science*, 4(1), 734-744.

López-Murcia Martín, J. (2015). *Social Perceptions of Single-use Plastic Consumption of the Balinese Population* (Tesis de grado). Recuperado de https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93403/Lopez_Javier.pdf?sequence=1.

Ludwig, V. U. y Simner, J. (2013). What Colour Does that Feel? Tactile-visual Mapping and the Development of Cross-Modality. *Cortex*, 49(4), 1089-1099. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.04.004>.

Magnier, L., Mugge, R. y Schoormans, J. (2019). Turning Ocean Garbage into Products – Consumers' Evaluations of Products Made of Recycled Ocean Plastic. *Journal of Cleaner Production*, 215, 84-98. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.246>.

Mahut, T., Bouchard, C., Omhover, J-F., Favart, C. y Esquivel, D. (2018). Interdependency between User Experience and Interaction: a Kansei Design Approach. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 12(1): 105-132. <https://doi.org/10.1007/s12008-017-0381-4>.

Mandryk, R.L. y Inkpen, K. (2004). Physiological Indicators for the Evaluation of Co-located Collaborative Play. *Proceedings of the 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, 102-111. <https://doi.org/10.1145/1031607.1031625>.

Marco-Almagro, L. (2011). *Statistical Methods in Kansei Engineering Studies* (Tesis doctoral). Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/94644>.

Marco Almagro, L. y Tort Martorell, X. (2012). Statistical Methods in Kansei Engineering: a Case of Statistical Engineering. *Quality and Reliability Engineering International*, 28(5), 563-573. <https://doi.org/10.1002/qre.1434>.

Martino, G. y Marks, L. E. (2000). Cross-modal Interaction between Vision and Touch: The Role of Synesthetic Correspondence. *Perception*, 29(6), 745-754. <https://doi.org/10.1068/p2984>.

Materfad. (s.f.a.). *Alusion*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <http://es.materfad.com/material/803/alusion>.

- Materfad. (s.f.b.). *Stellaris Cladonia*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <http://es.materfad.com/material/2249/liquen-musgo-conservado>.
- Materfad (s.f.c). *Altuglas*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <http://es.materfad.com/material/527/oroglasaltuglas>.
- Materfad (s.f.d). *Syntal*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <http://www.es.materfad.com/material/605/syntal>.
- Maturana, H. (1995). *La Realidad: ¿Objetiva o Construida? II. Fundamentos Biológicos del Conocimiento*. Barcelona: Anthropos Editorial.
- Maturana, H. (2006a). *De Máquinas y Seres Vivos: Autopoiesis: la Organización de lo Vivo*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Maturana, H. (2006b). *Desde la Biología a la Psicología*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- McCarthy, J. P. y Anderson, L. (2000). Active Learning Techniques versus Traditional Teaching Styles: Two Experiments from History and Political Science. *Innovative Higher Education*, 24(4), 279-294. <https://doi.org/10.1023/b:ihie.0000047415.48495.05>.
- McKeachie, W. J. (2011). *Teaching Tips: Strategies, Research, and Theory for College and University Teachers*. Belmont: Wadsworth, Cengage Learning.
- Medina-Velandia, L.N. y Plazas-Gómez, L.A. (2018). Agentes Inteligentes y Modelo VARK, proponen Estrategias de Aprendizaje según la Manera en que Asimila un Individuo. *Revista Educación en Ingeniería*, 13(26), 11-19. <http://dx.doi.org/10.26507/rei.v13n26.878>.
- Merker, B. (2013). Cortical Gamma Oscillations: the Functional Key is Activation, not Cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(3), 401-417. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.01.013>.
- Meza, M. y Gómez, B. (2008). *Estilos de Aprendizaje y Rendimiento Académico en los y las Estudiantes de la Institución Educativa Carlota Sánchez de la Ciudad de Pereira* (Tesis de grado). Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/985>.
- Miller, D. N. (2011). Positive Affect. En S. Goldstein, y J.A. Naglieri (Eds.), *Encyclopedia of Child Behavior and Development* (pp.1121-1122). Nueva York: Springer US, Springer Science+Business Media LLC. https://doi.org/10.1007/978-0-387-79061-9_2193.
- Miller, W.L. y Crabtree, B.F. (1999). Clinical Research: a Multimethod Typology and Qualitative Roadmap. En B.F. Crabtree y W.L. Miller (Eds.), *Doing Qualitative Research* (pp. 3-30). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Mora, M. C. G., Martínez, J. J. B. y González, J. P. C. (2015). Caracterización de Estilos de Aprendizaje y Canales de Percepción de Estudiantes Universitarios. *Opción*, 31(3), 509-527.
- Mottram, D. S., y Elmore, J.S. (2003). Sensory Evaluation Aroma. En B. Caballero, P. Finglas, y F. Toldra (Eds.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (pp.5174-5180). Londres: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01068-3>.
- Müller, H., Sedley, A. y Ferrall-Nunge, E. (2014). Survey Research in HCI. En J.Olson y W. Kellogg (Eds.), *Ways of Knowing in HCI* (pp. 229-266). Nueva York: Springer.
- Mutlu, B., Krause, A., Forlizzi, J., Guestrin, C. y Hodgins, J. (2007). Robust, Low-Cost, Non-Intrusive Sensing and Recognition of Seated Postures. *Proceedings of the 20th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 149-158. <https://doi.org/10.1145/1294211.1294237>.
- Nagamachi, M. (1995). Kansei Engineering: a New Ergonomic Consumer-oriented Technology for Product Development. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(1), 3-11.

- Nagamachi, M. y Lokman, A.M. (2016). *Innovations of Kansei Engineering*. Boca Raton: CRC Press.
- NCS Colour. (2018a). *NCS Gloss Scale*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <http://ncscolour.com/product/ncs-gloss-scale/>.
- NCS Colour. (2018b). *NCS Lightness meter*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <http://ncscolour.com/product/lightness-meter/>.
- Ng, M., Chaya, C. y Hort, J. (2013). The influence of sensory and packaging cues on both liking and emotional, abstract and functional conceptualisations. *Food Quality and Preference*, 29(2), 146-156. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.03.006>.
- Noldus Information Technology. (2018a). FaceReader. Recuperado 16 de abril de 2020, de <https://www.noldus.com/human-behavior-research/products/facereader>.
- Noldus Information Technology. (2018b). *The Observer XT*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <https://www.noldus.com/observer-xt-animal>.
- Norman, D. (2002). Emotion & Design: Attractive Things Work Better. *interactions*, 9(4), 36-42.
- Norman, D. (2004). *Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things*. Nueva York: Basic Books.
- Observatorio de Mobiliario. (2016). *El Diseño Emocional como Valor Agregado en el Mobiliario*. Recuperado 17 de abril de 2020, de https://issuu.com/observatoriodemobiliario/docs/2._el_dise__o_emocional_como_valor_.
- Ogata, M. y Imai, M. (2015). SkinWatch: Skin Gesture Interaction for Smart Watch. *Proceedings of the 6th Augmented Human International Conference*, 21-24. <https://doi.org/10.1145/2735711.2735830>.
- Oliver, N. (Septiembre, 2017). La Tecnología en la Vida Quotidiana: el Mòbil Canvia la Pell. Trabajo presentado en *Universitat d'Estiu Andorra*, Andorra la Vieja, Andorra.
- Olivo, P., Del Curto, B., Faucheu, J., Lafon, D., Bassereau, J. F., Lê, S., y Delafosse, D. (2013). Sensory Metrology: when emotions and experiences contribute to Design. *Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED13), Design for Harmonies*, 7, 75-77.
- Ozkaramanli, D., Desmet, P.M.A. (2012). I Knew I Shouldn't, Yet I Did It Again! Emotion-driven Design as a Means to Motivate Subjective Well-being. *International Journal of Design*, 6(1), 27-39.
- Ozkaramanli, D., Desmet, P.M.A. y Hekkert, P. (2012). Proud to be in Control: Understanding Concern Conflicts and Initial Principles for Conflict-Inspired Design Strategies. *Out of Control: Proceedings of the 8th International Conference on Design and Emotion*, 11-14.
- Page-Gould, E. (2017). Multilevel Modeling. En J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of Psychophysiology* (pp. 628-661). Nueva York: Cambridge University Press.
- Pagliarini, E. (2002). *Valutazione Sensoriale: Aspetti Teorici, Pratici e Metodologici*. Milán: Hoepli.
- Panksepp, J. (1998). *Affective Neuroscience: The Foundations on Human and Animal Emotions*. Nueva York: Oxford University Press.
- Panksepp, J. (2004). *Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions*. Nueva York: Oxford University Press.
- Pantone. (2017). *Pantone Colours*. Recuperado 15 de abril de 2020, de <http://www.pantone-colours.com/>.

- Parisi, S., Rognoli, V. y Sonneveld, M. (2017). Material Tinkering. An inspirational approach for experiential learning and envisioning in product design education. *The Design Journal*, 20(sup1), S1167-S1184. <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1353059>
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W. y Perry, R. P. (2002). Academic Emotions in Students' Self-Regulated Learning and Achievement: A Program of Qualitative and Quantitative Research. *Educational Psychologist*, 37(2), 91-105. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3702_4.
- Pekrun, R. 2014. Emotions and Learning. *Harvard Educational Review*, 25, 95-104. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2006.12.002>.
- PolarMoss. (s.f.). *PolarMoss*. Recuperado 17 de abril de 2020, de <https://www.polarboss.fi/>.
- Porzi, L., Messelodi, S., Modena, C.M. y Ricci, E. (2013). A Smart Watch-based Gesture Recognition System for Assisting People with Visual Impairments. *Proceedings of the 3rd ACM International Workshop on Interactive Multimedia on Mobile & Portable Devices*, 19-24.
- Posner, J., Russell, J.A. y Peterson, B. A. (2005). The Circumplex Model of Affect: An Integrative Approach to Affective Neuroscience, Cognitive Development, and Psychopathology. *Development and Psychopathology*, 17(3), 715-734. <https://doi.org/10.1017/S0954579405050340>.
- R Core Team. (s.f.). *The R Project for Statistical Computing*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <https://www.R-project.org/>.
- RAE. (2018). *Percepción*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <http://dle.rae.es/?id=SX9HJy3>.
- Raez, M.B.I., Hussain, M.S. y Mohd-Yasin, F. (2006). Techniques of EMG Signal Analysis: Detection, Processing, Classification and Applications. *Biological Procedures Online*, 8, 11-35.
- Rajapakse, R. P. C. J., Tokuyama, Y., Sonehara, C. y Hattori, T. (2012). The Influence of Texture on Perceiving Haptic Stiffness. *Kansei Engineering International Journal*, 11(4), 199-206. <https://doi.org/10.5057/kei.11.199>.
- Ravaja, N. (2004). Contributions of Psychophysiology to Media Research: Review and Recommendations. *Media Psychology*, 6(2), 193-235. https://doi.org/10.1207/s1532785xmep0602_4.
- Reeves, B. y Nass, C. (1998). *The Media Equation: How People Treat Computers, Television and New Media like Real People and Places*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reynolds, T.J. y Olson, J.C. (2001). *Understanding Consumer Decision making-The Means-End Approach to Marketing and Advertising Strategy*. Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Roberts, K. (2005). *Love Marks, the Future beyond Brands*. Nueva York: Power House Books.
- Robson, C. (2002). *Real World Research*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Rodrigues, S. M., Schafe, G. E. y LeDoux, J. E. (2004). Molecular Mechanisms Underlying Emotional Learning and Memory in the Lateral Amygdala. *Neuron*, 44(1), 75-91. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.09.014>.
- Rognoli, V. (2010). A Broad Survey on Expressive-Sensorial Characterization of Materials for Design Education. *METU Journal of Faculty of Architecture*, 27(2): 287-300. <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2010.2.16>.
- Rognoli, V., y Levi, M. (2004). Emotions in Design through Materials. An expressive-sensorial atlas as a project tool for design of materials. *Fourth International Conference on Design & Emotion*, 1-11.

- Ros. (2015). *BioTac*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <http://wiki.ros.org/BioTac>.
- Rosen, B. G., Eriksson, L. y Bergman, M. (2016). Kansei, *Surfaces and Perception Engineering. Surface Topography: Metrology and Properties*, 4(3), 033001. <https://doi.org/10.1088/2051-672X/4/3/033001>.
- Rowe, D.W., Sibert, J. e Irwin, D. (1998). Heart Rate Variability: Indicator of User State as an Aid to Human-Computer Interaction. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 480-487.
- Russell, J. A. (1980). A Circumplex Model of Affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161-1178. <https://doi.org/10.1037/h0077714>.
- Saéz, C. (2012). *Las Percepciones Sensoriales*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <https://www.lavanguardia.com/estilos-de-vida/20120629/54316673688/las-percepciones-sensoriales.html>.
- Sasaki, Y. (2011). Detection of the Intention from Gestures of Workers for a Kansei Agri-Robot. *Agricultural Information research*, 20(1), 13-18. <https://doi.org/10.3173/air.20.13>
- Sanders, E. B. N. (1992). Converging Perspectives: Product Development Research for the 1990s. *Design Management Journal*, 3(4), 49-54. <https://doi.org/10.1111/j.1948-7169.1992.tb00604.x>.
- Sauerwein, M., Karana, E. y Rognoli, V. (2017). Revived beauty: research into aesthetic appreciation of materials to valorise materials from waste. *Sustainability*, 9(4), 529. <https://doi.org/10.3390/su9040529>.
- Scarpellini, I. (2013). *Emotion Rainbow*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <https://diopd.org/emotion-rainbow/>.
- Scheirer, J., Fernandez, R., Klein, J. y Picard, R.W. (2002). Frustrating the User on Purpose: a Step toward Building an Affective Computer. *Interacting with Computers*, 14, 93-118. [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(01\)00059-5](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(01)00059-5).
- Scherer, K. R. (2005). What are Emotions? And How Can they be Measured? *Social Science Information*, 44(4), 695-729. <https://doi.org/10.1177/0539018405058216>.
- Schifferstein, H. N. J., y Zwartkruis-Pelgrim, E. P. H. (2008). Consumer-product Attachment: Measurement and Design Implications. *International Journal of Design*, 2(3): 1-14.
- Schifferstein, H. N. J. y Hekkert, P. (2011). *Product Experience*. Nueva York: Elsevier.
- Schlömer, T., Poppinga, B., Henze, N. y Bolll, S. (2008). Gesture Recognition with a Wii Controller. *Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, 11-14. <https://doi.org/10.1145/1347390.1347395>.
- Schütte, S. (2002). *Designing Feelings into Products: Integrating Kansei Engineering Methodology in Product Development* (Tesis doctoral). Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.462.5644&rep=rep1&type=pdf>.
- Schütte, S., Eklund, J., Axelsson, J.R.C y Nagamachi, M. (2004). Concepts, Methods and Tools in Kansei Engineering. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(3), 214-231. <https://doi.org/10.1080/1463922021000049980>.
- Schütte, S., Eklund, J., Ishihara, S. y Nagamachi, M. (2007). *The Kansei Engineering Approach*. Londres: Elsevier.
- Schütte, S., Schütte, R. y Eklund, J. (2005). Affective Values of Lift Trucks: an Application of Kansei Engineering. *Proceedings of QMOD Conference 2005*, 897-904.

Serrat-Brustenga, M. y Sunyer Lázaro, S. (2012). El Centro de Recursos Para el Aprendizaje y la Investigación (Crai) en Permanente Transformación: Servicios y Recursos para el Nuevo Usuario 2.0. *Universitat Politècnica de Catalunya. Servei de Biblioteques i Documentació*, 3, 1-10.

Silva, E. (2005). Materioteca – Desarrollo de un Sistema de Información y Percepción de Selección de Materiales. *Actas de Diseño*, 3, 228-232.

Stern, R.M., Ray, W.J. y Quigley, K.S. (2001). *Psychophysiological Recording*. Oxford: Oxford University Press, Inc.

Straker, K. y Wrigley, C. (2015). The Role of Emotion in Product, Service and Business Model Design. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, 11(1), 11-28. <https://doi.org/10.7341/20151112>.

Swift, H. J., Abrams, D., Drury, L., y Lamont, R. A. (2016). *The Perception of Ageing and Age Discrimination*. Londres: British Medical Association.

Tassinari, L.G. y Cacioppo, J.T. (2000). The Skeletomotor System: Surface Electromyography. En J. T. Cacioppo, L. G. Tassinari y G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of Psychophysiology* (pp. 163-199). Nueva York: Cambridge University Press.

The New School. (2017). *Reimagine Technology for Humans*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <https://www.newschool.edu/research-and-work/reimagine-technology-for-humans/>.

Thinkmap. (1998). *Visual Thesaurus*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <https://www.visualthesaurus.com/app/view>.

Tomkins, S. S. (2009). Affect Theory. En P. Ekman y K. R. Scherer (Eds.), *Approaches to Emotion* (pp.163-195). Nueva York: Psychology Press.

Torreblanca, F. (2014). *La Secuencia Mágica: Estímulo, Emoción, Decisión y Recuerdo*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <https://franciscotorreblanca.es/estimulo-emocion-decision-y-recuerdo/>.

UNEP. (2018). *Single-use Plastics. A Roadmap for Sustainability*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <https://www.unenvironment.org/resources/report/single-use-plastics-roadmap-sustainability>.

van Gorp, T. y Adams, E. (2012). *Design for Emotion*. Waltham, MA: Morgan Kaufmann.

van Hout, M. (2019). *About Marco van Hout*. Recuperado 16 de abril de 2020, de <https://www.marcovanhout.com/>.

van Kesteren, I. E. H. (2008). Product Designers' Information Needs in Materials Selection. *Materials and Design*, 29(1), 133-145. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2006.11.008>.

van Laack, A. W. (2014). *Measurement of Sensory and Cultural Influences on Haptic Quality Perception of Vehicle Interiors*. Aachen: van Laack GmbH.

VARK Learn Limited. (2020). *The VARK Modalities*. Recuperado 17 de abril de 2020, de <https://vark-learn.com/introduction-to-vark/the-vark-modalities/>.

Vergara, M., y Mondragón, S. (2008). Ingeniería Kansei: una Potente Metodología Aplicada al Diseño Emocional. *Faz*, 2008(2), 49-56.

Walter, A. (2011). *Designing for Emotions*. Nueva York: A Book Apart.

Wastell, D.G. y Newman, M. (1996). Stress, Control and Computer System Design: a Psychophysiological Field Study. *Behaviour & Information Technology*, 15(3), 183-192. <https://doi.org/10.1080/014492996120247>.

- Wen, H., Rojas, J.R. y Dey, A.K. (2016). Serendipity: Finger Gesture Recognition Using an Off-the-shelf Smartwatch. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3847-3851. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858466>.
- Wientjes, C.J.E. (2012). Respiration in Psychophysiology: Methods and Applications. *Biological Psychology*, 34(2):179-203. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(92\)90015-M](https://doi.org/10.1016/0301-0511(92)90015-M).
- Wilkes, S., Wongsriruksa, S., Howes, P., Gamester, R., Witchel, H., Conreen, M., Laughlin, Z. y Miodownik, M. (2014). Design Tools for Interdisciplinary Translation of Material Experiences. *Materials and Design*, 90, 1228-1237. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.04.013>.
- Wundt, W. (1912). *An Introduction to Psychology*. Nueva York: Macmillan.
- Xu, C., Pathak, P.H. y Mohapatra, P. (2015). Finger-writing with Smartwatch: a Case for Finger and Hand Gesture Recognition using Smartwatch. *Proceedings of the 16th International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, 9-14. <https://doi.org/10.1145/2699343.2699350>.
- Yoon, J., Desmet, P.M.A. y Pohlmeier, A.E. (2013). Embodied Typology of Positive Emotions the Development of a Tool to Facilitate Emotional Granularity in Design. *IASDR 2013: Proceedings of the 5th International Congress of International Association of Societies of Design Research "Consilience and Innovation in Design"*, 1195-1206.
- Yoon, J., Pohlmeier, A.E. y Desmet, P.M.A. (2016). When 'Feeling Good' is not Good Enough: Seven Key Opportunities for Emotional Granularity in Product Development. *International Journal of Design*, 10(3), 1-15.
- Zhang, Z. (2012). Microsoft Kinect Sensor and its Effect. *IEEE MultiMedia*, 19(2), 4-10. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2012.24>.
- Zheng, W.L., Dong, B.N. y Lu, B.L. (2014). Multimodal Emotion Recognition using EEG and Eye Tracking Data. *2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 5040-5043. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2014.6944757>.
- Zöller, S. G. y Wartzack, S. (2017). Considering Users' Emotions in Product Development Processes and the Need to Design for Attitudes. En S. Fukuda (Ed.), *Emotional Engineering, Vol. 5* (pp. 69-97). Suiza: Springer International Publishing.

