

Tesis doctoral



# Evaluación de dispositivos de asistencia para la manipulación en actividades de la vida diaria incorporando el análisis del diseño afectivo mediante Eye-Tracking

Autor  
**Vicente Bayarri Porcar**

Directores  
**Margarita Vergara Monedero**  
**Joaquín Luis Sancho Bru**

Castelló  
Septiembre 2023





Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales y Materiales

Escuela de Doctorado de la Universitat Jaume I

Título de la tesis:

**Evaluación de dispositivos de asistencia para la manipulación en actividades de la vida diaria incorporando el análisis del diseño afectivo mediante Eye-Tracking**

Memoria presentada por Vicente Bayarri Porcar para optar al grado de doctor por la Universitat Jaume I

Nombre, apellidos y  
firma del doctorando:

**Vicente Bayarri Porcar**

Nombre, apellidos y firma de los directores de la tesis:

**Margarita Vergara Monedero**

**Joaquín Luis Sancho Bru**

Castelló de la Plana (España), septiembre 2023



No se ha recibido financiación para el desarrollo de la tesis.

*A Paco y a Pau, que son mi vida.*

# Agradecimientos

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mis directores de tesis, Marga y Ximo, por su dedicación y paciencia. Desde el primer momento aceptaron dirigir esta tesis y confiaron en mí prácticamente sin conocerme y sin saber cómo trabajaba. Han sido y serán un referente para mí.

Me gustaría agradecer a mis compañeros del Grupo de Biomecánica y Ergonomía y del Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería, por sus palabras de apoyo en todo momento. En especial agradecer a Alba, Néstor y Vero, por sus consejos, su ayuda, y, sobre todo, por los momentos de desconexión. Agradecer a María Jesús, por sus palabras de ánimo desde el inicio de la tesis, por su apoyo, y por su ayuda para resolver mis dudas durante el diseño del experimento.

También me gustaría agradecer a María Jesús Núñez y Carlos Valero, por su labor durante la búsqueda de información y el diseño del experimento. Agradecer a todas las personas que participaron en el experimento, que dedicaron su tiempo a ayudarme durante la fase experimental.

Quiero agradecer a mis amigos y amigas, que siempre han preguntado, y no solo por la tesis, sino también por mi estado de ánimo. Han sabido escuchar, animar y acompañarme durante todo este camino.

Dedicar un agradecimiento muy especial a mi familia, sobre todo a mis padres, a los que admiro y quiero. Son los que han hecho posible que llegara hasta aquí, siempre me han apoyado de manera incondicional en mis decisiones, y han sabido aconsejarme en todas las etapas de mi vida. Ellos han hecho que sea la persona que soy.

Y finalmente, agradecer la tesis a Paco, la persona que siempre ha estado ahí, que me ha acompañado en cada momento, me ha animado, me ha escuchado, ha sabido decir en cada momento lo que necesitaba escuchar, y ha tenido más paciencia que nadie con mis cambios de humor durante estos años de doctorado. Es mi otra mitad y la persona que me acompaña en el viaje más bonito de nuestra vida como papás de Pau.

# Resumen

En esta tesis se ha explorado la utilidad de la tecnología de Eye-Tracker (ET), como técnica objetiva del diseño afectivo, para el análisis del diseño intuitivo, la funcionalidad y la usabilidad de producto, y se ha realizado un análisis preliminar del comportamiento en la toma de decisiones, con especial atención en el análisis de los comportamientos de duda.

Para el análisis del diseño de producto se consideró de interés utilizar dispositivos de asistencia (DA) para manipulación en actividades de la vida diaria (AVD). Los DA para manipulación son productos diseñados para facilitar la realización de tareas en AVD en personas con mermas funcionales en la mano. En muchos casos se trata de personas con patologías neurológicas y/o personas mayores, para las que el uso de DA puede suponer un esfuerzo cognitivo, lo cual puede provocar su rechazo. Mejorando el diseño intuitivo se podría reducir ese rechazo y favorecer su uso para mejorar la calidad de vida e independencia en AVD de esta tipología de usuarios. Por ello, un DA debe transmitir claramente su función para que el usuario sea capaz de comprender, con el menor esfuerzo posible, cómo se usa. Esta capacidad de transmisión de la función puede ser estudiada a través de los *affordances*, que son aquellas prestaciones del producto que explican qué hacer con él. Cuando los *affordances* no son intuitivos, es necesario incorporar elementos de diseño que ayuden a transmitir cómo usar el producto o *signifiers*. La tesis propone nuevos métodos de análisis de los *affordances* y *signifiers* de producto que permiten evaluar las características de diseño de los DA.

Para ello, se diseñó un experimento de ET utilizando imágenes renderizadas de 6 abridores de tarros y 6 modelos de productos utilizados como distractores, con variabilidad en su función. Los 6 abridores se modificaron, creando una segunda versión de cada uno añadiendo goma en la zona de agarre, como posible *signifier* que ayuda a entender la función. Tras finalizar el experimento con el ET, se utilizaron los modelos reales de los DA para una evaluación ergonómica y experiencia de uso. El experimento del ET se dividió en 3 fases. En todas ellas se iban mostrando imágenes y el participante debía contestar a una cuestión relacionada con la funcionalidad o usabilidad del o los productos mostrados en la imagen. En la primera fase se evaluó cómo de intuitivos eran los modelos preguntando por su función, por dónde agarrarlo, cómo colocarlo sobre un tarro, cómo usarlo y si podía abrir distintos tamaños de tarro. En esta primera fase se utilizaron los 6 distractores solo cuando se preguntó por la función, para que los participantes no pudieran deducir que la función del producto principal del estudio era la de abrir tarros. En la segunda se valoraron *affordances* de usabilidad como la robustez, la comodidad, la facilidad de agarre, la adherencia sobre la tapa, el esfuerzo y la facilidad de uso. Y en la tercera, solo sobre la valoración de 2 *affordances*, se preguntó a cada participante (después del ET) si había dudado en alguna selección para poder identificar patrones de comportamiento en la toma de decisiones.

En primer lugar, se ha analizado cómo de intuitivos son los modelos en relación a los diferentes aspectos evaluados. Para ello, a partir de las métricas de fijaciones, visitas y sacadas, los mapas de calor y los *Gaze Plots*, se ha podido analizar e identificar mediante la tecnología ET los elementos de diseño que ayudaban a definir la funcionalidad del DA. Los resultados han permitido realizar una clasificación de los modelos de más a menos intuitivos, habiéndose comprobado que los modelos más intuitivos reciben menor número de fijaciones y visitas y en ellos se detecta con mayor rapidez la zona que mejor explica su función. Además, se ha comprobado que: la goma actúa como un *signifier* que ayuda a localizar la zona de agarre; que un DA es más intuitivo cuando su forma es similar a la del objeto al que se debe acoplar, como por ejemplo una forma circular que se acople a una tapa de un tarro; y que las formas que se pueden relacionar con funciones conocidas explican mejor la funcionalidad y usabilidad de un DA, como un mango que define la zona de agarre, una forma de pinza de ropa que resulta familiar para identificar la necesidad de apretar, o elementos metálicos afilados que explican la función de cortar.

En segundo lugar, se ha relacionado la valoración de los *affordances* manifestada por los participantes con las métricas de fijaciones, visitas y sacadas, y los mapas de calor, para comprobar la utilidad del ET en el análisis y evaluación de los *affordances* de usabilidad de DA a través de imágenes. Los modelos mejor valorados son los que recibieron mayor atención en cuanto a fijaciones y visitas, y la creación de zonas de interés en las imágenes sobre las que extraer datos del ET ha permitido comprobar que, según qué *affordance* y qué modelo se está evaluando, se observan unas zonas u otras. De nuevo, la goma actuó como un *signifier* que mejoró positivamente la valoración en la mayoría de modelos en *affordances* como la robustez, la comodidad y la facilidad de agarre. El material o la forma del modelo también actuaron como *signifiers* en la mayoría de *affordances*. Además, los resultados de la evaluación ergonómica fueron similares en general a los obtenidos del uso de la tecnología ET, salvo en aquellos modelos en los que se hizo alguna modificación, lo que valida el uso de imágenes para realizar el experimento, ya que los *affordances* se valoraron de forma similar a la realidad

Y, finalmente, a partir de las métricas de fijaciones, visitas y sacadas se ha comprobado que, cuando hay comportamientos de duda en la selección, el tiempo de decisión es mayor, a la vez que se realizan pocos barridos con la mirada, pero de mayor amplitud. También se ha comprobado que el número de sacadas entre los elementos en los que se debe realizar la selección es mayor cuando hay duda, y que la opción que se va a seleccionar recibe mayores fijaciones y visitas cuando existe un comportamiento de duda.

# Abstract

This thesis has explored the usefulness of Eye-Tracker (ET) technology, as an objective technique of affective design, for the analysis of intuitive design, functionality and usability of products, and a preliminary analysis of decision-making behaviour has been performed, with a special focus on the analysis of hesitation behaviour.

The analysis of the product design of assistive devices (AD) for manipulation in activities of daily living (ADL) was considered of interest. AD for manipulation are products designed to facilitate the performance of ADL tasks in people with hand functional impairments. In many cases, these are people with neurological pathologies and/or elderly, for whom the use of AD may involve a cognitive effort, which may cause their rejection. Improving the intuitive design of the AD could reduce this rejection and promote their use to improve the quality of life and independence in ADL of these users. Therefore, an AD must clearly convey its function so that the user is able to understand, with as little effort as possible, how to use it. This ability to convey the function can be studied through affordances, which are those features of the product that explain what to do with it. When the affordances are not intuitive, it is necessary to incorporate design elements that help to convey how to use the product, known as signifiers. The thesis proposes new methods for analysing product affordances and signifiers that allow the evaluation of AD design features.

To this end, an ET experiment was designed using rendered images of 6 jar openers and 6 models of products used as distractors, with variability in their function. The 6 openers were modified, creating a second version of each by adding rubber in the grip area as a possible signifier to help understand the function. After completion of the ET experiment, the real AD products were used for ergonomic evaluation and user experience. The ET experiment was divided into 3 phases. In each phase, images of products were shown while the participant had to answer a question related to the functionality or usability. The first phase assessed how intuitive the models were by asking about their function, where to hold it, how to place it on a jar, how to use it, and whether it could open different sizes of jars. In this first phase, the 6 distractors were used only for function study. This was done to prevent participants from deducing that the main product being studied was specifically intended for opening jars. In the second phase, usability affordances such as robustness, comfort, easiness to grip, lid slippery, effort level and easiness to use were assessed. And in the third, which focused only on the assessment of 2 affordances, each participant was asked (after the ET) if he or she had hesitated in any selection in order to identify decision-making patterns.

Firstly, I analysed how intuitive the models were in relation to the different aspects evaluated using ET technology. Fixations, visits, saccades, heat maps and gaze plots were analysed in order to identify the design elements that helped to define the



functionality of the AD. Based on the results, the models were classified from more to less intuitive. It was observed that the most intuitive models receive fewer fixations and visits and in them the area that best explains the function is detected more quickly. In addition, it has been found that: the rubber acts as a signifier that helps to locate the grip zone; an AD is more intuitive when its shape is similar to that of the object to which it is to be attached, such as a circular shape that attaches to a jar lid; and shapes that can be related to known functions better explain the functionality and usability of an AD, such as a handle that defines the grip zone, a familiar clothespin shape to identify the need to squeeze, or sharp metal elements that explain the function of cutting.

Secondly, the assessment of the affordances expressed by the participants was related to the metrics of fixations, visits and saccades and heat maps, in order to verify the usefulness of the ET in the analysis and evaluation of the usability affordances of AD through images. The best rated models are those that received the most attention in terms of fixations and visits. By defining areas of interest in the images for extracting ET data, it was possible to observe that, depending on which affordance and which model is being evaluated, some areas or others are observed. Again, the rubber acted as a signifier that positively enhanced the assessment in most models in affordances such as robustness, comfort and easiness to grip. The material or shape of the model also acted as signifiers in most affordances. In addition, the results of the ergonomic evaluation were generally similar to those obtained from the use of the ET technology, except for those models in which some modification was made. This fact validates the use of images to perform the experiment, since the affordances were evaluated in a similar way to reality.

Finally, based on the metrics of fixations, visits and saccades, it was found that, when there is doubt in the selection, the decision time taken is longer, while few sweeps are made with the gaze, but of greater amplitude. Additionally, it was observed that the number of saccades between the items to be selected is higher when there is doubt, and the option to be selected receives more fixations and visits when there is doubt.

# Resum

En aquesta tesi s'ha explorat la utilitat de la tecnologia d'Eye-Tracker (ET), com a tècnica objectiva del disseny afectiu, per a l'anàlisi del disseny intuïtiu, la funcionalitat i la usabilitat de producte, i s'ha realitzat una anàlisi preliminar del comportament en la presa de decisions, amb especial atenció en l'anàlisi dels comportaments de dubte.

Per a l'anàlisi del disseny de producte es va considerar d'interès utilitzar dispositius d'assistència (DA) per a manipulació en activitats de la vida diària (AVD). Els DA per a manipulació són productes dissenyats per a facilitar la realització de tasques en AVD en persones amb minvaments funcionals a la mà. En molts casos es tracta de persones amb patologies neurològiques i/o persones majors, per a les quals l'ús de DA pot suposar un esforç cognitiu, la qual cosa pot provocar el seu rebuig. Millorant el disseny intuïtiu es podria reduir aquest rebuig i afavorir el seu ús per a millorar la qualitat de vida i independència en AVD d'aquesta tipologia d'usuaris. Per això, un DA ha de transmetre clarament la seua funció perquè l'usuari siga capaç de comprendre, amb el menor esforç possible, com s'usa. Aquesta capacitat de transmissió de la funció pot ser estudiada a través dels *affordances*, que són aquelles prestacions del producte que expliquen què s'ha de fer amb ell. Quan els *affordances* no són intuïtius, és necessari incorporar elements de disseny que ajuden a transmetre com fer servir el producte o *signifiers*. La tesi proposa nous mètodes d'anàlisi dels *affordances* i *signifiers* de producte que permeten avaluar les característiques de disseny dels DA.

Per tant, es va dissenyar un experiment d'ET utilitzant imatges renderitzades de 6 obridors de pots i 6 models de productes utilitzats com distractors, amb variabilitat en la seua funció. Els 6 obridors es van modificar, creant una segona versió de cadascun afegint goma en la zona d'agarrada, com a possible *signifier* que ajuda a entendre la funció. Després de finalitzar l'experiment amb l'ET, es van fer servir els models reals dels DA per a una avaluació ergonòmica i experiència d'ús. L'experiment d'ET es va dividir en 3 fases. En totes elles s'anaven mostrant imatges i el participant havia de contestar a una qüestió relacionada amb la funcionalitat o usabilitat dels productes mostrats en la imatge. En la primera fase es va avaluar com eren d'intuïtius els models preguntant per la seua funció, per on agarrar-ho, com col·locar-ho sobre un pot, com s'ha d'utilitzar i si podia obrir diferents grandàries de pot. En aquesta primera fase es van fer servir els 6 distractors només quan es va preguntar per la funció, perquè els participants no pogueren deduir que la funció del producte principal de l'estudi era la d'obrir pots. En la segona es van valorar *affordances* d'usabilitat com la robustesa, la comoditat, la facilitat d'agarrada, l'adherència sobre la tapa, l'esforç i la facilitat d'ús. I en la tercera, només sobre la valoració de 2 *affordances*, es va preguntar a cada participant (després de l'ET) si havia dubtat en alguna selecció per a poder identificar patrons de comportament en la presa de decisions.

En primer lloc, s'ha analitzat com són d'intuïtius els models en relació amb els diferents aspectes avaluats. Per a això, a partir de les mètriques de fixacions, visites i moviments ràpids dels ulls, els mapes de calor i els *Gaze Plots*, s'ha pogut analitzar i identificar mitjançant la tecnologia ET els elements de disseny que ajudaven a definir la funcionalitat del DA. Els resultats han permès realitzar una classificació dels models de més a menys intuïtius, havent-se comprovat que els models més intuïtius reben menor nombre de fixacions i visites i en ells es detecta amb major rapidesa la zona que millor explica la seua funció. A més, s'ha comprovat que: la goma actua com un *signifier* que ajuda a localitzar la zona d'agarrada; que un DA és més intuïtiu quan la seua forma és similar a la de l'objecte al qual s'ha d'acoblar, com per exemple una forma circular que s'acoble a una tapa d'un pot; i que les formes que es poden relacionar amb funcions conegudes expliquen millor la funcionalitat i usabilitat d'un DA, com un mànec que defineix la zona d'agarrada, una forma de pinça de roba que resulta familiar per a identificar la necessitat d'estrènyer, o elements metàl·lics esmolats que expliquen la funció de tallar.

En segon lloc, s'ha relacionat la valoració dels *affordances* manifestada pels participants amb les mètriques de fixacions, visites i moviments ràpids dels ulls, i els mapes de calor, per a comprovar la utilitat de l'ET en l'anàlisi i avaluació dels *affordances* d'usabilitat de DA a través d'imatges. Els models millor valorats són els que van rebre major atenció quant a fixacions i visites, i la creació de zones d'interès en les imatges sobre les quals extreure dades de l'ET ha permès comprovar que, segons quin *affordance* i quin model s'està avaluant, s'observen unes zones o altres. De nou, la goma va actuar com un *signifier* que va millorar positivament la valoració en la majoria dels models en *affordances* com la robustesa, la comoditat i la facilitat d'agarrada. El material o la forma del model també van actuar com *signifiers* en la majoria d'*affordances*. A més, els resultats de l'avaluació ergonòmica van ser similars en general als obtinguts de l'ús de la tecnologia ET, excepte en aquells models on es va fer alguna modificació, la qual cosa dona validesa a l'ús d'imatges per a realitzar l'experiment, ja que els *affordances* es van valorar de manera similar a la realitat.

I, finalment, a partir de les mètriques de fixacions, visites i moviments ràpids dels ulls s'ha comprovat que, quan hi ha comportaments de dubte en la selecció, el temps de decisió és major, alhora que es realitzen pocs escombratges amb la mirada, però de major amplitud. També s'ha comprovat que el nombre de moviments ràpids dels ulls entre els elements en els quals s'ha de realitzar la selecció és major quan hi ha dubte, i que l'opció que se selecciona rep majors fixacions i visites quan existeix un comportament de dubte.

# Índice

Glosario de términos y abreviaturas.....	16
<b>CAPÍTULO I. Introducción .....</b>	<b>18</b>
Contexto.....	19
Estructura de la tesis .....	20
Publicaciones .....	21
<b>CAPÍTULO II. Estado del arte y objetivos.....</b>	<b>24</b>
1. Dispositivos de asistencia para manipulación en actividades de la vida diaria. Estado del arte .....	25
2. Los <i>affordances</i> en el diseño afectivo.....	32
2.1. Conceptos básicos del diseño afectivo .....	32
2.2. Funciones comunicativas del producto y <i>affordances</i> .....	34
2.3. Herramientas del diseño afectivo para medir <i>affordances</i> .....	37
3. Eye-Tracking para medir <i>affordances</i> .....	39
3.1. Qué es el Eye-Tracking .....	39
3.2. Aplicaciones del Eye-Tracking .....	39
3.3. Diseño y análisis de un experimento de Eye-Tracking .....	45
4. Conclusiones e hipótesis .....	50
5. Objetivos.....	53
<b>CAPÍTULO III. Metodología .....</b>	<b>54</b>
1. Introducción .....	55
2. Selección de dispositivos para evaluación .....	55
3. Modelado y renderizado de producto .....	58
4. Preguntas y creación de estímulos .....	61
5. Línea temporal .....	68
6. Creación de áreas de interés.....	72
7. Aplicación del experimento de Eye-Tracking .....	77
8. Evaluación ergonómica y experiencia de uso .....	78
9. Participantes en el experimento .....	81
10. Análisis de datos .....	83

## **CAPÍTULO IV. Análisis I: Evaluación del diseño intuitivo de los dispositivos de asistencia..... 85**

1. Objetivos.....	86
2. Datos utilizados.....	87
3. Análisis de datos .....	89
3.1. Evaluación del diseño intuitivo.....	89
3.2. Análisis de elementos de diseño que funcionan como <i>signifiers</i> de uso intuitivo.....	90
3.3. Análisis de las métricas del ET que permiten evaluar el diseño intuitivo	91
4. Evaluación del diseño intuitivo. Resultados y discusión.....	92
5. Análisis de elementos de diseño que funcionan como <i>signifiers</i> de uso intuitivo. Resultados y discusión .....	98
5.1. P1: ¿Para qué lo usarías? .....	98
5.2. P2: ¿Por dónde lo agarrarías? .....	105
5.3. P3: ¿Qué zona del abridor se debe colocar sobre la tapa del tarro? .....	109
5.4. P4: ¿Qué tipo de esfuerzo harías? .....	110
5.5. P5: ¿Crees que el producto puede abrir diferentes tamaños de tarros?...	111
6. Análisis de las métricas del ET que permiten evaluar el diseño intuitivo. Resultados y discusión .....	114
7. Conclusión .....	122

## **CAPÍTULO V. Análisis II: Evaluación de la percepción de los *affordances* de usabilidad de los dispositivos de asistencia ..... 124**

1. Objetivos.....	125
2. Datos utilizados.....	126
3. Análisis de datos .....	128
3.1. Análisis de los <i>affordances</i> transmitidos .....	128
3.2. Análisis de la goma en la zona de agarre como <i>signifier</i> .....	129
3.3. Análisis de otros elementos de diseño que funcionan como <i>signifiers</i> en cada <i>affordance</i> .....	129
4. Análisis de los <i>affordances</i> transmitidos .....	131
4.1. Resultados .....	131
4.2. Discusión .....	132
5. Análisis de la goma en la zona de agarre como <i>signifier</i> .....	133
5.1. Resultados .....	133
5.2. Discusión .....	137
6. Análisis de otros elementos de diseño que funcionan como <i>signifiers</i> en cada <i>affordance</i> .....	140
6.1. Resultados .....	140

6.2.	Discusión .....	146
6.2.1.	Robustez .....	146
6.2.2.	Comodidad.....	147
6.2.3.	Facilidad de agarre .....	148
6.2.4.	Adherencia sobre la tapa .....	149
6.2.5.	Esfuerzo.....	151
6.2.6.	Facilidad de uso.....	152
6.2.7.	Métricas del ET para evaluar <i>affordances</i> .....	153
7.	Conclusión .....	156

**CAPÍTULO VI. Análisis III: Análisis preliminar sobre los patrones de comportamiento en la toma de decisiones ..... 159**

1.	Objetivos.....	160
2.	Introducción .....	161
3.	Análisis.....	163
3.1.	Datos utilizados.....	163
3.2.	Análisis de datos .....	164
4.	Resultados .....	165
4.1.	Efecto del orden durante la selección .....	165
4.2.	Hipótesis 1.....	166
4.3.	Hipótesis 2.....	167
4.4.	Hipótesis 3.....	167
5.	Discusión .....	171
6.	Conclusión .....	174

**CAPÍTULO VII. Conclusión..... 175**

1.	Conclusiones.....	176
1.1.	Evaluación del diseño de producto: <i>affordances</i> y <i>signifiers</i> .....	176
1.2.	Métricas del ET para la evaluación de producto .....	176
1.3.	Patrones de comportamiento en la toma de decisiones .....	178
2.	Replicabilidad y futuras investigaciones .....	179
3.	Lecciones aprendidas del ET .....	179

**Referencias ..... 181**

**Anexo I ..... 189**

Taxonomía del agarre.....	190
---------------------------	-----

<b>Anexo II</b> .....	<b>192</b>
Modelos de dispositivos para apertura .....	193
<b>Anexo III</b> .....	<b>194</b>
Diapositivas de los proyectos A y B .....	195
<b>Anexo IV</b> .....	<b>207</b>
Hojas de control.....	208
Consentimiento informado .....	212
<b>Anexo V</b> .....	<b>214</b>
Resultados de la evaluación ergonómica .....	215
<b>Anexo VI</b> .....	<b>222</b>
Análisis I: Estadísticos descriptivos .....	223
P1: ¿Para qué lo usarías?.....	223
P2: ¿Por dónde lo agarrarías?.....	230
P3: ¿Qué zona del abre tarros se debe colocar sobre la tapa del tarro?.....	233
P4: ¿Qué tipo de esfuerzo harías?.....	237
P5: ¿Crees que el producto puede abrir diferentes tamaños de tarros? .....	240
Análisis II: Estadísticos descriptivos .....	242
P6: Evaluación de la usabilidad .....	242
<b>Anexo VII</b> .....	<b>257</b>
Mapas de calor.....	258
<b>Anexo VIII</b> .....	<b>274</b>
Gaze Plots.....	275

# Glosario de términos y abreviaturas

AAoS	Amplitud media de sacadas ( <i>Average Amplitude of Saccades</i> )
<i>Affordance</i>	Término utilizado para describir aquello que es posible hacer con un producto. Su traducción más cercana al español sería ‘prestaciones’, término también utilizado en la traducción al español del libro Norman, (2013), cuyo título en español es ‘La psicología de los objetos cotidianos’.
ANOVA	Análisis de varianza
AoI	Área de interés ( <i>Area of Interest</i> )
AVD	Actividades de la vida diaria
BE	Grupo de Biomecánica y Ergonomía de la Universitat Jaume I
DA	Dispositivos de asistencia.
Diseño Intuitivo	En la tesis se utiliza el concepto de diseño intuitivo para referirse a cómo de intuitivo es el uso de un producto en función de sus características de diseño.
DoFF	Duración de la primera fijación ( <i>Duration of First Fixation</i> )
DoI	Duración del intervalo ( <i>Duration of Interval</i> )
ET	Seguimiento de la mirada ( <i>Eye-Tracking</i> )
<i>Gaze Plot</i>	Gráfico de recorridos de la mirada
<i>Glance</i>	Vistazo
<i>Kansei</i>	Término utilizado para describir las impresiones que alguien recibe de un producto, ambiente o situación utilizando todos los sentidos. Su traducción más cercana al español sería ‘impresión subjetiva’.
NoC	Número de clics con el ratón ( <i>Number of Clicks</i> )
NoF	Número de fijaciones ( <i>Number of Fixations</i> )
NoS	Numero de sacadas ( <i>Number of Saccades</i> )
NoV	Número de visitas ( <i>Number of Visits</i> )
OAM	Osteoartrosis de mano
<i>Padding</i>	Término utilizado en ET para referirse al espacio existente entre el contenido de la AoI y su margen.
Sacada	Movimiento rápido del ojo (movimientos sacádicos).
SD	Desviación Estándar ( <i>Standard Deviation</i> )



<i>Signifier</i>	Término utilizado para describir aquellos elementos de diseño capaces de transmitir oportunidades de cómo usar el producto. Su traducción más cercana al español sería ‘significantes’.
TAoS	Amplitud total de sacadas ( <i>Total Amplitude of Saccades</i> )
TDoF	Tiempo total de Fijación ( <i>Total Duration of Fixation</i> )
TDoV	Tiempo total de Visita ( <i>Total Duration of Visit</i> )
TtFF	Tiempo transcurrido hasta la primera fijación ( <i>Time to First Fixation</i> )

# Capítulo I

## Introducción

# Contexto

Mi formación en investigación ha sido y es formando parte del Grupo de Investigación de Biomecánica y Ergonomía de la Universitat Jaume I de Castelló, grupo con el que he podido realizar mi experimento para la tesis.

El grupo, formado en 1995, centra su investigación en diversos ámbitos, con especial énfasis en la biomecánica de la mano humana, el diseño de manos artificiales, la biomecánica dental, la ingeniería emocional, la ergonomía de las herramientas manuales, y la biomecánica de la rodilla y del pie. La tesis centra la experimentación en el ámbito del diseño emocional, pero también teniendo en cuenta fundamentos ergonómicos y conceptos básicos de la biomecánica de la mano humana.

## Estructura de la tesis

El contenido de la tesis se estructura en estado del arte, metodología experimental, análisis y conclusiones. En primer lugar, el Estado del Arte (Capítulo II) define conceptos fundamentales para la comprensión de la tesis y profundiza en la investigación de los dispositivos de asistencia (DA), el diseño emocional y la tecnología de Eye-Tracking (ET). Además, detalla cómo diseñar un experimento completo de ET, para finalmente establecer las hipótesis y objetivos de la tesis.

El siguiente capítulo es la Metodología (Capítulo III), en donde se detalla cómo se diseñó la experimentación, que incluye: la creación paso a paso de los experimentos con el ET; la evaluación ergonómica y experiencia de uso; las características de los participantes; y una explicación genérica de los análisis de datos.

Los siguientes 3 capítulos detallan los 3 análisis resultantes de los experimentos (Análisis I, II y III), con sus resultados, discusión y conclusiones:

- El Análisis I (Capítulo IV) evalúa el diseño intuitivo de los DA. Parte de los resultados del Análisis I se publicaron en el 27th Congress of the European Society of Biomechanics.
- El Análisis II (Capítulo V) evalúa la percepción de los *affordances* de usabilidad de los DA. Algunos resultados del Análisis II se publicaron en 9th International Conference on Kansei.
- El Análisis III (Capítulo VI) realiza un estudio preliminar sobre patrones de comportamiento en la toma de decisiones.

Y, finalmente, la Conclusión (Capítulo VII), que engloba las conclusiones generales del experimento completo, y los desarrollos futuros.

# Publicaciones

Como miembro del Grupo de Biomecánica y Ergonomía de la Universitat Jaume I he contribuido en publicaciones en revistas especializadas y congresos a nivel nacional e internacional. Algunas de las publicaciones están relacionadas con la tesis (aquellas en el campo del diseño afectivo y ET), pero tan solo 2 forman parte del contenido de estas tesis (las publicadas en los congresos KEER 2022 y ESB 2022, detalladas a continuación). A partir del contenido de la tesis se prevé realizar otras publicaciones.

## PUBLICACIONES EN EL CAMPO DEL DISEÑO AFECTIVO Y EYE-TRACKING

### Revistas

- *The use of eye-tracking to explore the relationship between consumers' gaze behavior and their choice process (EN REVISIÓN).*

### Congresos

- *An eye-tracking study to assess the perception of usability based on affordances of assistive devices. An application to jar openers. 9th International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research (KEER 2022).*
- *Analysis of perceptions in sustainable labelling for different types of products. 9th International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research (KEER 2022).*
- *Assessing intuitive design of assistive devices to improve human biomechanical deficiencies: An Eye-Tracker study. 27th Congress of the European Society of Biomechanics (ESB 2022).*
- *Assessing assistive devices for manipulation: Design universality and users' perception. 30th Annual Meeting of the European Society for Movement Analysis in Adults and Children (ESMAC 2021).*
- *The Use of New Presentation Technologies in Electronic Sales Environments and Their Influence on Product Perception. 23rd HCI International Conference on human-Computer Interaction (HCII2021).*
- *Influencia del uso de nuevas tecnologías de presentación de producto en su percepción: explorando el conocimiento de responsables en venta online. 23rd International Congress on Project Management and Engineering.*
- *Diseño y desarrollo de prótesis pediátricas de miembro superior orientado a la estética y el diseño afectivo. VIII Reunión del Capítulo Español de la Sociedad Europea de Biomecánica (ESB).*

## PUBLICACIONES EN EL CAMPO DE LA BIOMECÁNICA Y ERGONOMÍA

### Revistas

- *Impact of osteoarthritis on maximal hand forces in different grasp types. Application to detect hand osteoarthritis.* Scientific Reports.
- *EMG and kinematics data of the hand in activities of daily living with special interest for ergonomics (EN REVISIÓN).*
- *Toward early and objective hand osteoarthritis detection by using EMG during grasps.* Sensors.
- *Hand kinematics in osteoarthritis patients while performing functional activities.* Disability and Rehabilitation.
- *Using Sensorized Gloves and Dimensional Reduction for Hand Function Assessment of Patients with Osteoarthritis.* Sensors.
- *Biomechanical function requirements of the wrist. Circumduction versus flexion/abduction range of motion.* Journal of Biomechanics.
- *Anthropometric characterisation of palm and finger shapes to complement current glove-sizing systems.* International Journal of Industrial Ergonomics.

### Congresos

- *Validation of a data glove calibration protocol in hand osteoarthritis patients.* 28th Congress of the European Society of Biomechanics (ESB 2023).
- *Evaluación cinemática de la mano en pacientes con rizartrrosis durante la realización de actividades de la vida diaria.* XI Reunión del Capítulo Español de la Sociedad Europea de Biomecánica.
- *Efecto del peso del producto y del género en la postura de la mano y en la actividad muscular del antebrazo en manipulación de botellas con asa.* XI Reunión del Capítulo Español de la Sociedad Europea de Biomecánica.
- *Forearm skin zones of the non-dominant hand with similar muscle activity during bimanual ADL.* 9th Congress of Biomechanics.
- *Analysing kinematic representativity of tasks from Sollerman Hand Function Test.* 9th World Congress of Biomechanics.
- *Hand posture and forearm muscle activity during reaching and transportation tasks: effect of product weight and task height.* 27th Congress of the European Society of Biomechanics.
- *UJI-Open Hand Function: Herramienta de valoración funcional de la mano de acceso abierto.* X Reunión del Capítulo Nacional Español de la Sociedad Europea de Biomecánica.
- *Thumb range of motion in osteoarthritis and effect on hand function.* The XXVIII Congress of the International Society of Biomechanics (ISB).
- *Reduction of number of tasks to obtain hand kinematic synergies.* The XXVIII Congress of the International Society of Biomechanics (ISB).
- *About generalization and interchangeability of hand kinematic synergies.* 26th Congress of the European Society of Biomechanics (ESB).

- *Suitability of using instrumented gloves to measure distal interphalangeal joints kinematics. 25th Congress of the European Society of Biomechanics (ESB 2019).*

## **PREMIOS**

- Proyecto premiado en la 'II Convocatoria para proyectos de investigación en compromiso social Banco Santander 2022': *Dispositivos de asistencia a personas con deficiencias funcionales: hacia diseños más intuitivos que favorezcan su uso mediante Eye-Tracking*

# Capítulo II

Estado del arte y objetivos



# 1. Dispositivos de asistencia para manipulación en actividades de la vida diaria. Estado del arte

Los dispositivos de asistencia (DA) para manipulación en actividades de la vida diaria (AVD) están destinados a facilitar la realización de tareas especialmente a personas con mermas en las capacidades funcionales de sus manos por patología o lesión (Duruöz, 2014). Estos dispositivos son relevantes, pues según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de mil millones de personas viven con algún tipo de discapacidad, un número en aumento debido a que la esperanza de vida es cada vez mayor. Las personas mayores y/o con patologías o lesiones que afectan al miembro superior pueden ver comprometida la capacidad de agarre y manipulación de la mano, dificultando así la realización de AVD, principal factor para clasificar el grado de discapacidad según la Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud de la OMS (World Health Organization, 2001). De las actividades en las que el miembro superior está involucrado, las más destacables son las tareas de cuidado personal y del hogar (Vergara et al., 2015).

La capacidad de agarre y manipulación está disminuida en las personas mayores, y se ve agravada por patologías de mano de alta prevalencia. Por ejemplo, la osteoartritis de mano (OAM) es la principal causa de discapacidad musculoesquelética en la mayoría de los países occidentales (Jones et al., 2001), y afecta en mayor medida a mujeres mayores de 55 años (Dahaghin et al., 2005). La OAM es una patología reumática causada por la pérdida progresiva del cartílago, el desgaste de los huesos y el debilitamiento de los músculos (Arden & Nevitt, 2006), cuyos síntomas más comunes son dolor, reducción de fuerza, dificultad en la movilidad de las manos y deformidad, que provocan una pérdida progresiva de la funcionalidad. Otro ejemplo son los 15 millones de personas que sufren un ictus anualmente en todo el mundo, de las que la mitad nunca recuperará por completo la función de la mano necesaria para realizar las AVD de forma independiente (Welmer et al., 2008), afectando en este caso no solo a las AVD relacionadas con el hogar o el aseo, sino también al desempeño de la función cognitiva así como las habilidades sociales (Vergara et al., 2015), con un efecto todavía mayor en la calidad de vida.

La capacidad de agarrar y manipular objetos con las manos para realizar AVD implica un complejo control neuromuscular de la intrincada cinemática de la mano (Castiello, 2005). El alcance del objeto precede al agarre, y combina un movimiento de aproximación de la mano al objeto con el movimiento de las articulaciones para conformar el agarre necesario, que será escogido por el sistema nervioso central

dependiendo de la fuerza y destreza necesarias para realizar la tarea (Jarque-Bou et al., 2020). El agarre permite la sujeción estable del objeto, y/o la manipulación posterior para llevar a cabo las actividades, y en literatura se han propuesto diferentes taxonomías de agarres, como la utilizada por el grupo de Biomecánica y Ergonomía de la Universitat Jaume I (BE) en sus estudios (Vergara et al., 2014), taxonomía que se utiliza a lo largo de la tesis (detallada en el Anexo I). La manipulación puede ser tan sencilla como trasladar un objeto o tan compleja como transportar y manipular simultáneamente un objeto de forma precisa con la punta de los dedos (Landsmeer, 1962). Dependiendo de la patología o circunstancia que genere la disfunción, se tendrán unas limitaciones u otras, afectando bien a conformar unos agarres determinados, a ejercer fuerzas en determinadas direcciones o a la capacidad de controlar de forma diestra los movimientos, y por tanto las necesidades a cubrir por los DA van a ser diferentes, incluso para realizar una misma tarea (Duruöz, 2014; Roda-Sales et al., 2019b, 2019a). Así, en el caso de OAM, las tareas más problemáticas son las relacionadas con la gestión del hogar que precisan de una mayor fuerza de agarre combinada con movimientos de torsión (Kjeken et al., 2005; Stamm et al., 2016). En un estudio del grupo BE en que se encuestó a 33 pacientes de OAM (edad  $70.0 \pm 10.0$  años) (Gracia-Ibáñez et al., 2022), el 72% refirió problemas en su día a día a la hora de manipular objetos muy pequeños, el 52% para recoger monedas, el 67% reportó dificultades para manipular objetos pesados, y el 58% durante la preparación o corte de alimentos. Pero de todos los problemas referidos, cabe destacar que el 82% de las encuestadas reportaron dificultades para abrir tarros (Figura 1), en consonancia con otros estudios que valoran esta tarea como la más limitante en personas mayores (Weeks-Levy et al., 2020). Pero, pese a los elevados porcentajes de dificultades reportados en este estudio sobre OAM, todas las participantes reconocieron no usar DA que les facilitaran la manipulación en las tareas en las que solían tener mayor dificultad.



*Figura 1. Ejemplo de manos con artrosis tratando de abrir un tarro.*

A la hora de proporcionar asistencia para realizar las AVD existen diferentes opciones, como son las ayudas técnicas y DA, por una parte, y los exoesqueletos y las

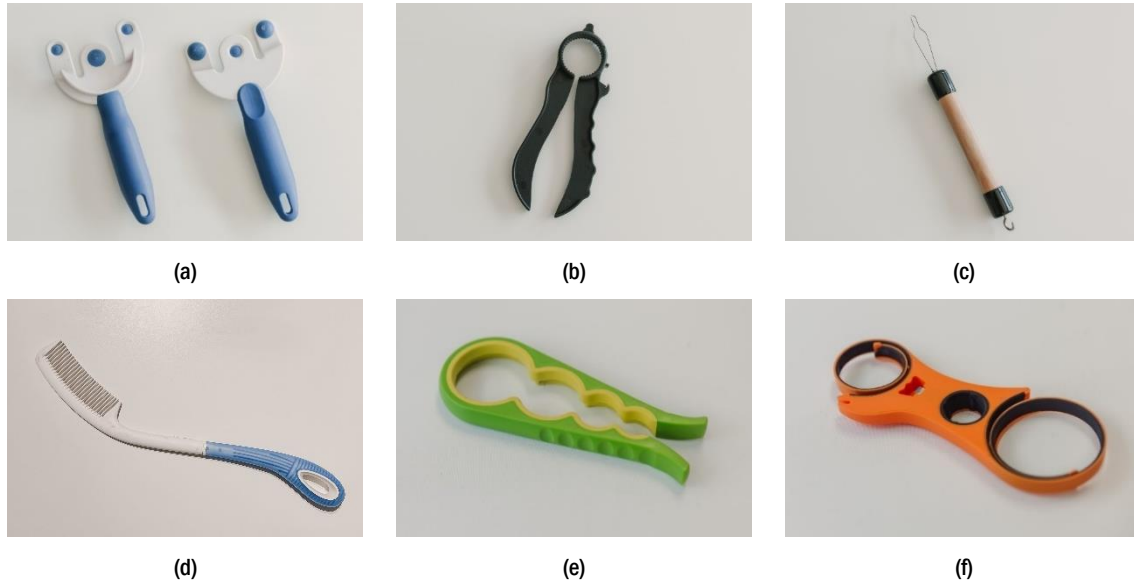
órtesis por otra (Figura 2). Los primeros actúan sobre el producto a manipular, y los últimos actúan sobre la mano.



Figura 2. Ejemplos de alternativas para asistencia en AVD: (a) Ayuda técnica: mango para grifería; (b) DA: cuchara adaptada; (c) Exoesqueleto Soft Robotic Glove (Polygerinos et al., 2015); (d) Ortesis de pulgar.

Los exoesqueletos son dispositivos robóticos que actúan sobre la mano, supliendo sus carencias motoras para permitir el agarre y la manipulación, pero hoy por hoy todavía no son una alternativa práctica, son muy pocos y limitados los disponibles comercialmente (Noronha & Accoto, 2021). Las órtesis en realidad no asisten sino que protegen las articulaciones para intentar minimizar el deterioro articular, si bien su efecto clínico es discutible (Bobos et al., 2019). En el caso de OAM, las tasas de abandono de férulas están por encima del 70 % (Bula-Oyola et al., 2022). Ambos pueden presentar problemas, entre otros, de rechazo por su aparatosidad (Vaes, 2019), de forma que el estigma que conlleva su uso puede no compensar sus beneficios funcionales dependiendo del grado de discapacidad. Las ayudas técnicas y los DA son opciones más realistas y prácticas hoy en día. Las ayudas técnicas son intervenciones sobre los productos estándar, para aumentar o reemplazar su función (Duruöz, 2014), tratando de ayudar a superar la reducción de movilidad y fuerza de agarre de la mano. Las estrategias más habituales consisten en alargar y engrosar los mangos, incorporar asas o mangos adicionales, o añadir palancas para reducir el esfuerzo efectivo a aplicar. Por su parte, los DA se diferencian de las ayudas técnicas

en que es el propio dispositivo el que ayuda a mejorar la función, sin necesidad de adaptaciones (Figura 3).



*Figura 3. Ejemplos de DA para manipulación, siendo: (a) para sujetar platos o bandejas; (b) para abrir botellas de tapón de rosca o chapa; (c) para subir y bajar cremalleras, y abrochar botones; (d) peine adaptado; (e) para abrir tarros; (f) para abrir tarros, botellas de rosca y chapa, y latas de anilla.*

El uso de DA disminuye los requerimientos que supone la realización de determinadas tareas, sustituyendo los impedimentos en el rango de movimiento, fuerza muscular, resistencia y destreza manual, mejorando las capacidades funcionales de las personas con patología en las manos (Kjeken et al., 2011; Rogers & Holm, 1992). Ayudas técnicas y DA, por tanto, ayudan a alcanzar la mayor independencia posible del usuario, para mejorar su calidad de vida y reducir el impacto de enfermedades que afectan a la capacidad de ejecución de las actividades de la vida diaria (AVD) (Duruöz, 2014; Kjeken et al., 2011; Roda-Sales et al., 2019a), pero, además, ayudan a evitar o ralentizar el deterioro de las estructuras de la mano (Duruöz, 2014). Por el contrario, no usar dichos dispositivos podría provocar un agravamiento de la patología o propiciar posibles accidentes domésticos. Sin embargo, diferentes estudios indican que parece haber un rechazo bastante generalizado a su uso (Chen, 2020; de Boer et al., 2009; Tao et al., 2020; Torrens et al., 2019), en línea con los resultados del estudio del grupo BE (Gracia-Ibáñez et al., 2022), en donde todas las participantes con OAM reconocieron no usar DA que les facilitaran la manipulación en las tareas en las que habían reportado tener dificultades.

Diferentes trabajos han proporcionado evidencias de cómo afectan las características de diseño de las ayudas técnicas a su función (Bauer et al., 2011; Ma et al., 2008; van Dam et al., 2023). Por ejemplo, en el caso de pacientes de Parkinson, el diámetro del mango del producto afecta a la velocidad y suavidad del movimiento, siendo mejor valorados aquellos productos que se manejaban con mayor velocidad y suavidad (Ma

et al., 2008). Algunos trabajos han tratado de identificar los motivos de rechazo y abandono mediante encuestas a los usuarios (Mann et al., 1993; Skymne et al., 2012; Tao et al., 2020; Wielandt, McKenna, et al., 2006), y de sus resultados se señala la importancia de la participación del terapeuta ocupacional en la selección de dispositivos debido a la inadecuada información de los pacientes (Mann et al., 1993), y la importancia de considerar las percepciones y opiniones del usuario durante el proceso de selección de la ayuda técnica para evitar el rechazo (Wielandt, McKenna, et al., 2006).

En el caso de los DA, diferentes estudios han demostrado su efectividad (Kjeken et al., 2005; Nordenskiöld et al., 1998). Así, la dificultad percibida por 21 mujeres diagnosticadas de artritis reumatoide con una media de edad de 47 años en las tareas de comer, cocinar y aseo personal, se reduce al utilizar DA (Nordenskiöld et al., 1998), y en el caso de pacientes con artrosis, el uso de DA reduce el dolor y aumenta la capacidad para realizar AVD (Kjeken et al., 2005). Las características de diseño de los DA afectan lógicamente a su función. Así, los mangos recubiertos de goma parecen ser mejor opción que los de plástico, proporcionando una superficie antideslizante para el agarre (Maleki-Ghahfarokhi et al., 2022), y los diámetros y formas del mango, afectan significativamente la cinemática de la mano (Roda-Sales et al., 2019b), incidiendo en la facilidad de uso o la incomodidad (Maleki-Ghahfarokhi et al., 2022). Los DA tienden a sustituir el uso de agarres de precisión (tipo pinza) por agarres de tipo cilíndrico (Roda-Sales et al., 2019a), permitiendo mayor estabilidad y mayor capacidad para ejercer fuerza. Sin embargo, existen diferentes DA para una misma tarea, y los agarres que requieren hacen que no todos ellos sean adecuados para todas las patologías (Roda-Sales et al., 2019a).

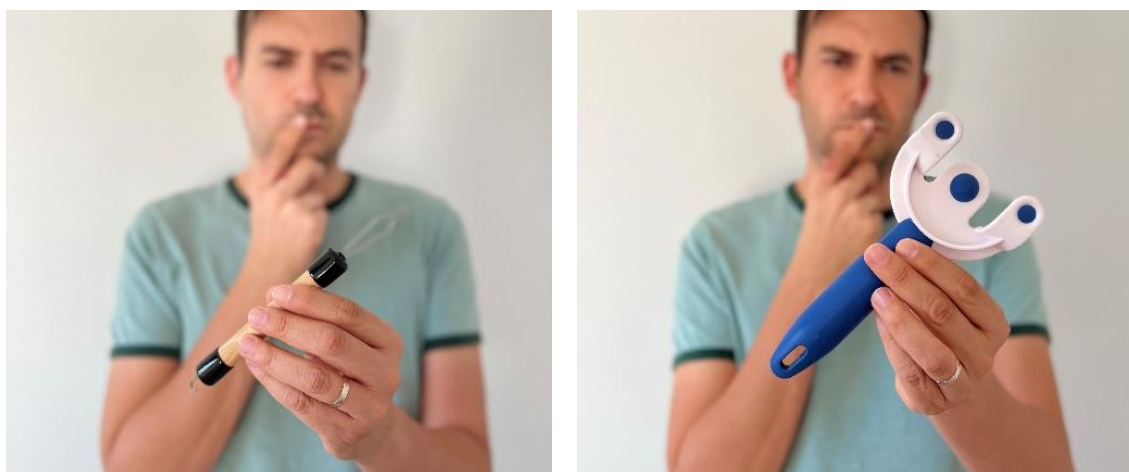
Algunos trabajos apuntan diferentes motivos del rechazo al uso de los DA: (i) demandas excesivas de fuerza y/o destreza (de Boer et al., 2009), (ii) demandas cognitivas excesivas, ya que a ciertas edades o sufriendo ciertas patologías neurológicas es más difícil entender el funcionamiento de nuevos dispositivos (Yusif et al., 2016), y (iii) problemas de aceptación relacionados con el estigma u otras emociones negativas (Chen, 2020). Y es que, para lograr su objetivo, un DA debe ser eficaz y seguro, pero también fácil de usar y aceptado por el usuario.

Además de una buena optimización ergonómica que asegure la eficiencia y seguridad del DA, éste también debe ayudar a crear una autoimagen positiva y mayor dignidad personal (Yusif et al., 2016). Es fundamental que el DA transmita emociones positivas para garantizar su uso. Las emociones positivas se asocian con una mayor seguridad e independencia, mientras que las emociones negativas pueden generar frustración, estigma y desinterés en el uso de los DA (Chen, 2020). Tanto el significado del producto como las emociones que transmite deben tenerse en cuenta a la hora de generar las preferencias del producto, considerando los criterios del usuario desde el inicio del proceso de desarrollo (Agost & Vergara, 2014). En definitiva, es fundamental que la persona acepte usar el producto y se sienta natural y cómoda usándolo, y esto es algo que no cumplen muchos de los DA. Aunque hay

algunos trabajos sobre evaluación afectiva de los DA, son muy pocos los que tienen que ver con DA para manipulación con las manos. Estos trabajos utilizan la metodología del diferencial semántico (Osgood et al., 1957) para medir la percepción que los consumidores tienen sobre el diseño. En el caso de sillas de ruedas y andadores (Boiani et al., 2019), por ejemplo, se ha mostrado que aquellos DA con una estética más elaborada se consideran más inseguros y menos prácticos, y que, para los sujetos sin experiencia previa, las sillas manuales estigmatizan más que las eléctricas. Ya en el caso de DA para manipulación con la mano, Torrens et al. (2019) estudiaron el estigma producido por la cubertería adaptada, evaluando colores, formas e incluso las diferencias provocadas por la manera con la que se muestra el producto. En dicho trabajo se observó que aquellos cubiertos con zonas de agarre adaptadas eran considerados menos deseables debido a su apariencia poco convencional e incluso descrita como más médica. Este trabajo se puede complementar con el de Renda et al. (2016), también sobre cubertería adaptada, y que señala que a los usuarios sin patologías se les ofrece una amplia gama de marcas, estilos, materiales y asequibilidad, mientras que a los usuarios con necesidades se les ofrece piezas especializadas, generalmente con un fuerte enfoque ergonómico y poca consideración estética. Vaes (2019) considera que el contexto social y cultural es crucial para obtener información sobre los factores que pueden influir en la aceptación y apreciación emocional de un DA, y propone herramientas para diseñar DA libres de estigma.

Finalmente, referente a las demandas cognitivas, es importante tener claro que la información que transmite un producto es clave para su entendimiento (Norman, 2003). El producto debe sugerir fácilmente su función y uso cuando se presenta al usuario, es decir, los diferentes elementos como son los colores, las texturas y las formas deben comunicar información al usuario sobre su uso (Mestranda et al., 2011) (Figura 4). Cuanto más intuitivo sea un producto, menores serán las demandas cognitivas; cuanto menores sean las demandas cognitivas, mejor será la comprensión; y cuanto mejor sea la comprensión, más eficientemente se usará el producto (Yoxall et al., 2019).

La comprensión de la funcionalidad es clave en los DA, por las características de los usuarios potenciales. El usuario debe ser capaz de comprender correctamente el funcionamiento de un producto, para lo cual es necesario que la información que transmite el DA sea clara. En otras palabras, un DA debe ser intuitivo. Esa percepción intuitiva de la usabilidad puede ser estudiada a través de los *affordances*, que son todo aquello que es posible hacer con un producto, haciendo posible la acción deseada. Si los *affordances* no son intuitivos, se deben utilizar *signifiers* (elementos de diseño capaces de transmitir oportunidades de cómo usar el producto) para indicarlos. Agregar *signifiers* es la mejor manera de revelar los *affordances* y asegurarse de que el usuario entienda claramente el mensaje (Norman, 2013).



*Figura 4. Usuario tratando de entender el funcionamiento de DA para manipulación. Izquierda, se muestra un dispositivo de ayuda para abrochar botones y para subir y bajar cremalleras. Derecha, imagen de un DA para sujetar platos o bandejas.*

Los *affordances* de algunos DA se han evaluado en estudios recientes, centrandó la investigación en dispositivos utilizados habitualmente en exterior, y no tanto en DA destinados a tareas domésticas. Es el caso del estudio de Lucaites y Pagano (2018), que evaluaron los DA para caminar utilizados por personas mayores y demostraron que la experiencia previa del usuario es un factor fundamental para garantizar que los usuarios comprendan mejor su funcionamiento y lo usen adecuadamente. En los siguientes apartados se detalla el concepto de *affordance* y *signifier*, así como la aplicación de diferentes técnicas y herramientas del diseño afectivo para su análisis, focalizando el interés en la evaluación de los DA.

En definitiva, cabe destacar que, lamentablemente, muchos de los DA más comunes en AVD no siempre están diseñados teniendo en cuenta las necesidades de las personas mayores (Carmeli et al., 2003), necesidades que pueden ser tanto funcionales como cognitivas. No entender adecuadamente la finalidad para la cual está diseñado un DA puede provocar su rechazo o abandono. Además, si la información que transmite visualmente, sin necesidad de ser manipulado, también es poco intuitiva, puede provocar directamente la no adquisición del DA. Es por ello que el análisis del diseño intuitivo de los DA es fundamental para detectar aquellos elementos de diseño capaces de explicar su funcionalidad y así tratar de favorecer su uso atendiendo a los beneficios que reportan.

## 2. Los *affordances* en el diseño afectivo

### 2.1. Conceptos básicos del diseño afectivo

El diseño industrial tiene como objetivo crear una motivación hacia el producto y una experiencia placentera del mismo que incluya un significado y un mensaje para el cliente (Rosen et al., 2016). Diseñar productos atractivos requiere conocimientos sobre los sentimientos e impresiones que provocan los productos en el usuario (Schütte, 2005) y poder evaluar si el diseño es capaz de atraerle emocionalmente (Zhou et al., 2014). Los elementos del producto que proyectan o no una emoción apelan a diferentes factores (Quarante, 1992): emocionales, relacionados con la subjetividad; cognoscitivos, relacionados con lo que se conoce, con nuestros conocimientos y cultura; intelectuales, la satisfacción ante la comprensión de un producto; y psico-fisiológicos, en que el placer estético depende de la calidad de nuestras sensaciones. Además, a estos factores se les puede complementar los 3 modos que componen la experiencia de la percepción que el ser humano tiene de un producto (Rosen et al., 2016):

- el modo sensorial, que incluye las percepciones de los estímulos experimentados con cualquiera de los sentidos del receptor;
- el modo cognitivo, donde comprendemos, organizamos e interpretamos y damos sentido a lo que percibimos;
- y el modo afectivo, que se ocupa de las experiencias relacionadas con los sentimientos, las emociones y los estados de ánimo.

Un producto debe cubrir las necesidades y requisitos de un grupo objetivo específico y atraer su atención (Köhler et al., 2015), y, seguidamente, debería satisfacer todas las expectativas del consumidor, incluyendo la de provocar una respuesta emocional positiva (Mondragón & Vergara, 2008). La emoción no está en el objeto, está en el ser humano. Por ejemplo, no compramos un reloj porque funciona, eso es algo obvio, lo compramos, entre otras cosas, por el color o la forma, en definitiva, lo compramos porque nos gusta. Por tanto, es de vital importancia identificar métodos capaces de captar esos valores afectivos y traducirlos en soluciones concretas de diseño de producto (Schütte, 2005).

Como respuesta psicológica del consumidor frente a un producto, se puede utilizar el concepto *kansei* (Nagamachi, 1995), cuyo origen es japonés y define las impresiones subjetivas que un usuario percibe sobre un objeto. El concepto incluye un sentimiento sobre algo determinado que probablemente mejoraría la calidad de vida del usuario.



Su metodología aplicada al diseño de producto se desarrolla mediante la Ingeniería Kansei, cuyo objetivo es observar los sentimientos del cliente en la fase de generación de ideas durante el proceso de desarrollo de producto, de forma que facilita la realización del proyecto cuando llega la etapa de producción (Rosen et al., 2016). Es decir, permite relacionar las características de los productos con las necesidades emocionales de los usuarios (Mondragón & Vergara, 2008).

La motivación del ser humano tiene como objetivo cubrir ciertas necesidades, que pueden ordenarse según la importancia que tienen para nuestro bienestar en 5 niveles de motivación (Maslow & Lewis, 1987): necesidades básicas (biológicas y psicológicas); necesidades de seguridad y protección; necesidades de amor y pertenencia; necesidades de autoestima; y necesidades de autorrealización. Pero Jordan (2000) fue más allá, y adaptó la pirámide de las necesidades humanas a una pirámide de necesidades cubiertas por el producto con 3 niveles, que deben ser cubiertos imprescindiblemente en este orden (Mondragón & Vergara, 2008) (Figura 5):

- Nivel 1. Funcionalidad: el producto cumple con una finalidad o función, soluciona un problema.
- Nivel 2. Usabilidad: el producto es fácil, cómodo y seguro de usar.
- Nivel 3. Placer: cuando un producto ya es fácil de usar, la siguiente necesidad del consumidor o usuario es que el producto le proporcione algo más, no solo beneficios funcionales sino también emocionales.



Figura 5. Pirámide de Jordan (2000) de las necesidades respecto a los productos.

El objetivo del diseño afectivo (también denominado diseño emocional) es hacer nuestra vida más placentera. No solo diseñamos cosas prácticas que funcionan y se entienden, también diseñamos productos y servicios que se disfrutan y que provocan placer y diversión, en definitiva, que hacen florecer las emociones (Norman, 2013). Todas las técnicas de diseño afectivo se basan en lo que los productos transmiten. Los signos y su interpretación en la sociedad se estudian mediante la semiología o semiótica. Si extrapolamos la semiología al diseño de producto, considerándolo como un signo, tal y como apunta Bürdek (1994), podemos decir que los productos no solo tienen funciones prácticas, sino también funciones simbólicas y comunicativas, que se desarrollan a continuación.

## 2.2. Funciones comunicativas del producto y *affordances*

El concepto del lenguaje de producto puede enfocarse desde la correspondencia hombre-objeto, ya que el diseño tiene que ver con la relación entre el usuario y el producto (Bürdek, 1994). Un producto debe comunicar adecuadamente su función para satisfacer las necesidades del usuario, en sus diferentes niveles dentro de la pirámide de Jordan. Uno de los modelos que estudia las funciones comunicativas del producto es el modelo teórico de Bürdek (1994) (Figura 6).

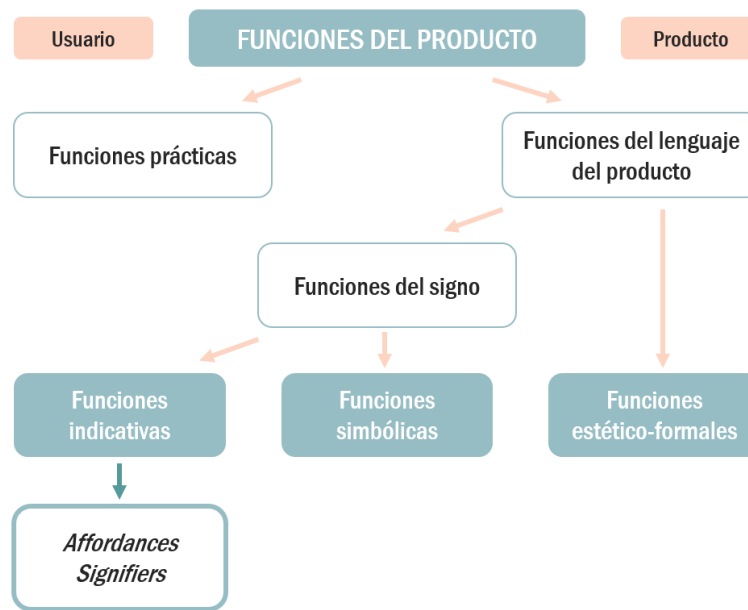


Figura 6. Modelo de las funciones del producto (Bürdek, 1994), integrando el concepto de *affordances* y *signifiers* dentro de las funciones indicativas.

Atendiendo al esquema de las funciones del producto propuesto por Bürdek (1994), las funciones comunicativas se dividen en dos: las funciones estético-formales y las funciones del signo. Las estético-formales representan el estudio formal del producto para lograr identificar y analizar los componentes o piezas del producto de forma independiente y la interrelación que se da entre ellas como integrantes de un conjunto. A su vez, las funciones del signo pueden ser indicativas y simbólicas. Las indicativas hacen visibles las funciones técnico-prácticas del producto, es decir, la calidad de producción, la tecnología y materiales utilizados, el fin práctico y la forma de uso, mientras que las simbólicas son las que transmiten mensajes, es decir, los productos se convierten, por medio de asociaciones mentales, en símbolos de su contexto de uso según la situación histórica y cultural en que se encuentran.

Uno de los modelos de comunicación más completos que analizan la respuesta del consumidor a la forma de un producto es el de Crilly et al. (2004). Todos los aspectos de la respuesta del usuario al diseño de producto se presentan como la etapa final en un proceso de comunicación entre el equipo de diseño y el consumidor (Figura 7). El equipo de diseño crea un mensaje que se codifica en un producto y el producto es

percibido por el usuario dentro de un entorno. Este entorno, definido por las condiciones físicas en que se realiza la comunicación entre el producto y los sentidos del consumidor (si se ve una imagen o se toca el producto, tipo de envase, etc.), afectará a la respuesta del consumidor, que puede ser cognitiva, afectiva y conductual. La respuesta cognitiva a la apariencia del producto se refiere al juicio que el consumidor hace sobre el producto, compuesta por 3 categorías: impresión estética, interpretación semántica (lo que dice un producto de su función, modo de uso y calidad), y asociación simbólica (lo que un producto dice sobre su propietario o usuario, su significado social y personal). La respuesta afectiva incluye todas las emociones, estados de ánimo y sentimientos que transmiten los productos. Finalmente, el comportamiento del consumidor es la forma en la que este se comporta hacia el producto (por ejemplo, lo compra o no lo compra), que se ve influida por la respuesta psicológica anterior (cognitiva y afectiva). Toda esta comunicación se produce en un contexto de consumo, en el que la cultura, los antecedentes y las experiencias del consumidor influyen en su respuesta final a los productos.

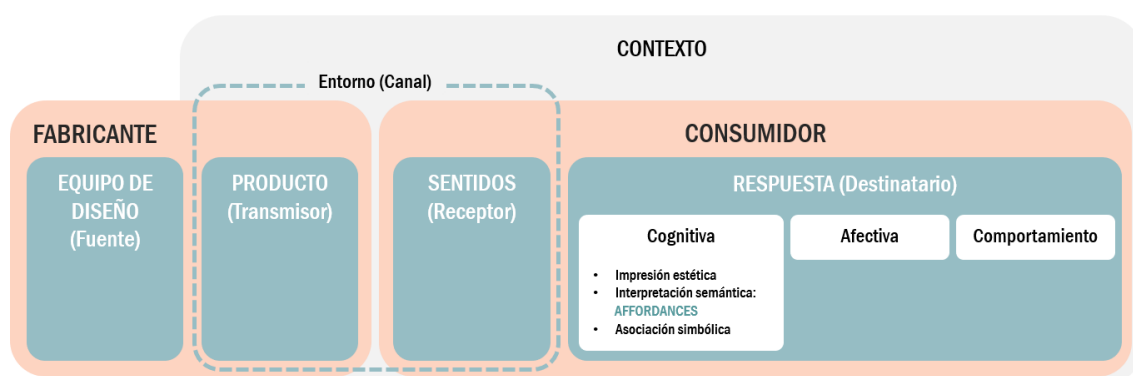


Figura 7. Modelo de comunicación de Crilly et al. (2004).

Ambos modelos de comunicación, tanto el de Bürdek (1994) como el de Crilly et al. (2004), contemplan la manera en la que la funcionalidad de los productos es transmitida o percibida por el usuario, aunque utilizan diferente nomenclatura: funciones indicativas o interpretación semántica (dentro de la respuesta cognitiva) del usuario.

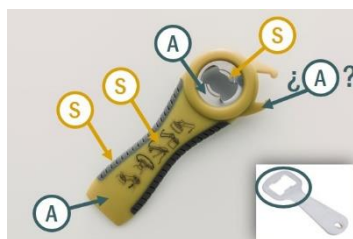
Norman (2013) desarrolla en profundidad cómo deben ser diseñados los productos para conseguir que transmitan bien cómo funcionan y te hagan sentir bien. Esto lo desarrolla en su modelo de los Principios Fundamentales de Interacción (Tabla 1). Cuando interactuamos con un producto, necesitamos saber cómo funciona, es decir, descubrir (*discoverability*) qué hace, cómo funciona y qué es posible hacer con él. Esto se descubre aplicando los 5 conceptos psicológicos fundamentales: *affordances*, *signifiers*, *constraints*, *mapping* y *feedback*. Y todo ello debe ser concorde al modelo mental que el usuario tiene de cómo funcionan los productos (*conceptual models*). La teoría de los *affordances* fue desarrollada por Gibson (1977), pero es Norman (2013) quien introduce el concepto en el diseño de producto, afirmando que los *affordances* se basan en el modelo mental y la experiencia previa que el usuario tiene del

producto. Los Principios Fundamentales de Interacción de Norman (2013) se pueden contextualizar dentro de las funciones indicativas y de la interpretación semántica de los modelos de Bürdek (1994) y Crilly et al. (2004).

Tabla 1. Principios Fundamentales de Interacción, extraídos del libro de Norman (2013).

Principios de diseño	Significado
<i>Discoverability</i>	Hacer que las cosas sean visibles. Los usuarios deben ser conscientes de las diversas funciones posibles de un dispositivo. Deben poder elegir una opción que debería funcionar para cubrir su objetivo. Pero no pueden hacerlo si las acciones no son detectables. <i>Signifiers, feedback</i> y <i>constraints</i> se pueden usar para aumentar la capacidad de <i>discoverability</i> y reducir posibles errores durante el uso.
<i>Affordances</i>	Su traducción al español sería 'prestaciones', se refiere a las propiedades percibidas y efectivas de un objeto que determinan cómo podría utilizarse, es decir, aportan pistas del funcionamiento de las cosas. Cuando se utilizan adecuadamente los <i>affordances</i> , el usuario sabe qué hacer con sólo mirar, no hace falta una imagen, una etiqueta ni una instrucción. Las cosas complejas pueden exigir una explicación, pero las sencillas no deberían exigirla. Cuando las cosas sencillas necesitan imágenes, etiquetas o instrucciones, es que el diseño ha fracasado.
<i>Signifiers</i>	Aquellos elementos de diseño capaces de transmitir oportunidades de cómo usar el producto, es decir, elementos que hacen que entendamos el funcionamiento de las cosas. La diferencia entre <i>affordances</i> y <i>signifiers</i> es que el <i>affordance</i> determina qué es lo que hace que la acción sea posible, mientras que los <i>signifiers</i> comunican dónde debería tener lugar la acción. Un buen diseño requiere comunicar correctamente su propósito al usuario, ese es el rol de los <i>signifiers</i> . La Figura 8 muestra algunos ejemplos aclaratorios de <i>affordances</i> y <i>signifiers</i> en DA.
<i>Constraints</i>	Son las restricciones. Cuando son físicas, lógicas, semánticas o culturales, pueden guiar las acciones y facilitar la interpretación. En ocasiones se agregan para evitar daños.
<i>Mapping</i>	Es el principio de la topografía, que define la relación entre el control y su acción, es decir, qué es lo que controla la acción del producto. Aprovechar las analogías físicas y las normas culturales lleva a una comprensión inmediata. Cuando no es posible usar <i>mapping</i> , se pueden añadir <i>signifiers</i> .
<i>Feedback</i>	La retroalimentación es el envío de vuelta de información al usuario acerca de qué acto se ha realizado adecuadamente y qué resultado se ha logrado. Un buen <i>feedback</i> permite al usuario responder a las preguntas sobre qué ocurrió o qué significa.
<i>Conceptual models</i>	El modelo conceptual es el modelo mental que un usuario tiene de cómo funciona un producto.

(A) *Affordances*      (S) *Signifiers*

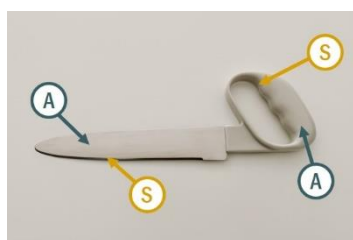


En la zona de agarre, el *affordance* es que se puede coger fácilmente por esa parte del producto gracias a: que tiene una forma que recuerda a la de una empuñadura; un tamaño adecuado para realizar el agarre oblicuo de manera cómoda; y unos redondeos que indican que es una zona que se adapta cómodamente al agarre de una mano. Otro *affordance* sería que la zona de agarre es robusta, gracias al material y el espesor que le aporta dureza. La zona de agarre tiene varios *signifiers*: la goma, que actúa como un *signifier* que indica cuál es la zona de contacto de la mano con el producto, es decir, define la zona de agarre; y las imágenes serigrafiadas, que explican cómo realizar la acción para cada una de las funciones que permite el producto.

Pero, ¿qué pasaría si las dimensiones de la zona metálica fueran mayores? La forma seguiría siendo la misma, y seguiría recordando a los abridores de chapas, pero, en cambio, pese a que se podría usar para otra cosa, no serviría para abrir chapas. El *signifier* mandaría un mensaje erróneo porque no existiría el *affordance* esperado.

En la zona de abre chapas, el *affordance* es que es *fácil de usar* para abrir botellas de chapa gracias: al tamaño, que permite adaptarse y fijarse fácilmente a un tapón de chapa; y al material, que al ser metálico se diferencia del resto del producto y por tanto explica que esa es la zona es útil para realizar la acción. El *troquelado* de esa zona metálica es un *signifier* que explica cómo realizar la acción, puesto que es una forma que resulta familiar, es decir, que recuerda a la forma de los abre chapas tradicionales y permite saber cómo y en qué dirección colocar el producto para realizar la acción.

Los dos salientes superiores junto a la zona de abrir chapas serían una *affordance* no resuelto, ningún *affordance* indica para qué usarlo o sobre qué superficie se puede adaptar esa forma, pero gracias a los *signifiers* serigrafiados, es posible entender su función.



En la zona de agarre hay varios *affordances*: *facilidad de agarre*, gracias a su tamaño, puesto que cabe una mano humana; *comodidad*, gracias al espesor de la zona de agarre y la inclinación con respecto a la horizontal, que permiten una postura cómoda de la muñeca; *robustez*, gracias al material y espesor, que le aporta dureza. Las *hendiduras* de la zona de agarre actúan como *signifier*, puesto que explican cómo y dónde colocar los dedos durante el agarre.

En la zona de corte, el *affordance* es la *facilidad de uso*, gracias al material metálico, que indica que es la parte de corte, y la forma, que es la habitual de los cuchillos. Para saber qué lado usar para cortar, tengo el *signifier* de la *zona afilada*.

Figura 8. Ejemplos de *affordances* y *signifiers* en DA para abrir botellas de chapa (entre otras funciones), y para cuchillo adaptado.

### 2.3. Herramientas del diseño afectivo para medir *affordances*

En el campo del diseño afectivo, algunas de las técnicas que pueden ser utilizadas para la evaluación funcional de los productos son: encuestas como el diferencial semántico (técnica subjetiva), y el Eye-Tracking (ET) (técnica objetiva).

El diferencial semántico es uno de los principales métodos utilizados en el análisis afectivo de productos para medir la percepción que los consumidores tienen de un objeto (Osgood et al., 1957). El fin de dicho instrumento es explorar las dimensiones del significado. Es decir, ante un objeto o imagen del mismo se solicita a un sujeto que emita un juicio subjetivo. El juicio se hace sobre pares de adjetivos opuestos (por ejemplo, clásico/moderno) y según una escala con graduación numérica (Vergara & Mondragón, 2008). Una buena selección de adjetivos determinará el nivel de éxito del estudio (Mondragón et al., 2005). Los pares de adjetivos opuestos se obtienen mediante la selección previa de las palabras kansei (Nagamachi, 1995).

La tecnología ET permite, de manera más objetiva, evaluar la funcionalidad transmitida por un producto a partir del análisis del comportamiento de la mirada del usuario. El ET registra el movimiento de los ojos y la ubicación de la mirada a lo largo del tiempo, rastreando dónde, cómo y en qué orden se dirige la mirada durante una tarea específica (Carter & Luke, 2020).

En definitiva, desde el diseño afectivo se puede abordar la comunicación de los *affordances* (entre otros, los que afectan al diseño intuitivo y la funcionalidad), aplicando para su análisis técnicas como el diferencial semántico (con la selección de

palabras kansei), o la tecnología ET. En la tesis se ha utilizado el diferencial semántico para definir los *affordances* de usabilidad. El ET se ha utilizado como herramienta principal para la fase experimental para evaluar el diseño intuitivo de los DA y las características de diseño que transmiten los *affordances* de usabilidad. En el siguiente apartado se desarrolla detalladamente el concepto de ET y algunas de sus aplicaciones en investigación.

## 3. Eye-Tracking para medir *affordances*

### 3.1. Qué es el Eye-Tracking

El ET es un método de evaluación que registra la posición y movimiento de la mirada a través de una cámara que enfoca a los ojos del participante, normalmente situado enfrente de un monitor, indicando hacia dónde se dirige la atención (Duchowski, 2003). El recorrido de la mirada se cuantifica en varios tipos de parámetros objetivos: las fijaciones (intervalos de tiempo en los que los ojos descansan en una posición concreta asimilando la información), los movimientos sacádicos (movimientos rápidos de los ojos) y las rutas de escaneo (secuencia de sacádico-fijación-sacádico) (Köhler et al., 2015). Estos parámetros permiten obtener valores numéricos para analizar el movimiento de la mirada durante un registro, que se complementan con los mapas de calor, que ilustran la intensidad de las fijaciones mediante una gama cromática, y los gráficos de recorridos de la mirada o *Gaze Plots*, que muestran la secuencia y la posición de las fijaciones mediante puntos.

### 3.2. Aplicaciones del Eye-Tracking

El ET permite obtener impresiones visuales de los participantes, es decir, datos objetivos de la percepción y evaluación de los conceptos de diseño de un producto desde la perspectiva del usuario (Köhler et al., 2015). Mediante la tecnología ET es posible crear una conexión entre el diseñador y el usuario a través de la trayectoria del movimiento de los ojos sobre el diseño, y así comprender qué partes del producto son las más atractivas (Chang et al., 2013).

El ET suele aplicarse en diferentes disciplinas tales como (Carter & Luke, 2020): aprendizaje; infancia y desarrollo; memoria; trastornos afectivos, neurológicos y neuropsiquiátricos; investigación deportiva; comunicación; toma de decisiones; y, en el campo del diseño de producto, para evaluación de usabilidad y experiencia de uso. No obstante, aun abarcando tal variedad de disciplinas, el número de trabajos que utilizan el ET para reconocer, detectar y procesar las emociones es limitado (Lim et al., 2020). Para la tesis, el ET se aplica en la evaluación del diseño intuitivo de producto, el análisis de *affordances* de usabilidad, y para analizar patrones de comportamiento en la toma de decisiones, puesto que son las emociones las que impulsan al sujeto en la selección (Cherubino et al., 2019). A continuación, se presentan algunos trabajos que utilizan la tecnología ET en diferentes ámbitos.

Algunos trabajos utilizan la tecnología ET en investigación en el ámbito del diseño gráfico y etiquetado de producto. El estudio de He et al. (2023) analizó el comportamiento visual de los usuarios de transporte urbano mientras observaban diferentes diseños que ilustraban el trayecto que realizaban. Mediante el análisis de métricas de fijaciones y sacadas, la conclusión a la que llegó el estudio fue que menor número de fijaciones y mayor relación sacádica indicaban que la cantidad de procesamiento de información era menor, lo cual, además, ayudaba a obtener una experiencia subjetiva positiva durante la observación. Para evaluar las preferencias de los consumidores sobre los productos atendiendo a la información que se muestra en el etiquetado, el estudio de Piqueras-Fiszman et al. (2013) utilizó la tecnología ET para averiguar qué elementos del etiquetado de un producto determinado centraban la atención del consumidor, demostrando, con métricas de número y duración de las fijaciones, que sí había elementos que llamaban más la atención que otros. Además, concluyó que, incluso elementos externos al etiquetado, como la forma del objeto, también contribuyeron a la selección de las preferencias, lo cual puede ayudar a determinar cómo combinar elementos en el diseño de embalaje. No obstante, en este mismo trabajo también se concluyó que la duración de las fijaciones de ciertas áreas de la etiqueta dependía de otros factores, como la complejidad o el tamaño, y no solo del interés generado por el contenido de las áreas de interés (AoIs). Este trabajo (Graham et al., 2012) utilizó la tecnología ET para la mejora del diseño de etiquetas de alimentación para favorecer la selección del consumidor de productos más sanos. Además de concluir que reducir la cantidad de información que aparece en la etiqueta aumenta la atención del consumidor, también demostró que aumentar el tamaño de la zona de la que se quiere atraer la atención reduce los tiempos de la métrica de tiempo hasta la primera fijación y aumentan la atención en esa área determinada. Otros trabajos han centrado su investigación en el etiquetado energético para conocer qué elementos llaman más la atención y así mejorar su diseño. Brazil y Caulfield (2017) observaron que el patrón de comportamiento suele avanzar verticalmente hacia abajo desde que se realiza la primera fijación, mientras que Waechter et al. (2015), mediante el análisis de métricas de número y tiempo de fijaciones, observaron que, a mayor complejidad de la información, el tiempo de fijación era mayor, asociando el mayor número de fijaciones con las zonas de mayor importancia.

En el ámbito del diseño de producto, el ET permite evaluar la percepción que un usuario tiene de un producto determinado y así poder definir adecuadamente sus componentes (Köhler et al., 2015). Algunos trabajos han utilizado la tecnología ET para la evaluación del diseño de producto, señalando la utilidad de las diferentes métricas para la interpretación de los resultados. La duración y número de fijaciones se consideran importantes para revelar la carga cognitiva de los usuarios y la importancia percibida de los elementos de la imagen, mientras que el número de visitas puede servir para examinar cómo los sujetos combinan sus fijaciones entre diferentes AoIs (Kim et al., 2012). En el estudio de Guo et al. (2019) se midió la estética de un producto percibida por los participantes, observando que la duración de las fijaciones era mayor cuando el producto tenía un mayor nivel estético y



llamaba más la atención, señalando, además, que el tiempo de las fijaciones era mayor en imágenes agradables y que, por el contrario, cuando la estética no evocaba placer, la atención era menor. Singh y Sarkar (2022) investigaron, a través del ET, la relación entre las características del producto y las emociones del consumidor, validando la utilidad de los mapas de calor para detectar qué zonas aportan mayor información sobre la finalidad del producto. No obstante, cabe destacar que, para el análisis de producto a través del ET, se debería considerar si el participante conoce o no el producto, ya que se ha demostrado que si el sujeto está familiarizado con el estímulo que se muestra, esto puede afectar a los tiempos de decisión, siendo, en esos casos, el tiempo de observación menor (Carter & Luke, 2020).

El ET también se aplica para la evaluación de los *affordances* de producto. Yoxall et al. (2019) utilizaron el ET para cuantificar la carga cognitiva que suponía la manipulación de productos mientras los participantes realizaban un test de distracción cognitiva (un monitor mostraba aleatoriamente números del 1 al 10 cada 1.5 segundos, y el participante debía verbalizar lo más rápido posible el número mostrado). Atendiendo al *affordance* de dificultad para la apertura de envases de productos de alimentación, usaron los datos perdidos del ET para analizar la carga cognitiva, es decir, cuantificaron el tiempo que el sujeto había desviado la mirada de la pantalla y el tiempo en realizar la tarea, lo cual demostró que las tareas de destreza estaban relacionadas con la carga cognitiva. En el estudio de Burlamaqui y Dong (2017), se registró con el ET a una serie de sujetos mientras observaban productos novedosos o sorprendentes en cuanto a su diseño, y luego se les preguntó en un cuestionario sobre cómo usar el producto para comprobar si habían percibido el *affordance* de la función principal. Se analizó el número de fijaciones, el tiempo hasta la primera fijación en la AoI, y si la primera fijación se realizaba o no dentro de la AoI, pero al parecer con ninguna de estas métricas pudieron demostrar sus hipótesis que afirmaban que la zona del producto de interacción con el usuario es la más observada, y que el tiempo dedicado para entender el *affordance* iba a ser elevado. No obstante, con las métricas sí pudieron determinar que, con respecto a la percepción del *affordance* de la función principal, la ubicación donde debe ocurrir la interacción entre el usuario y el producto no es tan importante como el producto en su conjunto, que los participantes percibieron con éxito el *affordance* mirando solo algunos de los elementos del producto, y que observar demasiados elementos de un producto puede ser porque el *affordance* no se pudo percibir. También se encontró una fuerte correlación entre la percepción del *affordance* de la función principal y la explicación del funcionamiento del producto a partir de los resultados del cuestionario. Berni et al. (2020) estudiaron los *affordances* de los elementos de diseño más originales y su correspondiente función, y encontraron que el ET ayudó a estudiar la capacidad que tienen los usuarios para detectar cuáles son las intenciones del diseño del producto. La investigación de Federico y Brandimonte (2019) estaba centrada en el análisis de los *affordances* de usabilidad de herramientas. El tiempo de duración de las fijaciones permitió determinar que el tiempo observando la zona de manipulación de la herramienta era significativamente mayor que el dedicado al resto de la herramienta. En definitiva, esta breve revisión de la literatura científica

demuestra que la investigación en el análisis de los *affordances* mediante el ET es bastante limitada, sobre todo en lo referente a su aplicación en DA para manipulación.

Otra de las aplicaciones del ET de interés para el experimento de la tesis es estudiar el comportamiento de los usuarios en términos de atención, preferencias o toma de decisiones. El ET ayuda a comprender las preferencias y decisiones del usuario sobre un producto, lo cual permite a los diseñadores crear productos que resuelven sus necesidades y deseos (J. Y. Kuo et al., 2021). Algunos trabajos analizan el comportamiento en la selección de producto, afirmando que es la opción seleccionada a la que se le presta mayor atención (Fernández-Serrano et al., 2022; Orquin et al., 2021), o bien que las últimas fijaciones antes de tomar la decisión suelen ser más cortas que las primeras fijaciones (Callaway & Griffiths, 2019). Es el caso de trabajos recientes como el de Bialkova et al. (2020) que, en su investigación sobre los parámetros que generan atención y posterior selección de productos de venta en un supermercado, determinaron que cuanto mayor era el número de fijaciones y la duración de la fijación sobre un producto, mayor era la probabilidad de ser seleccionado. El trabajo de investigación de Rojas et al. (2020) utilizó el ET para evaluar el comportamiento en la toma de decisiones en sujetos de entre 7 y 12 años sobre 8 alternativas de juguetes. Tanto el tiempo de fijación como el número de visitas fue mayor sobre la versión elegida que sobre las no elegidas. Rebollar et al. (2015) analizaron los *Gaze Plots* y los movimientos sacádicos para evaluar el diseño de envases de producto, comprobando que primero se observan los elementos de diseño más importantes y luego los menos, además de detectar la tendencia a priorizar el inicio de las fijaciones en la parte superior izquierda de la imagen debido a la costumbre de utilizar el sistema de lectura habitual de la cultura occidental. Con respecto a la toma de decisiones, el trabajo de Wang et al. (2020) estudió la relación entre la toma de decisiones y el diseño del producto, valorando si el diseño era positivo o negativo, utilizando, además de la tecnología ET, la electroencefalografía (EEG), y así proporcionar datos objetivos para reducir el efecto de la subjetividad en la toma de decisiones. El trabajo llegó a varias conclusiones: a mayor tiempo de fijaciones, mayor era el interés por el diseño; encontraron diferencias significativas entre las valoraciones en los tiempos y número de fijaciones y sacadas; y, además, observaron que había parpadeo antes de la selección, demostrando así que se puede predecir la toma de decisiones en base a la respuesta fisiológica del sujeto. El trabajo de revisión de Orquin y Mueller (2013) es clave en la investigación del comportamiento en la toma de decisiones, puesto que determinó que la atención juega un papel fundamental en la toma de decisiones, estableciendo que la última fijación se realiza sobre la alternativa seleccionada, siendo en esta última fijación la duración más corta que la duración media del total de las fijaciones. Estudios más recientes (Palacios-Ibáñez et al., 2023) evaluaron las preferencias de los usuarios en la selección de diferentes modelos de mesitas de noche. Analizando tiempos de fijación, visitas y tiempos hasta la primera fijación, encontraron correlación entre las preferencias del producto y las métricas, y con los resultados obtenidos lograron predecir la decisión de los participantes analizando el comportamiento de la mirada

durante los últimos 3 segundos previos a la selección. Esta revisión bibliográfica demuestra que la tecnología ET es una herramienta potente para el análisis de los patrones de comportamiento en la toma de decisiones.

Actualmente el grupo BE ha realizado un estudio<sup>1</sup> en el que analiza la relación entre el comportamiento de la mirada y la elección de un producto mediante el ET. En el experimento, 58 participantes observaron un estímulo que mostraba imágenes renderizadas de un modelo de armario con 6 conceptos diferentes de diseño sostenible para productos más duraderos (reacondicionado, adaptable a nuevas funciones, alta durabilidad, personalizado, fácil mantenimiento y diseño flexible) y se les pidió que eligieran la versión que probablemente conservarían durante más tiempo. Para su análisis, se utilizó el tiempo total de la duración de las fijaciones, los mapas de calor y los *Gaze Plots*. Los resultados demostraron que el tiempo dedicado a mirar el producto era significativamente mayor sobre la versión seleccionada que sobre el resto de versiones. Además, los mapas de calor y *Gaze Plots* de los registros permitieron identificar y clasificar 3 patrones de comportamiento de la mirada en el proceso de selección: (i) tras observar todas las versiones, la atención se centra en 2 o 3 de ellas, que se miran alternativamente antes de hacer la selección y, finalmente, se elige una de estas versiones, normalmente la que se ha visto durante más tiempo; (ii) tras observar todas las versiones, se toma una de ellas como referencia, y el resto de versiones se miran alternativamente comparándolas con la versión de referencia, siendo la versión elegida la más vista; (iii) la mirada recorre todas las versiones y el recorrido finaliza con la selección, siendo la versión elegida generalmente la más vista. Estos patrones sugirieron que las dudas surgidas antes de la selección pueden ser estudiadas con mayor profundidad. Siguiendo esta línea, en la tesis se pretende profundizar más cuantitativamente en la predicción de patrones de comportamiento en la toma de decisiones, tratando de parametrizar comportamientos de duda durante la selección.

En definitiva, atendiendo a los usos previos del ET y su eficacia en determinadas disciplinas, en la tesis se aplica la tecnología ET para la evaluación del diseño intuitivo aplicado sobre DA. Aún no se han investigado los *affordances* de uso y los *signifiers* de los abridores de tarros, lo que podría ser clave para mejorar su diseño y promover su uso entre las personas mayores, ayudando en una actividad tan limitante para ellos. Para el análisis de los *affordances*, en investigación se ha utilizado el tiempo total de la duración de las fijaciones, siendo el número de fijaciones y el tiempo hasta la primera fijación métricas que no favorecen en la detección del *affordance* del producto. Además, los estímulos diseñados para la experimentación del análisis de los *affordances* de usabilidad también permitirán el estudio de los patrones de comportamiento en la toma de decisiones. En resumen, en la literatura científica se demuestra que el número y tiempo de fijaciones, el número de visitas, los movimientos sacádicos y el estudio de los *Gaze Plots*, aportan datos viables para su análisis (la Tabla 2 resume las principales aportaciones del ET en

---

<sup>1</sup> El artículo con los resultados se encuentra en revisión en el momento del depósito de la tesis.

diferentes ámbitos de investigación), pero, teniendo en cuenta las posibilidades del ET, estas métricas son limitadas. En la tesis se utilizarán más métricas que podrían aportar información relevante para la investigación.

Tabla 2. Tabla resumen sobre el estado del arte de trabajos de investigación relacionados con el ET.

Ámbito en el que se aplica el ET	Referencia	Métricas que utilizan	Observaciones
Diseño gráfico y etiquetado de producto	(He et al., 2023)	Número de fijaciones Movimientos sacádicos	Menor número de fijaciones indica que se ha procesado menos información. La cantidad de información que se muestra a los participantes en un estudio afecta al número de fijaciones.
	(Piqueras-Fizman et al., 2013)	Número de fijaciones Duración de las fijaciones	Elementos que llaman más la atención que otros pueden afectar en las fijaciones de los participantes.
	(Graham et al., 2012)	Tiempo hasta la primera fijación	Reducir la cantidad de información que se muestra aumenta la atención del participante. Aumentar el tamaño de la zona de interés reduce los tiempos hasta la primera fijación en esa zona.
	(Waechter et al., 2015)	Número de fijaciones Duración de las fijaciones	A mayor complejidad de la información, mayores son los tiempos en las fijaciones.
Diseño de producto	(Kim et al., 2012)	Número de fijaciones Duración de las fijaciones Número de visitas	La duración y el número de fijaciones son importantes para revelar la carga cognitiva del participante.
	(Guo et al., 2019)	Duración de las fijaciones	La duración de las fijaciones es mayor cuando existe cierto nivel estético en el producto.
	(Singh & Sarkar, 2022)	Mapas de calor	Este estudio valida la utilidad de los mapas de calor para detectar qué zonas aportan mayor información.
	(Carter & Luke, 2020)	Duración del intervalo	Estar familiarizado con el estímulo que se muestra afecta a los tiempos de decisión.
Evaluación de los <i>affordances</i> de producto	(Yoxall et al., 2019)	Duración de las fijaciones	El ET puede ser una herramienta útil para cuantificar la carga cognitiva que supone la manipulación de un producto, y así valorar si un <i>affordance</i> determinado está correctamente transmitido.
	(Burlamaqui & Dong, 2017)	Número de fijaciones Duración de las fijaciones Tiempo hasta la primera fijación	Observar el producto en su conjunto favorece la comprensión del <i>affordance</i> de la función principal.
	(Bemí et al., 2020)	Duración de las fijaciones	El ET es una herramienta que puede ayudar a estudiar la capacidad que tienen los usuarios para detectar la funcionalidad de un producto.
	(Federico & Brandimonte, 2019)	Duración de las fijaciones	La duración de las fijaciones es mayor en la zona que define la función principal de un producto que en el resto del producto.
Preferencias en la toma de decisiones	(Bialkova et al., 2020)	Número de fijaciones Duración de las fijaciones	Durante la selección de varios productos, a mayor número y duración de las fijaciones sobre uno de ellos, mayor probabilidad de ser seleccionado.
	(Rojas et al., 2020)	Duración de las fijaciones Número de visitas	La opción seleccionada recibe mayor duración de las fijaciones y mayor número de visitas.
	(Rebollar et al., 2015)	<i>Gaze Plots</i> Movimientos sacádicos	Primero se observan los elementos de diseño más importantes y luego los menos.
	(Wang et al., 2020)	Número de fijaciones Duración de las fijaciones Movimientos sacádicos	A mayor tiempo de fijaciones, mayor es el interés por el diseño de un producto.

(Orquin & Mueller Loose, 2013)	Número de fijaciones Duración de las fijaciones	La última fijación se realiza sobre la opción seleccionada, siendo la duración más corta que la duración media del total de las fijaciones.
(Palacios-Ibáñez et al., 2023)	Duración de las fijaciones Número de visitas Tiempo hasta la primera fijación	Con la tecnología ET es posible predecir la decisión de los participantes analizando el comportamiento de la mirada durante los últimos 3 segundos previos a la selección.

En el siguiente apartado se explica en detalle cómo diseñar y analizar un experimento de ET y se definen cada una de las métricas disponibles en el *software* utilizado para el experimento de la tesis.

### 3.3. Diseño y análisis de un experimento de Eye-Tracking

La tecnología de ET permite diseñar experimentos, consistentes en una serie de estímulos que se van mostrando a través de una línea temporal. Un estímulo es cualquier imagen o vídeo que puede ser usado una o varias veces durante la línea temporal de un registro completo.

El diseño de un experimento de ET conlleva (i) la creación de los estímulos, (ii) la asignación de áreas de interés (AoIs) en los estímulos para el posterior análisis de datos, y (iii) el diseño de la línea temporal, donde se establece el orden en el que serán mostrados los estímulos (puede ser aleatorio o secuencial), y el tiempo que el sujeto podrá visualizar el estímulo (el tiempo puede estar preestablecido o ser el propio sujeto quién decida pasar al siguiente estímulo cuando considere).

Las AoIs son áreas o regiones de interés que se definen alrededor de objetos o zonas de la imagen y pueden tener cualquier forma (Figura 9). Permiten conocer si la mirada del sujeto estaba dentro o fuera del área definida y, con ello, realizar el análisis numérico y estadístico para las diferentes AoIs definidas en los estímulos.

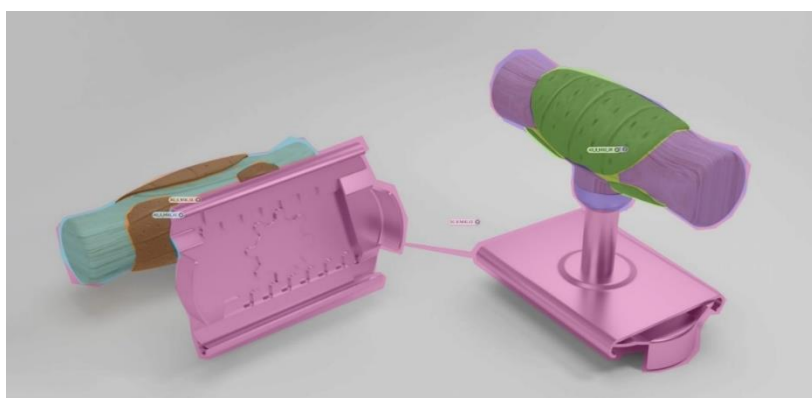


Figura 9. Ejemplo de estímulo con diferentes AoIs (sombreados de diferente color) creadas sobre zonas del objeto de interés para estudio.

El movimiento de la mirada registrado en las AoIs puede ser analizado utilizando diferentes métricas. A continuación, se presentan las métricas disponibles en el

*software* Tobii Pro X2-60, utilizado para el experimento de esta tesis, así como su representación gráfica mediante mapas de calor y *Gaze Plots* (gráfico de recorridos de la mirada).

## MÉTRICAS

Las métricas definen los valores cuantitativos que permiten calcular los datos del registro del ET. El *software* disponible en el grupo (Tobii Pro X2-60, versión 1.145) proporciona varias tipologías de métricas, algunas son para obtener datos más genéricos del estímulo que se observa (como intervalos de tiempo, eventos y sacadas), mientras que otras son más específicas y sirven para exportar datos registrados dentro de las AoIs definidas en el estímulo (como fijaciones, visitas, vistazos, clics con el ratón y sacadas, en este caso registradas dentro de la AoI).

### Intervalo

Mide tiempos de duración observando el estímulo, medida en segundos como unidad de tiempo. Los datos que se obtienen de esta métrica son de interés para el estudio cuando es el participante quien decide pasar a la siguiente imagen, puesto que permite cuantificar el tiempo de decisión. Las métricas de intervalo se definen en la Tabla 3.

Tabla 3. Métricas de intervalo y su definición.

<i>Interval Metrics</i>	Descripción
<i>Duration of Interval (DoI)</i>	El tiempo (segundos) total que ha estado el sujeto observando el estímulo
<i>Start of Interval</i>	El instante en que empezó a visualizar el estímulo con respecto al tiempo total del registro completo

### Eventos

Los eventos son marcas específicas en el tiempo que se introducen manualmente para indicar instantes de interés durante el registro. Las métricas de eventos se definen en la Tabla 4.

Tabla 4. Métricas de eventos y su definición.

<i>Event Metrics</i>	Descripción
<i>Number of Events</i>	Número de eventos en un registro completo
<i>Time to First Event</i>	Tiempo (segundos) transcurrido hasta marcar el primer evento

### Fijaciones

Los movimientos oculares se clasifican en función de la velocidad de los cambios de dirección del ojo. Esa velocidad suele medirse en grados por segundo (°/s). Si la velocidad del movimiento ocular está por debajo de cierto umbral, las muestras se

clasifican como parte de una fijación. Si la velocidad está por encima del umbral, se clasifica como un movimiento sacádico. El umbral predeterminado utilizado por el programa Tobii Pro X2-60, según indica su manual de usuario (Tobii Pro AB, 2019), es de 30 °/s. Las métricas de fijaciones se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. Métricas de fijaciones y su definición.

<i>Aol Fixation Metrics</i>	Descripción
<i>Total Duration of Fixation in Aol (TDoF)</i>	Tiempo (segundos) total (suma) de las fijaciones en cada Aol
<i>Average Duration of Fixation in Aol</i>	Tiempo medio (segundos) del total (suma) de las fijaciones en cada Aol
<i>Number of Fixations in Aol (NoF)</i>	Número de fijaciones en cada Aol
<i>Time to First Fixation in Aol (TtFF)</i>	Tiempo (segundos) en fijarse por primera vez en la Aol
<i>Duration of First Fixation in Aol (DoFF)</i>	Tiempo (segundos) que dura la primera fijación en cada Aol

### Visitas

Una visita corresponde a todos los datos (incluidos los movimientos sacádicos, los parpadeos o los datos de mirada no válidos) entre el inicio de la primera fijación en el interior de una AoI, hasta el final de la última fijación en la misma AoI. Las métricas de visitas se describen en la Tabla 6.

Tabla 6. Métricas de visitas y su definición.

<i>Aol Visit Metrics</i>	Descripción
<i>Total Duration of Visit (TDoV)</i>	Tiempo (segundos) total (suma) de las visitas en cada Aol
<i>Average Duration of Visit</i>	Tiempo medio (segundos) del total (suma) de las visitas en cada Aol
<i>Number of Visits (NoV)</i>	Número de visitas en cada Aol

### Vistazos

Un vistazo (*glance*) corresponde a todos los datos (incluidos los movimientos sacádicos, los parpadeos o los datos de la mirada no válidos) desde el primer movimiento sacádico en el interior de una AoI, hasta el final de la última fijación en la misma AOI. Las métricas de vistazos se describen en la Tabla 7.

Tabla 7. Métricas de vistazos y su definición.

<i>Aol Glance Metrics</i>	Descripción
<i>Total Duration of Glances</i>	Tiempo (milisegundos) total (suma) de los vistazos en cada Aol
<i>Average, Maximum and Minimum Duration of Glances</i>	Tiempo medio, máximo y mínimo (milisegundos) del total (suma) de los vistazos en cada Aol
<i>Number of Glances</i>	Número de vistazos en cada Aol

## Sacadas

Las métricas de sacadas permiten obtener datos de los movimientos sacádicos de un estímulo o de una AoI. Las métricas de sacadas se describen en la Tabla 8.

Tabla 8. Métricas de sacadas y su definición.

<i>Saccade Metrics</i>	Descripción
<i>Number of Saccades (NoS)</i>	Número de sacadas
<i>Number of Saccades in AoI</i>	Número de sacadas en cada AoI
<i>Average, Minimum, Maximum and SD Peak of Velocity of Saccades</i>	Velocidad media, mínima y máxima (grados/segundo) del total (suma) de las sacadas en un estímulo
<i>Average, Minimum, Maximum and Total Amplitude of Saccades</i>	Amplitud media, mínima y máxima (grados) del total (suma) de las sacadas en un estímulo
<i>Time to First Saccade</i>	Tiempo (milisegundos) hasta la primera sacada en el estímulo
<i>Direction of First Saccade</i>	Dirección de la primera sacada en el estímulo
<i>Peak and Average Velocity of the First Saccade</i>	Velocidad máxima y media (grados/segundo) de la primera sacada en el estímulo
<i>Amplitude of the First Saccade</i>	Amplitud (grados) de la primera sacada en el estímulo
<i>Time to Entry/Exit Saccade in AoI</i>	Tiempo (milisegundos) hasta la primera sacada que entra/sale de la AoI
<i>Peak velocity of Entry/Exit Saccade in AoI</i>	Velocidad máxima (grados/segundos) de la primera sacada que entra/sale de la AoI

## Clics con el ratón

Un clic se define como la combinación de los movimientos de presión del botón (izquierdo o derecho) del ratón por parte de un usuario, hasta que lo suelta. Las métricas de clic se definen en la Tabla 9.

Tabla 9. Métricas de clic y su definición.

<i>AoI Click Metrics</i>	Descripción
<i>Number of Clicks in AoI (NoC)</i>	Número de clics con el ratón en cada AoI
<i>Time to First Click in AoI</i>	Tiempo (segundos) en realizar el primer clic en la AoI
<i>Time from First Fixation to mouse click in AoI</i>	Tiempo (segundos) desde la primera fijación hasta el siguiente clic con el ratón en la AoI

## MAPAS DE CALOR

Los mapas de calor se crean sobre los estímulos y se utilizan para ilustrar, mediante una gama cromática, el tiempo o número de fijaciones de los participantes dentro de las AoIs del estímulo. El rojo suele indicar el mayor tiempo o número de fijaciones, y el verde el mínimo, con diferentes niveles intermedios (Figura 10). Se pueden representar para un sujeto en concreto o para grupos de sujetos.



## GAZE PLOTS

Los gráficos de recorridos de la mirada o *Gaze Plots* muestran, mediante puntos, la secuencia y la posición de las fijaciones en un estímulo. El tamaño de los puntos indica la duración de la fijación y los números dentro de los puntos representan el orden de las fijaciones. Se pueden utilizar para ilustrar el patrón de mirada de uno o varios sujetos en un estímulo específico (Figura 11).

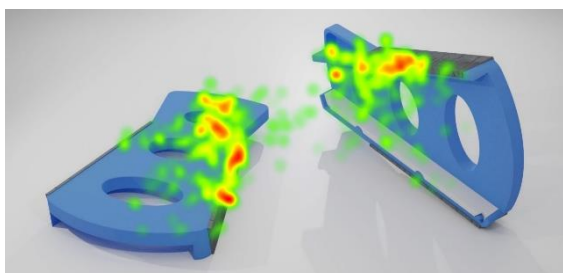


Figura 10. Ejemplo de mapa de calor resultante de un estímulo del experimento realizado.

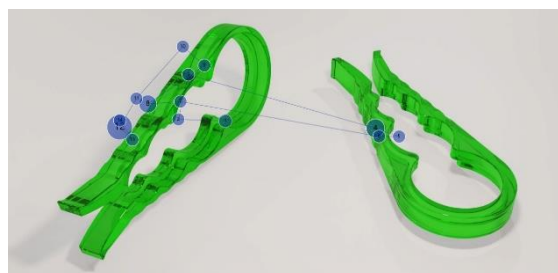


Figura 11. Ejemplo de secuencia de Gaze Plots de un sujeto resultante de un estímulo del experimento realizado.

La Figura 12 define gráficamente el concepto *Gaze Plot* y de fijaciones y visitas dentro de una AoI en un estímulo.

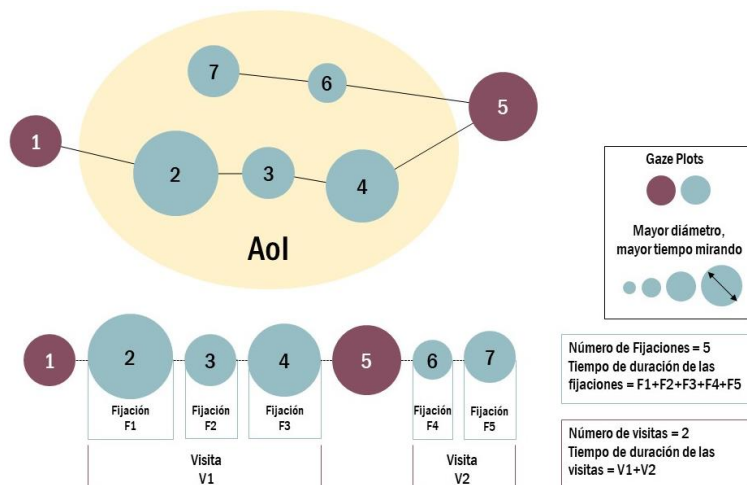


Figura 12. Explicación gráfica de las fijaciones, las visitas y los Gaze Plots.

Pero, durante un experimento, no todos los movimientos de la mirada quedan registrados por el ET. Durante un registro el participante parpadea e incluso puede apartar la mirada de la imagen, lo cual se traduce en porcentajes de registro inferiores al 100%. El parpadeo suele provocar una pérdida de datos del 5 al 10 % durante una grabación (Tobii Pro AB, 2019). Para la tesis se considera que un porcentaje de registro por debajo del 75 % es motivo para descartar al participante para el análisis de datos.

## 4. Conclusiones e hipótesis

Los DA para manipulación son productos diseñados para facilitar la realización de tareas en AVD, mejorando así la función en personas con mermas en la capacidad de agarre y manipulación por patología de mano o en personas mayores, que ven agravadas sus mermas con patologías propias de la edad como por ejemplo la OAM. Las necesidades a cubrir por los DA dependen del tipo de patología o situación, y por tanto las estrategias de diseño de los DA buscan originar cambios diferentes en el agarre, la destreza y/o la fuerza requeridos durante la manipulación. En la literatura se pone de manifiesto que, en el hogar, las AVD más problemáticas son las que precisan de una mayor fuerza de agarre combinada con movimientos de torsión, como es el caso de abrir tarros. Sin embargo, también se ha constatado que las personas que reportan este problema apenas utilizan DA que podrían facilitarles dicha tarea. Diferentes estudios indican que parece haber un rechazo generalizado al uso de DA. Uno de los motivos de rechazo que se apunta es el de requerir demandas cognitivas excesivas (junto a fuerza y/o destreza excesivas, y a problemas de aceptación relacionados con el estigma u otras emociones negativas), ya que, a ciertas edades, o sufriendo ciertas patologías neurológicas, se es más reticente a cambios, y más cuando estos suponen un gran esfuerzo cognitivo. Por tanto, es importante que un DA transmita lo más claramente posible su función, para que el usuario sea capaz de comprender correctamente y con el menor esfuerzo posible cómo se usa. Esta capacidad de transmisión de la función de un producto puede ser estudiada a través de los *affordances*, que son aquellas prestaciones del producto que explican qué hacer con él. Cuando los *affordances* no son intuitivos, es necesario incorporar *signifiers* que ayuden a transmitir cómo usar el producto.

En este contexto, la tesis pretende contribuir a los métodos de análisis de diseño intuitivo de productos, y en concreto de los DA, para que puedan ser utilizados en la concepción de nuevos dispositivos que tengan mayor aceptación. Teniendo en cuenta que es en las tareas del hogar en las que la necesidad del uso de DA es mayor, y que la tarea de abrir tarros es una de las más limitantes a nivel funcional, la tesis centra la experimentación en la evaluación semántica de DA para apertura de tarros.

La contribución se propone en métodos basados en el uso de ET, como técnica objetiva de análisis de los *affordances*. La tecnología ET se utiliza en investigación en diferentes disciplinas, habiéndose demostrado su potencia como herramienta para investigar en la toma de decisiones. No obstante, su uso en el campo del diseño intuitivo de los DA es todavía muy limitado. Los estudios realizados hasta la fecha solo han considerado unas pocas métricas, y de forma poco consistente: número y

tiempo de fijaciones, número de visitas, movimientos sacádicos y estudio de los *Gaze Plots*. Sin embargo, las métricas disponibles en los *softwares* de ET como el que se utilizará en la tesis son muy variadas, y su análisis podría aportar datos relevantes en el estudio del diseño intuitivo de producto, y favorecer así un estudio más sistemático y detallado de los *affordances* y *signifiers* de los DA. Las hipótesis de partida son, por tanto, que con el ET:

1. Será posible detectar métricas que se relacionen con el diseño intuitivo de los DA y que permitan el análisis de aquellos elementos de diseño que funcionan como *signifiers*.
2. Será posible detectar métricas que permitan el análisis de *affordances* de usabilidad en DA.
3. Se podrán detectar y cuantificar patrones de comportamiento en la toma de decisiones a la hora de valorar *affordances* de usabilidad en DA.

Las contribuciones se desarrollan con dos particularidades:

- El equipamiento de ET disponible es de pantalla (en la metodología se detalla el *software* y equipamiento utilizado), y, por tanto, el estudio se llevará a cabo en base a la observación de imágenes renderizadas de los DA para apertura de tarros, lo cual permitirá evaluar los *affordances* y *signifiers* que se perciben a través de la imagen. Se trata pues de evaluar cómo de intuitivos son los DA a simple vista, sin opción de tocar o manipular el dispositivo, que se correspondería más directamente con la situación de adquisición del producto envasado o a través de plataformas de venta en internet. Por otra parte, el uso de imágenes de los modelos de DA presenta la versatilidad de que éstas pueden ser modificadas para introducir las variables que se consideren necesarias en cada caso para su análisis (detallado en la metodología).
- Pese a que la tesis centra su interés en la mejora de DA destinados a personas con deficiencias funcionales y/o cognitivas, el análisis se realizará sobre participantes sanos, que no padecen ninguna de estas deficiencias. La finalidad es que las respuestas medidas a los participantes no estén sesgadas por la experiencia previa en el uso de estos dispositivos, pues se entiende que los sujetos con estas deficiencias pueden haber tenido contacto previo con DA.

Para complementar los resultados obtenidos a través del ET, y tomando en consideración que la mejor manera de obtener información sobre el producto es observando y preguntando al usuario, se realizará una posterior evaluación ergonómica y experiencia de uso con los modelos reales de abridores de tarros.

En conclusión, la contribución de la tesis usando el ET como técnica objetiva para el análisis de los *affordances* y *signifiers* de los DA para apertura de tarros, permitirá mejorar las características que definen cómo de intuitivo es un DA. Además, mejorando el diseño intuitivo de los DA, se pretende reducir su rechazo y, por tanto, favorecer su uso en personas con problemas funcionales y/o cognitivos y así mejorar su calidad de vida e independencia en la realización de AVD.

Asimismo, analizar estos dispositivos puede contribuir a la promoción de la salud y el bienestar de sus usuarios, cubriendo así el objetivo n.º 3 de desarrollo sostenible: garantizar una vida sana y promover el bienestar para todas las edades. Los resultados de esta tesis también pueden servir a los diseñadores para crear productos más inclusivos, que reduzcan la desigualdad de las personas mayores o con problemas en las manos al disponer de productos más ajustados a sus demandas y mejor aceptados, cubriendo con ello el objetivo n.º 10: reducción de la desigualdad.

## 5. Objetivos

El objetivo general de la tesis es evaluar dispositivos de asistencia para manipulación mediante el uso de la tecnología de Eye-Tracking utilizando técnicas de diseño afectivo. A la vista de la introducción y su conclusión, este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos:

- OE1.** Comprobar la utilidad de la tecnología ET como herramienta para el estudio del diseño intuitivo aplicado a una tipología de DA como son los destinados a la apertura de tarros.
  - OE1.1. Evaluar el diseño de los DA para detectar, a través de la percepción subjetiva del usuario, qué elementos de diseño funcionan como *signifiers* para su uso intuitivo, y en particular estudiar el efecto de incorporar goma en la zona de agarre.
  - OE1.2. Identificar las métricas del ET que permiten evaluar el diseño intuitivo de los DA para apertura de tarros.
  
- OE2.** Comprobar la utilidad de la tecnología ET como herramienta para el estudio de la usabilidad de una tipología de DA como son los destinados a la apertura de tarros.
  - OE2.1. Evaluar qué elementos de diseño funcionan como *signifiers* de diferentes aspectos de usabilidad de los DA mediante el análisis de sus *affordances*. En particular, estudiar el efecto de incorporar goma en la zona de agarre.
  - OE2.2. Identificar las métricas del ET que permiten evaluar la usabilidad de los DA para apertura de tarros.
  
- OE3.** Explorar la utilidad de la tecnología ET como herramienta para identificar y evaluar patrones de comportamiento y comportamientos de duda en la toma de decisiones, en particular en la selección entre modelos de DA de acuerdo a identificar diferentes *affordances*.
  - OE3.1. Identificar las métricas del ET que permiten evaluar y predecir los patrones de comportamiento en la toma de decisiones.

# Capítulo III

## Metodología

# 1. Introducción

Atendiendo a los objetivos de la tesis, para comprobar la utilidad de la tecnología ET como herramienta para el estudio del diseño afectivo de los DA se ha diseñado un experimento ET con estímulos creados a partir de imágenes renderizadas de diferentes modelos de DA. Las imágenes renderizadas han permitido modificar los modelos y el entorno para cada estímulo, para introducir las variables necesarias en cada análisis, y así cubrir los objetivos específicos de la tesis.

En este capítulo se describe el experimento de ET, y también la evaluación ergonómica de los DA que se ha realizado para comparar los resultados de la percepción subjetiva a través del ET con la experiencia de uso tras manipular el producto. La metodología detalla la selección de los DA considerados, su modelado y renderizado, la selección de preguntas y creación de estímulos, el escenario donde se realizó el experimento, la captación y selección de sujetos, y una explicación general de los análisis que se detallan en los siguientes capítulos. La fase experimental tuvo una duración aproximada de 3 meses.

## 2. Selección de dispositivos para evaluación

De acuerdo a las conclusiones y objetivos tras la revisión del estado del arte, el estudio se centró en DA destinados a la apertura de tarros. Para ello, se realizó una búsqueda exhaustiva de DA para apertura disponibles comercialmente. La búsqueda se centró en puntos especializados de venta de DA, como empresas distribuidoras de material ortopédico y puntos de venta online de productos genéricos, valorando, además, la disponibilidad para adquirirlos. Se clasificó un total de 40 modelos (Anexo II) atendiendo a su función (o funciones), tipo de agarre, tamaño, forma, material, acabado superficial y color. Finalmente, se seleccionaron 6 modelos (Figura 13) con variabilidad en el tipo de agarre, movimiento y tipo de esfuerzo durante la acción de apertura, material, forma del mango, y ajuste sobre la tapa (Tabla 10).



Figura 13. Modelos reales seleccionados para el estudio, con su número identificativo.

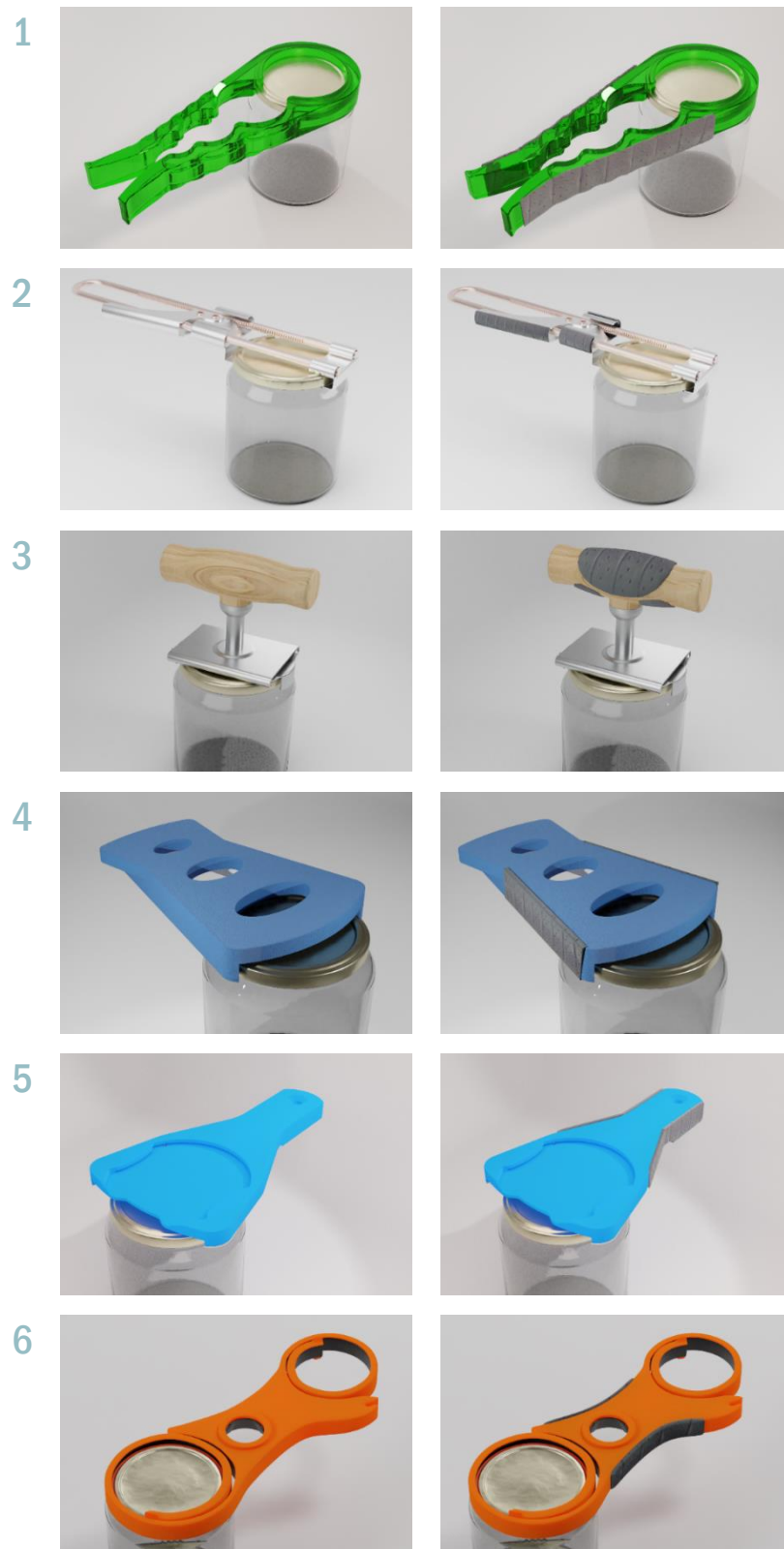


Tabla 10. Características de los modelos seleccionados.

Modelo	Funcionamiento	Agarre	Diámetros	Tipo de Material
	Apretar y girar en sentido antihorario	Cilíndrico	20 - 75 mm	Polipropileno y elastómero
	Apretar y girar en sentido antihorario	Cilíndrico	20 - 135 mm	Acero inoxidable
	Girar el mango en sentido antihorario hasta el ajuste con la tapa. Una vez fijado, presionar y continuar el giro hasta la apertura	Cilíndrico y Oblicuo	25 - 105 mm	Acero inoxidable y mango de plástico duro
	Empujar y girar en sentido antihorario	Oblicuo	20 - 72 mm	Plástico duro y elastómero
	Empujar y girar en sentido antihorario	Oblicuo	20 - 105 mm	Plástico duro y cuchilla de acero inoxidable
	Ajustar la cinta antideslizante a la tapa y girar en sentido antihorario	Oblicuo	50 - 90 mm	Plástico duro y elastómero







### 3. Modelado y renderizado de producto

Para el diseño posterior de estímulos se modelaron los DA seleccionados (usando el *software* SolidWorks©) y se crearon imágenes renderizadas (mediante el *software* Blender©) de los 6 modelos de los abridores de tarros (Figura 14) en diversas versiones: vistos desde diferentes perspectivas, junto a un tarro, y en posición de uso. Los 6 modelos de abridores se modificaron, creando una segunda versión de cada uno de ellos añadiendo goma en la zona de agarre, para estudiar si puede utilizarse como *signifier*, para ayudar a entender la función. Los renders permitieron además modificar los acabados de color y textura de algunos modelos con respecto de los que tenían los originales para tener mayor representatividad. Además de las imágenes de los 6 modelos de abridores, se modelaron y renderizaron (utilizando los mismos *softwares*) 6 productos adicionales, para ser usados como distractores (Tabla 11). Estos productos se seleccionaron con variabilidad en su función, pero en ningún caso para abrir tarros.



*Figura 14. Renders de los 6 modelos de abridores en sus dos versiones: sin goma (modelo de la izquierda) y con goma (modelo de la derecha).*

Tabla 11. Los 6 modelos distractores, con su número identificativo y funciones.

	MODELOS	FUNCIONES
7		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir botellas (tapón de rosca)</li> <li>• Abrir botellas (chapa)</li> </ul>
8		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir botellas (chapa)</li> <li>• Abrir latas</li> </ul>
9		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir botellas (tapón de corcho)</li> </ul>
10		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir botellas (tapón de corcho)</li> <li>• Abrir botellas (chapa)</li> <li>• Cortar</li> </ul>
11		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sujetar platos/bandejas</li> </ul>
12		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir botellas (tapón de rosca)</li> <li>• Abrir botellas (chapa)</li> </ul>

## 4. Preguntas y creación de estímulos

Para acometer el objetivo OE1 (comprobar la utilidad de la tecnología ET como herramienta para el estudio del diseño intuitivo de los abridores de tarros), se plantearon 5 preguntas (P1, P2, P3, P4 y P5), centradas en analizar cómo de intuitivos eran los modelos desde diferentes aspectos: función o funciones del modelo (P1), por dónde agarrarlo (P2), cómo colocarlo sobre el tarro (P3), cómo usarlo (P4) y la posibilidad de ser usado para abrir distintos tamaños de tarro (P5).

Para analizar lo intuitiva que era la función era importante que el participante no fuese conocedor de cuál era el producto principal objeto de estudio, sino que debía ser la información transmitida a través del estímulo la que ayudara a proporcionar una respuesta. Por ello, la pregunta P1 debía ser visionada en primer lugar, mostrando como estímulos los diferentes modelos de DA para apertura de tarros, pero intercalando además estímulos con los modelos distractores. Estos distractores jugaban un papel fundamental durante esta pregunta, dificultando al sujeto deducir el tipo de producto objeto del estudio. Para evaluar cómo de intuitiva era la zona por dónde se debía agarrar (P2), también se consideró interesante no indicar todavía la función del producto, mostrando como estímulos los modelos de apertura de tarros en diferentes perspectivas. Era a partir de la P3 cuando se explicaba que la funcionalidad del producto principal que estaban evaluando era la de abrir tarros, puesto que era necesaria dicha información para poder responder a las cuestiones de cómo colocarlo sobre el tarro, cómo usarlo y la posibilidad de ser usado para diferentes tamaños de tarro. Así, en cada estímulo de la P3 se mostraba uno de los 6 modelos junto a un tarro, en la P4 se mostraba el modelo sobre un tarro en su posición de uso, al igual que en la P5, en la que además se añadía una zona de selección de respuesta (Sí/No). Dentro de cada pregunta, el conjunto de estímulos se mostraba de manera aleatoria.

De manera análoga, para acometer el objetivo OE2 (comprobar la utilidad de la tecnología ET como herramienta para el estudio de la usabilidad de los abridores de tarros) se plantearon 6 preguntas (P6.1, P6.2, P6.3, P6.4, P6.5 y P6.6), que aparecían de manera aleatoria. Para la selección de preguntas para el análisis de los *affordances* se estableció el método del diferencial semántico: se componen los pares de adjetivos opuestos, los cuales se obtienen mediante la selección previa de las palabras kansei.

Para la selección de las palabras kansei se realizó una búsqueda en la literatura científica, en catálogos de venta y en páginas web especializadas. La búsqueda se

centró en trabajos vinculados a: la utilización de los DA en AVD (Amaral et al., 2018; de Boer et al., 2009; McDonald et al., 2016; Shipham & Pitout, 2003; Skymne et al., 2012; Voorbij & Steenbekkers, 2002; Yusif et al., 2016); el diseño y la percepción subjetiva de los DA (Asghar et al., 2018, 2019; Boiani et al., 2019; C. C. Kuo et al., 2020; Nordenskiöld et al., 1998; Pape et al., 2002; Yen et al., 2013); preferencias subjetivas de producto general y específicos de los DA (Carneiro et al., 2016; Crostack et al., 2010; Petiot & Yannou, 2004; Renda et al., 2013; Torrens et al., 2019; Vaes et al., 2012); diseño de producto (Christensen & Bishu, 2000; Hermann et al., 1999; Santos & Silveira, 2020; Yen et al., 2016); técnicas de diseño emocional (Ajani & Stork, 2013; Aros & Narváez, 2009; Bin et al., 2014; Company et al., 2005; Hsu et al., 2017; Köhler et al., 2015; Mondragón, 2011; Mondragón et al., 2005; Rojas et al., 2015; Rosen et al., 2016); y páginas web especializadas en venta y distribución de los DA.

La reducción de palabras partió de un listado inicial de 86 pares de descriptores (o ejes semánticos, es decir, parejas de adjetivos opuestos) (Tabla 12), consideradas palabras kansei de bajo nivel. La reducción se realizó mediante la agrupación de las palabras en diagramas de afinidad y considerando tan solo aquellas que fueran vinculantes para la evaluación de la usabilidad de los abridores de tarros, hasta obtener las palabras kansei de alto nivel.

*Tabla 12. Pares de adjetivos opuestos y palabras kansei de alto nivel.*

Diagrama de afinidad	Kanseis	Kanseis de alto nivel
<b>EMOCIONES</b>	Divertido / Aburrido Apego / Desinterés Lo compraría en una tienda común / Lo compraría en una tienda especializada en rehabilitación Recomendaría su compra / No recomendaría su compra No sentiría dolor al usarlo / Sentiría dolor al usarlo Me parece un producto barato / Me parece un producto caro Interesante / Irrelevante Agradable / Desagradable Atracción / Repulsión Aceptación / Rechazo Ilusión / Decepción Motivación / Desmotivación Orgullo / Vergüenza Prestigio / Estigma De confianza / De poca confianza No parece diseñado para manos débiles / Parece diseñado para manos débiles No parece diseñado para personas mayores / Parece diseñado para personas mayores No parece diseñado para personas con artrosis de manos / Parece diseñado para personas con artrosis de manos	
<b>CALIDAD</b>	Bueno / Malo	

	De alta calidad / De baja calidad Parece tener una vida útil larga / Parece tener una vida útil corta	
<b>ROBUSTEZ</b>	Robusto / Frágil Duro / Suave Rígido / Flexible Delicado / Basto	Robusto / Endeble
<b>LIGEREZA</b>	Compacto / Voluminoso Pequeño / Grande Ligero / Pesado Fácil de llevar / Difícil de llevar	
<b>ERGONOMÍA</b>	Cómodo / Incómodo Parece fácil de agarrar / Parece difícil de agarrar Parece fácil de manejar / Parece difícil de manejar	El producto parece cómodo de usar / incómodo de usar El producto parece fácil de agarrar / difícil de agarrar
<b>EFICACIA</b>	Independiente / Dependiente Bien pensado / Mal pensado Ahorro de tiempo / Consumo de tiempo Útil / Inútil Eficaz / Ineficaz Fácil de localizar / Difícil de localizar Uso multipropósito / Un único propósito Uso múltiple / Ocasional Parece fácil de almacenar / Parece difícil de almacenar Parece abrir fácilmente la mayoría de tarros / Parece no abrir fácilmente la mayoría de tarros Parece agarrar firmemente la tapa / Parece no agarrar firmemente la tapa	El producto parece que agarra firmemente la tapa del tarro / parece que no agarra firmemente
<b>FACILIDAD DE USO</b>	Práctico / Poco práctico Fácil de usar / Difícil de usar Simple / Complejo Funcional / No funcional Parece fácil de manejar / Parece difícil de manejar Parece que su uso requiere de bajo esfuerzo / Parece que su uso requiere de alto esfuerzo Parece fácil de usar con una sola mano / Parece difícil de usar con una sola mano El dispositivo parece adherente / El dispositivo parece deslizante	El producto parece fácil de usar / difícil de usar Parece que su uso requiere de bajo esfuerzo / de mucho esfuerzo El dispositivo parece adherente / no parece adherente
<b>RESISTENCIA</b>	Duradero / Efímero Resistente / Frágil El material parece muy resistente / El material parece poco resistente	
<b>INNOVACIÓN</b>	Moderno / Tradicional Exclusivo / Común Joven / Viejo Adulto / Infantil Innovador / Convencional De diseño / Convencional Futurista / Convencional	

	Vanguardista / Nostálgico Nuevo / Existente
<b>ESTÉTICA</b>	Atractivo / Poco atractivo Contemporáneo / Tradicional Apariencia menos médica / Apariencia más médica Bonito / Feo Elegante / Vulgar Sofisticado / Sencillo Discreto / Llamativo Formal / Deportivo Armonioso / Desequilibrado Cálido / Frío Lo compraría de este color / Lo compraría de otro color
<b>SEGURIDAD</b>	Seguro / Peligroso Estable / Inestable Proporciona seguridad / Plantea inquietudes
<b>FORMAL</b>	Creo que se me clavará en la mano al usarlo / Creo que no se me clavará en la mano al usarlo
<b>MANTENIMIENTO</b>	Fácil de limpiar / Difícil de limpiar
<b>SOCIAL/CULTURAL</b>	Barato / Caro El entorno social fomenta / El entorno social restringe Accesible / Inaccesible Personal / General De valor / De poco valor Privado / Público Formal / Informal

Con los kanseis de alto nivel se definieron un total de 6 *affordances* de usabilidad para ser evaluados: la robustez (P6.1), la comodidad (P6.2), la facilidad de agarre (P6.3), la adherencia sobre la tapa (P6.4), el esfuerzo (P6.5) y la facilidad de uso (P6.6). En cada pregunta se mostraba como estímulo una imagen con todos los modelos de abridores, pero ocupando cada uno una posición diferente dentro del propio estímulo para que la posición del modelo en la imagen no influyera en la selección del modelo durante la respuesta. De acuerdo con los ejes semánticos obtenidos, y para jerarquizar los abridores en cada *affordance*, para cada pregunta se mostraba 4 veces la misma imagen para seleccionar en este orden: el mejor, el segundo mejor, el peor y el segundo peor (Tabla 13). En dichas preguntas se evaluaban diferentes *affordances* de usabilidad, asignando para los análisis una puntuación de +2 para el mejor, +1 para el segundo mejor, -2 para el peor, -1 para el segundo peor, y 0 para los modelos no seleccionados.



Tabla 13. Preguntas de P6.

Pregunta	Affordance	Evaluación
P6.1	Robustez	El más robusto El segundo más robusto El más endeble El segundo más endeble
P6.2	Comodidad	El más cómodo El segundo más cómodo El más incómodo El segundo más incómodo
P6.3	Facilidad de agarre	El más fácil de agarrar El segundo más fácil de agarrar El más difícil de agarrar El segundo más difícil de agarrar
P6.4	Adherencia sobre la tapa	El que menos se resbalará de la tapa El segundo que menos se resbalará de la tapa El que más se resbalará de la tapa El segundo que más se resbalará de la tapa
P6.5	Nivel de esfuerzo	El que menos esfuerzo requiere El segundo que menos esfuerzo requiere El que más esfuerzo requiere El segundo que más esfuerzo requiere
P6.6	Facilidad de uso	El más fácil de usar El segundo más fácil de usar El más difícil de usar El segundo más difícil de usar

Para comprobar la utilidad de la tecnología ET como herramienta para identificar y evaluar patrones de comportamiento en la toma de decisiones (OE3) se utilizaron dos preguntas del bloque P6. El tipo de pregunta y respuesta mediante ranking permitió evaluar los comportamientos en la toma de decisiones. Para este análisis, como no se tenía evidencia de si los participantes habían dudado o no en la selección, se decidió realizar un experimento más reducido mostrando solo las P6.1 y P6.6, y las dos primeras selecciones (mejor y segundo mejor). Tras la experiencia con el ET se preguntó a cada participante si había dudado en alguna pregunta para comparar las respuestas con los comportamientos registrados.

En definitiva, el experimento del ET estaba formado por un total de 5 preguntas secuenciales sobre intuitivo (de P1 a P5) y 6 preguntas (de P6.1 a P6.6) aleatorias sobre usabilidad (Tabla 14).

Tabla 14. Preguntas del experimento ET.

Preguntas	
P1	¿Para qué lo usarías?
P2	¿Por dónde lo agarrarías?
P3	¿Qué zona del abre tarros se debe colocar sobre la tapa del tarro?
P4	¿Qué tipo de esfuerzo harías?
P5	¿Crees que el producto puede abrir diferentes tamaños de tarros?
P6	Evaluación de la usabilidad
P6.1	Robustez
P6.2	Comodidad
P6.3	Facilidad de agarre
P6.4	Adherencia sobre la tapa
P6.5	Esfuerzo
P6.6	Facilidad de uso



Algunas preguntas requerían respuesta tipo verbal y otras un clic con el ratón sobre la imagen. Los estímulos de respuesta verbal mostraban un listado de posibles respuestas a seleccionar una o varias (en estímulos de la P1 y P4), y era el instructor quien tomaba nota de la respuesta. Cuando la pregunta se definía para que la respuesta fuera seleccionar una zona concreta del estímulo, la respuesta era mediante un clic con el ratón sobre la zona seleccionada (en estímulos de la P2, P3, P5 y P6).

En las preguntas de P1 a P5, se consideraron como respuestas correctas:

- En P1 (*¿Para qué lo usarías?*), las respuestas a seleccionar eran: (a) *botellas (corcho)*, (b) *botellas (rosca)*, (c) *botellas (chapa)*, (d) *tarros*, (e) *latas (anilla)*, (f) *latas (tapa lisa)*, (g) *hacer otra cosa*. Para cada modelo se consideraron correctas las respuestas indicadas en la Tabla 15, que también recoge si el modelo tenía una sola función o era multifunción (y el número de funciones).

Tabla 15. Respuestas correctas y número de funciones por modelo en P1.

Respuesta	Modelo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a									✓	✓		
b	✓			✓	✓	✓	✓					✓
c						✓	✓	✓		✓		✓
d	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
e						✓						
f								✓				
g										✓	✓	
N.º de Funciones	2	1	1	2	2	4	2	2	1	3	1	2

 Respuesta correcta  
 Respuesta correcta de la función principal

- En P2 (*¿Por dónde lo agarrarías?*) cada participante debía hacer clic con el ratón sobre la zona del modelo que consideraba que era la zona de agarre.
- En P3 (*¿Qué zona del abre tarros se debe colocar sobre la tapa del tarro?*) cada participante debía hacer clic con el ratón sobre la zona del modelo que consideraba que era la zona de colocación sobre la tapa del tarro.
- En P4 (*¿Qué tipo de esfuerzo harías?*) las respuestas a seleccionar eran: *‘Haría el esfuerzo de (a) tirar, (b) empujar, (c) girar, (d) apretar y girar, (e) empujar y girar, (f) otros’*. La Tabla 16 muestra las respuestas correctas por modelo.

Tabla 16. Respuestas correctas por modelo en P4.

	Modelo					
	1	2	3	4	5	6
Respuesta correcta	d	d	c	e	e	c

- En P5 (*¿Crees que el producto puede abrir diferentes tamaños de tarros?*) cada participante debía hacer clic con el ratón sobre el ‘SÍ’ o el ‘NO’ mostrado en el estímulo. La respuesta correcta era ‘SÍ’ en todos los casos (todos los DA mostrados podían abrir diferentes tamaños de tarro).

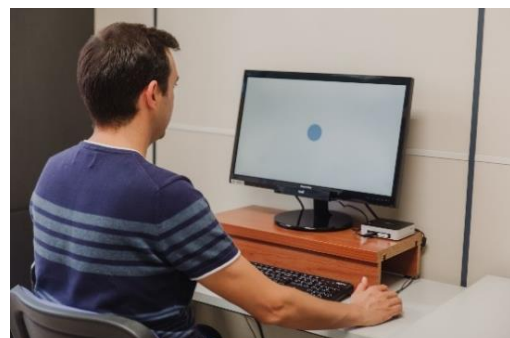
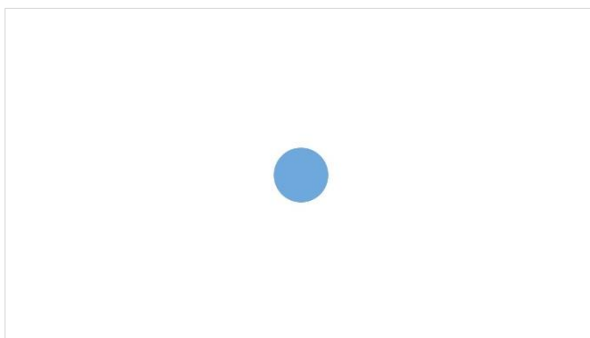
## 5. Línea temporal

Para implementar el experimento de ET se utilizó el dispositivo Tobii Pro X2-60. Se diseñaron 2 proyectos (A y B), ambos con las mismas preguntas, instrucciones, estímulos y distractores, pero con variedad en los modelos, de forma que cada sujeto evaluó los 6 abridores, pero en una sola de las versiones: el proyecto A tenía los modelos 1, 3 y 5 sin goma y los modelos 2, 4 y 6 con goma, y el proyecto B tenía la versión opuesta de los 6 modelos.

Se diseñó una misma línea temporal de estímulos para ambos proyectos, que se ilustra en la Figura 16 y que se presenta de forma sucinta en la Tabla 17.

Una primera diapositiva mostraba las instrucciones generales del estudio completo informando sobre qué se iba a observar y explicando brevemente el funcionamiento del ET, cómo se realizaba el registro, y un resumen de cómo debía responder el sujeto en cada tipo de pregunta. Para cada bloque de preguntas había además una diapositiva inicial con instrucciones particulares.

Se diseñó una diapositiva que tan solo mostraba un punto azul en el centro del monitor. Su función era restringir la posición de la mirada al inicio de cada grupo de estímulos para que el recorrido visual del sujeto siempre se iniciara en el mismo lugar (Figura 15). Mediante la tecnología ET, el punto azul estaba configurado para que avanzara a la siguiente diapositiva tan solo 1.3 segundos después de mantener la mirada dentro del punto.



*Figura 15. Diapositiva que muestra el punto azul (izquierda). Aparecía centrado en el monitor, y el participante lo visualizaba antes de iniciar un nuevo grupo de preguntas (derecha).*

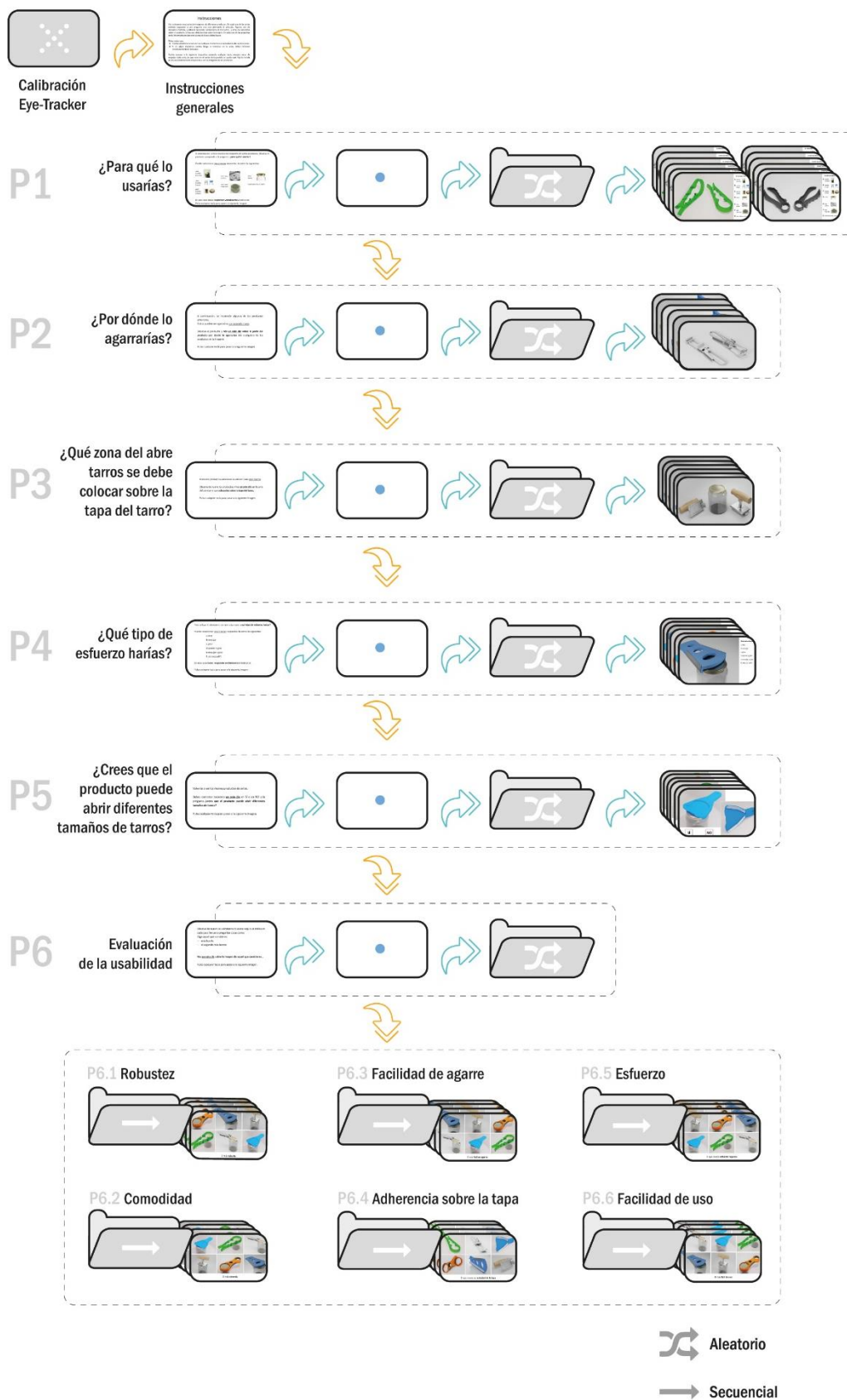
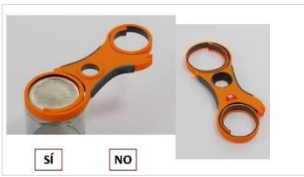


Figura 16. Esquema que representa la línea temporal de estímulos.

Finalmente, se crearon un total de 129 diapositivas (Anexo III), de las cuales 114 se usaron como estímulos para el análisis. La Tabla 17 resume el número de estímulos en cada pregunta, la descripción del estímulo y el tipo de respuesta.

Tabla 17. Descripción de la secuencia de diapositivas y estímulos del estudio.

Diapositivas	Pregunta	Número de diapositivas	Proyecto	Descripción	Respuesta al estímulo y ejemplo
Calibración	-	1	A/B	Calibración	-
Instrucciones generales	-	1	A/B	Información sobre el estudio completo	-
P1	¿Para qué lo usarías?	1	A/B	Instrucciones particulares	Respuesta verbal (varias respuestas posibles): (a) botellas (corcho); (b) botellas (rosca); (c) botellas (chapa); (d) tarro; (e) latas; (f) anillas; (g) otros
		1	A/B	Punto azul	
		6	A	Imágenes de los 6 modelos (3 con goma y 3 sin goma)	
		6	B	Imágenes de los 6 modelos (versiones opuestas)	
		6	A/B	Imágenes de los 6 distractores	
P2	¿Por dónde lo agarrarías?	1	A/B	Instrucciones particulares	Clic con el ratón sobre la zona seleccionada
		1	A/B	Punto azul	
		6	A	Imágenes de los 6 modelos (3 con goma y 3 sin goma)	
		6	B	Imágenes de los 6 modelos (versiones opuestas)	
P3	¿Qué zona del abre tarros se debe colocar sobre la tapa del tarro?	1	A/B	Instrucciones particulares	Clic con el ratón sobre la zona seleccionada
		1	A/B	Punto azul	
		6	A	Imágenes de los 6 modelos (3 con goma y 3 sin goma) junto a un tarro	
		6	B	Imágenes de los 6 modelos (versiones opuestas) junto a un tarro	
P4	¿Qué tipo de esfuerzo harías?	1	A/B	Instrucciones particulares	Respuesta verbal (elegir una): (a) tirar; (b) empujar; (c) girar; (d) apretar y girar; (e) empujar y girar; (f) otros
		1	A/B	Punto azul	
		6	A	Imágenes de los 6 modelos (3 con goma y 3 sin goma) sobre un tarro	
		6	B	Imágenes de los 6 modelos (versiones opuestas) sobre un tarro	
P5	¿Crees que el producto puede abrir diferentes tamaños de tarros?	1	A/B	Instrucciones particulares	Clic con el ratón en SÍ o NO
		1	A/B	Punto azul	
		6	A	Imágenes de los 6 modelos (3 con goma y 3 sin goma) sobre un tarro	

		6	B	Imágenes de los 6 modelos (versiones opuestas) sobre un tarro	
P6	Evaluación de la usabilidad	1	A/B	Instrucciones particulares	-
		1	A/B	Punto azul	-
P6.1	Robustez	4	A		
		4	B		
P6.2	Comodidad	4	A		
		4	B		
P6.3	Facilidad de agarre	4	A		
		4	B		
P6.4	Adherencia sobre la tapa	4	A		
		4	B		
P6.5	Esfuerzo	4	A		
		4	B		
P6.6	Facilidad de uso	4	A		
		4	B		
Agradecimientos	-	1	A/B	-	-

Clic con el ratón sobre el modelo seleccionado



Imágenes de los 6 modelos en cada estímulo (en sus diferentes versiones)

Evaluación de:

- El más
- El segundo más
- El menos
- El segundo menos



## 6. Creación de áreas de interés

Para el análisis de datos, se definieron en cada estímulo AoIs para cubrir los objetivos del estudio. Para la definición de las AoIs se consideró importante valorar si la región que cubría la AoI debía estar definida ajustada tan solo a la zona de interés o se debía dejar un espacio alrededor. En la literatura científica de ET es habitual utilizar el término *padding* para referirse al espacio existente entre el contenido de la AoI y su margen. La cantidad de *padding* que debe haber alrededor de un objeto depende de la importancia de capturar cada fijación en ese objeto, de la cantidad de espacio en blanco que rodea al objeto, y de la variación esperada de las posiciones de cada fijación entre participantes (Goldberg & Helfman, 2010). En el experimento de la tesis se consideró aplicar el *padding* para capturar con mayor exactitud las fijaciones en las AoIs. Se calculó atendiendo a las especificaciones técnicas del modelo de ET Tobii X2-60, que indican una exactitud de  $0.4^\circ$  y una precisión de  $0.32^\circ$ . Según el valor de la exactitud y siendo la distancia entre los ojos del participante y el dispositivo ET de 60 cm, el valor de *padding* resultante de la razón trigonométrica del seno del ángulo de  $0.4^\circ$  estaría entre 4 y 5 milímetros.

La Tabla 18 detalla el nombre asignado a cada AoI y la descripción de la zona que cubría (zona de agarre, la goma, zona de colocación sobre la tapa del tarro...). Algunos modelos multifunción precisaron de AoIs más específicas y exclusivas que cubrían regiones con una función determinada (por ejemplo, una zona específica diseñada para abrir latas u otra zona para abrir botellas), también detalladas en la Tabla 18. Además, se creó una AoI (denominada AoI Estímulo) que cubría toda la imagen, excluyendo el texto de los estímulos de la P1, P4, P5 y P6. Para los estímulos de la P6 se creó una AoI con forma rectangular, denominada AoI Imagen Modelo, que cubría el área de presentación de cada modelo en el mismo estímulo.

La Tabla 19 resume las AoIs definidas en el estudio completo, detallando qué AoIs fueron creadas para cada pregunta y modelo (en el caso de AoIs específicas). La Figura 17 muestra gráficamente las AoIs generales creadas para los 6 modelos de abridores (para los distractores se crearon las generales según el mismo criterio), y la Figura 18 muestra ejemplos de la AoI Estímulo, las AoIs de la P6, y de AoIs específicas de los 6 distractores.



Tabla 18. Descripción de las AoIs definidas para el estudio.

Aoi	Descripción
Estímulo	Engloba el estímulo completo excluyendo el texto.
Modelos	Engloba el modelo mostrado en el estímulo.
Imagen Modelo	Aoi exclusiva de P6 que engloba, con una región rectangular, cada uno de los 6 modelos en el mismo estímulo.
Agarre	Engloba la zona de agarre del modelo.
Goma	Engloba la goma del modelo. Solo para la versión de los modelos con goma.
Colocación sobre Tapa	Engloba la zona del dispositivo que se coloca sobre la tapa del tarro.
Pestañas de ajuste	Engloba la zona de los modelos 2 y 3 de ajuste sobre tapas de diferentes diámetros de tarro.
Tarro	Engloba el tarro mostrado en el estímulo.
Tapa Tarro	Engloba la tapa del tarro mostrado en el estímulo.
Engranaje/Mecanismo	Engloba la zona de engranaje/mecanismo de los modelos 3, 8 y 9.
Abre Botellas	Engloba la zona de los modelos 1, 6, 7 y 12 que sirve para abrir botellas con tapón de rosca.
Abre Chapas	Engloba la zona de los modelos 6, 7, 8, 10 y 12 que sirve para abrir botellas con chapa.
Abre Corchos	Engloba la zona de los modelos 9 y 10 que sirve para abrir botellas con tapón de corcho.
Abre Latas	Engloba la zona de los modelos 6 y 8 que sirve para abrir latas.
Cuchilla	Engloba la zona del modelo 10 que sirve para cortar.
Soporte para Plato	Engloba la zona del modelo 11 que sirve para sujetar el plato.
Antideslizante Plato	Engloba la zona del modelo 11 con goma que sirve como antideslizante para sujetar el plato.

Tabla 19. AoIs por pregunta y modelo (para AoIs específicas).

PREGUNTA / MODELO	Aoi															
	Modelos	Agarre	Goma	Colocación sobre Tapa	Ajuste sobre Tapa	Tarro	Tapa Tarro	Ranura	Engranaje/Mecanismo	Abre Botellas	Abre Chapas	Abre Corchos	Abre Latas	Cuchilla	Soporte para Plato	Antideslizante Plato
<b>P1</b>																
1	✓	✓		✓						✓						
2	✓	✓		✓	✓											
3	✓	✓		✓	✓			✓								
4	✓	✓		✓												
5	✓	✓		✓												
6	✓	✓		✓					✓	✓			✓			
7	✓	✓							✓	✓						
8	✓	✓						✓		✓			✓			
9	✓	✓						✓				✓				
10	✓	✓								✓		✓		✓		
11	✓	✓													✓	
12	✓	✓								✓	✓					✓
<b>P2</b>	✓	✓	✓													
<b>P3</b>	✓	✓	✓	✓		✓	✓									
<b>P4</b>	✓	✓		✓												
<b>P5</b>	✓			✓												
<b>P6</b>	✓ <sup>2</sup>	✓		✓												

<sup>2</sup> En P6, además de la AoI Modelo, también se creó la AoI Imagen Modelo, definida en la Tabla 17, con un ejemplo representado en la Figura 18-b.

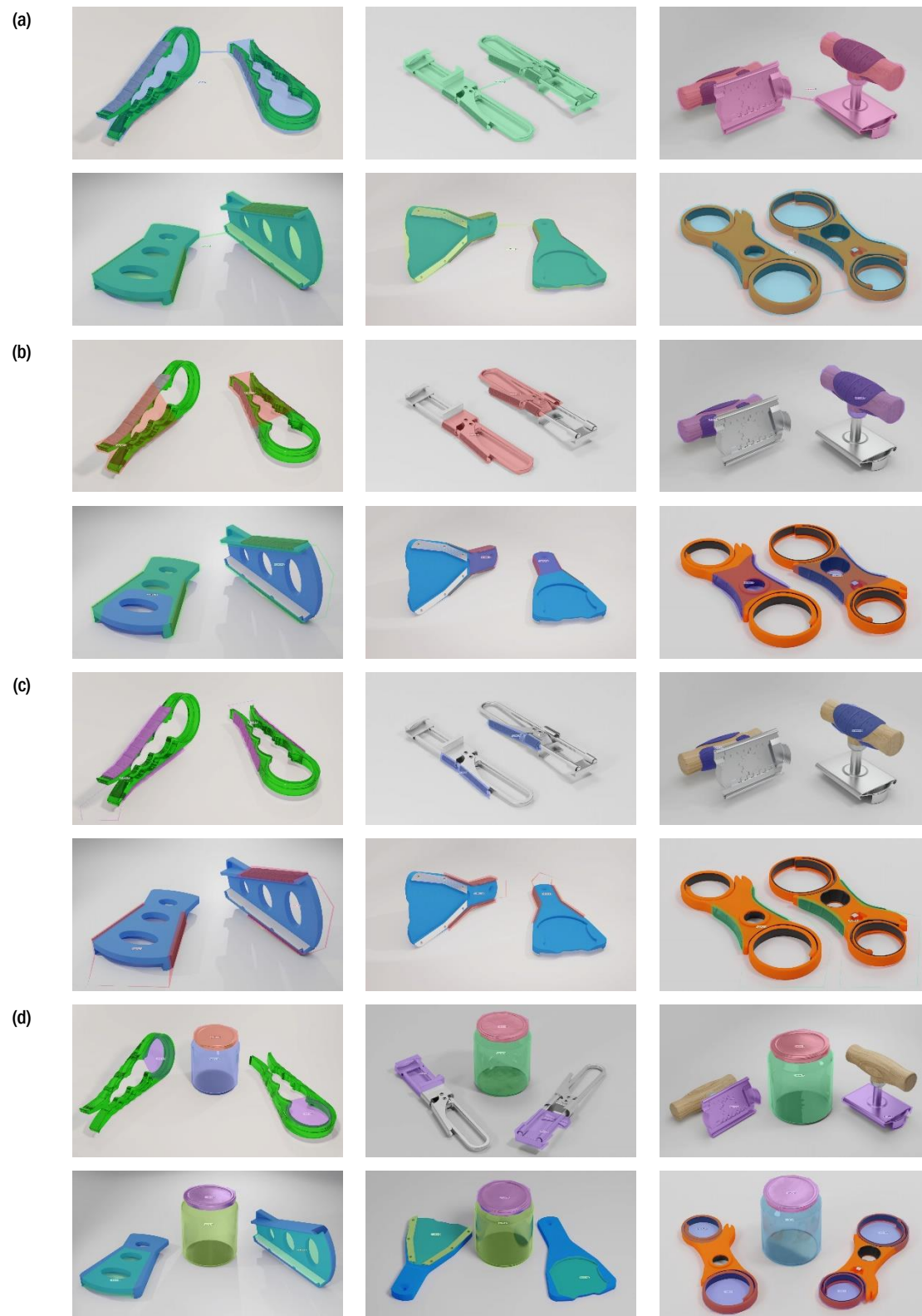


Figura 17. AoIs de los 6 modelos de abridores para (a) 'Modelo', (b) 'Agarre', (c) 'Goma', y (d) 'Colocación sobre Tapa' junto con 'Tarro' y 'Tapa Tarro'.

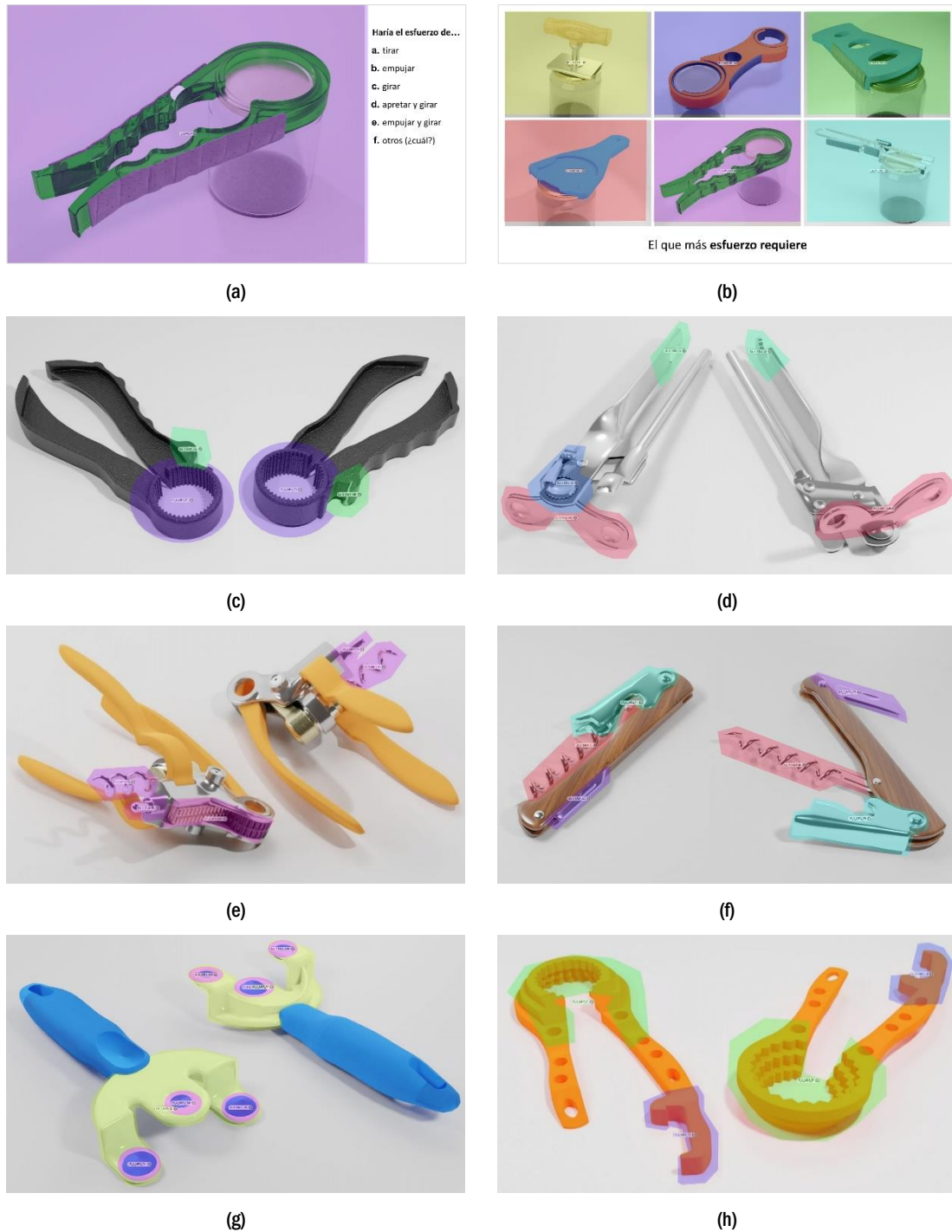


Figura 18. Ejemplos de (a) AoI Estímulo, (b) AoIs de los modelos de la P6, y AoIs específicas de los 6 distractores para modelos (c) 7, (d) 8, (e) 9, (f) 10, (g) 11 y (h) 12.

## 7. Aplicación del experimento de Eye-Tracking

Para la aplicación del experimento de ET se utilizó el dispositivo Tobii Pro X2-60. El *software* tiene una exactitud de la mirada (*gaze accuracy*) de  $0.4^\circ$ , y una precisión de la mirada (*gaze precision*) de  $0.32^\circ$ . La exactitud describe la distancia angular promedio desde el ojo del sujeto hasta el dispositivo del ET. La precisión describe la variabilidad en la distancia entre los diferentes puntos observados. Ambas se miden en grados. Un grado de exactitud corresponde a un error promedio de 11 mm en una pantalla a una distancia de 65 cm. El dispositivo se colocó debajo de un monitor de 24 pulgadas (Figura 19), registrando con una frecuencia de muestreo de 60 Hz.

Los participantes se sentaron frente a la pantalla, a una distancia aproximada de 60 cm (Figura 19). El propio programa de calibración mostraba en pantalla la distancia existente entre el dispositivo y los ojos del sujeto. Todos los participantes fueron calibrados al comienzo de la prueba siguiendo las instrucciones del fabricante.

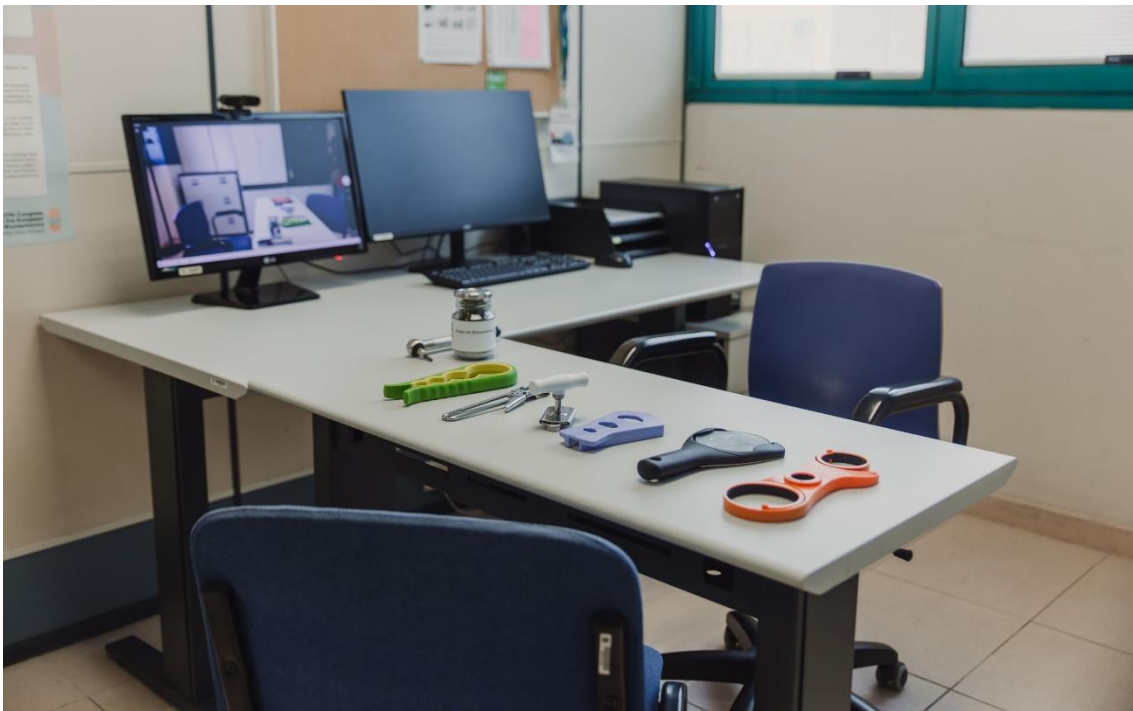


Figura 19. Sujeto realizando el experimento ET y dispositivo Tobii Pro X2-60.

## 8. Evaluación ergonómica y experiencia de uso

Tras la experimentación con el ET se realizó la evaluación ergonómica y experiencia de uso de los 6 dispositivos cuyos modelos renderizados habían sido evaluados en el estudio ET. Hasta ese instante, a los participantes no se les había permitido observar ni manipular los abridores.

El sujeto se sentaba frente a los 6 modelos de abridores expuestos sobre una mesa (Figura 20), con el instructor sentado al otro lado, mientras se grababa todo el experimento de evaluación ergonómica.



*Figura 20. Escenario evaluación ergonómica.*

Antes de usar los abridores, se le realizaba al sujeto las preguntas de la Tabla 20, para conocer su impresión al verlos en la realidad, y saber si conocía los productos y si los había usado previamente. Se le pedía entonces realizar una primera selección aleatoria de un abridor, se le preguntaba por qué lo había elegido, y se le pedía posteriormente que lo utilizara para abrir un tarro diseñado expresamente para poder controlar su par de apertura (Figura 21), que se taró en todos los casos a 4 N/m mediante una llave dinamométrica. Después, se le pedía al sujeto una segunda

selección aleatoria, y se le preguntaba nuevamente el motivo de su elección, y procedía a continuación a utilizarlo sobre el mismo tarro y con el mismo par de cierre. Finalmente, el instructor le facilitaba el resto de abridores en orden aleatorio según lo establecido (Hoja de Control en Anexo IV), para que pudiera usarlos todos. Si con algún modelo el participante no lograba realizar la apertura, se anotaba en la hoja de control.

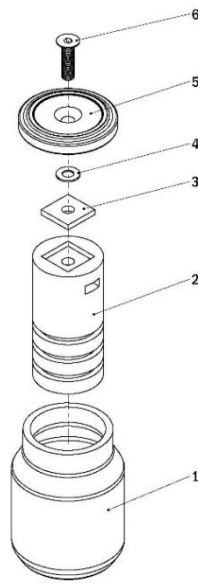
Tabla 20. Preguntas previas a la evaluación de la experiencia de uso.

Preguntas	
E1	¿Te lo imaginabas así?
E2	¿Conocías antes alguno de estos productos o similares?
E3	¿Utilizas productos similares en casa? ¿Por qué? ¿Cómo es?
E4	Primera selección aleatoria: ¿Por qué has elegido ese?
E5	Segunda selección aleatoria: ¿Por qué has elegido ese?
E0	El participante no logra abrir el tarro con el dispositivo

Tras el uso de todos los abridores, el sujeto contestaba a las preguntas de evaluación de los modelos de la Tabla 21.

Tabla 21. Preguntas tras el uso de los abridores.

Preguntas	
E6	Ordena los productos del más fácil (1º) al más difícil de usar (6º)
E7	Ordena los productos del que más fácil has entendido el funcionamiento (1º) al más difícil (6º)
E8	Ordena los productos del más seguro (1º) al más inseguro/menos seguro (6º)
E9	Ordena los productos del más robusto (1º) al más endeble/menos robusto (6º)
E10	Ordena los productos del más cómodo (1º) al más incómodo/menos cómodo (6º)
E11	Ordena los productos del que menos fuerza requiere (1º) al que más (6º)
E12	¿Alguno se te ha resbalado de las manos o de la tapa? ¿Cuál? ¿Y algún otro?
E13	¿Alguno se te ha clavado al usarlo? ¿Cuál? ¿Y algún otro?
E14	Valora la zona de agarre de cada producto, ¿te gustaría que fuera más ancha o más estrecha?
E15	(Zona de agarre) ¿Te gustaría que fuera más larga o más corta?
E16	¿Con alguno te has sentido decepcionado o frustrado al usarlo?
E17	De todos los productos utilizados para abrir, ¿cuál consideras que es el mejor?, ¿y el peor?
E18	¿Qué mejorarías del producto elegido como mejor?
E19	Valoración global del producto: puntúa del 0 al 10 cada producto, siendo 0 la nota más baja, 5 el aprobado y 10 la mejor
E20	Si tuvieras que comprar alguno, ¿cuál te comprarías? ¿Y algún otro? (Mostrando la tabla de precios de cada modelo)



1. Tarro de cristal
2. Pieza fabricada con filamento PLA Premium Negro mediante impresión 3D
3. Placa de acero
4. Arandela DIN 6902
5. Tapa. Se fabricaron 2 modelos de tapa, uno fabricado con resina estándar de curado mediante impresión 3D, y otro de acero torneado.
6. Tornillo DIN 7991 M8

*Figura 21. Tarro diseñado para la realización de los experimentos de evaluación ergonómica y experiencia de uso.*



## 9. Participantes en el experimento

En el experimento participaron un total de 112 participantes, la mayoría (alrededor del 80 %) estudiantes y personal de la Universitat Jaume I, con edades comprendidas entre 18 y 66 años ( $33.91 \pm 12.79$ ). Todos los participantes tenían visión normal o corregida. El experimento contaba con el informe favorable de la Comisión de Ética de la Universitat Jaume I y todos los participantes dieron su consentimiento informado (Anexo IV) por escrito para participar.

El criterio de inclusión establecido fue que los participantes debían tener entre 18 y 60 años, y no tener patología de mano (se entiende que los sujetos con patología de mano son más conocedores y/o usuarios de DA para manipulación o que podrían tener problemas durante la evaluación ergonómica y experiencia de uso). Para el posterior análisis de datos, el criterio de exclusión fue el porcentaje de registro del ET por cada participante. Si el porcentaje era inferior al 75 %, se descartaron todos los datos de este participante.

El experimento se dividió en dos fases para las cuales la captación y número de participantes fue distinta. En la fase 1 participaron un total de 64 sujetos, que fueron asignados a los proyectos A y B aleatoriamente según orden de registro, es decir, se asignaba a un participante el proyecto A y, posteriormente, al siguiente participante el B. Estos participantes realizaron el experimento completo de ET (con una duración aproximada de 15 minutos), y la posterior evaluación ergonómica de los modelos (con una duración de 30 minutos). Se descartaron los datos de 3 participantes para el análisis (los porcentajes de registro de estos participantes fueron del 28 %, del 46 %, y del 59 %). Otro participante fue descartado debido a un corte de luz durante el registro. Finalmente, se usaron los datos de 60 participantes (28 mujeres y 32 hombres,  $40.50 \pm 10.65$  años de edad) (Tabla 22).

Tabla 22. Participantes del experimento completo.

	Número de participantes	Edad Media (SD)	Proyecto A: Participantes	Proyecto B: Participantes
Hombres	32	41.56 (11.18)	16	16
Mujeres	28	39.29 (10.09)	14	14
Total	60	40.50 (10.65)	30	30

En la fase 2, y para poder acometer el objetivo OE3, se realizó un experimento parcial de ET con 48 participantes, sólo con las preguntas P6.1 y P6.6 del proyecto A, y un

posterior cuestionario en el que se les preguntaba si habían dudado a la hora de hacer la selección de respuesta (Anexo IV), para poder analizar dichas respuestas conjuntamente con los datos del ET. La duración del experimento en esta fase era de aproximadamente 10 minutos. Un participante fue excluido del análisis por obtener un porcentaje de registro del 49 %. Finalmente, se utilizaron los datos de 47 participantes (29 mujeres y 18 hombres,  $23.60 \pm 4.72$  años de edad) (Tabla 23).

*Tabla 23. Participantes del experimento parcial.*

	Número de participantes	Edad Media (SD)
Hombres	18	23.14 (5.34)
Mujeres	29	24.33 (3.51)
Total	47	23.60 (4.72)

## 10. Análisis de datos

De los datos registrados en el experimento ET se plantean 3 análisis generales, para dar respuesta a cada uno de los objetivos planteados (Figura 22):

- Análisis I (Capítulo IV): evaluación del diseño intuitivo de los DA (OE1). Engloba análisis estadísticos de los datos obtenidos de las métricas correspondientes a las preguntas P1, P2, P3, P4 y P5 para identificar los elementos de diseño que definen cómo de intuitivo es el DA.
- Análisis II (Capítulo V): evaluación de la percepción de los *affordances* de usabilidad de los DA (OE2). Engloba análisis estadísticos de los datos obtenidos de las métricas correspondientes al bloque de preguntas de la P6 para identificar los *signifiers* responsables de transmitir el *affordance* de usabilidad evaluado.
- Análisis III (Capítulo VI): análisis preliminar sobre los patrones de comportamiento en la toma de decisiones (OE3). Engloba análisis estadísticos de los datos obtenidos de las métricas correspondientes a las P6.1 y P6.6 para el análisis de los comportamientos de duda en la toma de decisiones.

Para complementar y estudiar los resultados con el ET se realizó el análisis de la evaluación ergonómica tras la experiencia de uso (los resultados están en el Anexo V). De las preguntas E0-E5, junto con las E16, E18 y E20, se obtuvieron tablas con valores de porcentajes de respuesta por cada modelo de abridor evaluado. Para las preguntas de E6-E15, junto con la E17 y E19, se obtuvieron gráficas de los intervalos de confianza al 95 % para las medias de los valores para cada modelo.

Los resultados se analizaron con el *software* estadístico SPSS (*IBM SPSS Statistics 29*). Se utilizó el programa Matlab para los análisis no paramétricos de varios factores (Scheirer et al., 1976; Sinha, 2023).

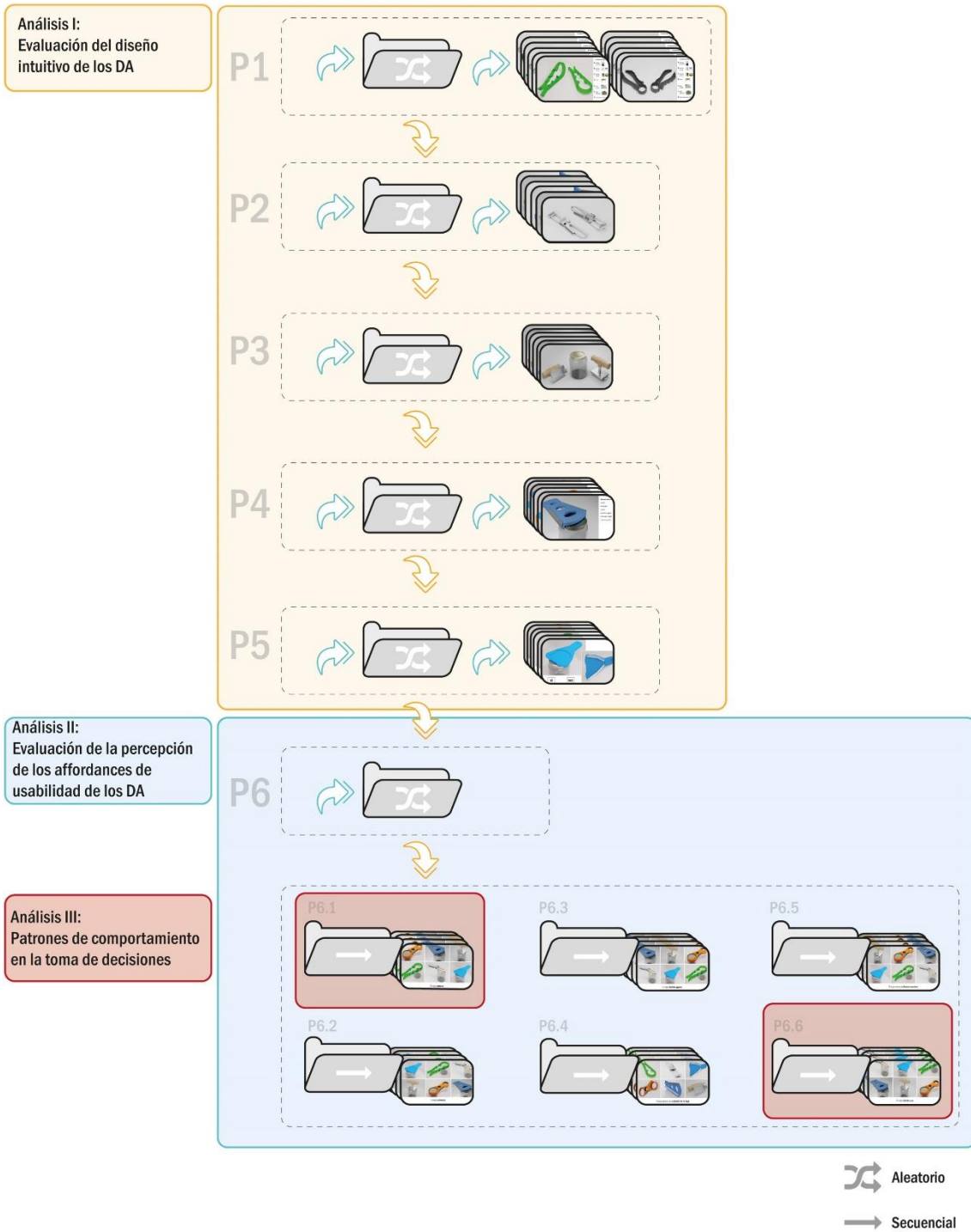


Figura 22. Esquema que representa los estímulos del ET que se utilizan para cada análisis.

# Capítulo IV

**Análisis I: Evaluación del diseño intuitivo de los dispositivos de asistencia**

# 1. Objetivos

El objetivo principal de este análisis (OE1) es comprobar la utilidad de la tecnología ET como herramienta para el estudio del diseño intuitivo aplicado a una tipología de DA como son los destinados a la apertura de tarros. Este objetivo se particulariza en:

- OE1.1. Evaluar el diseño de los DA para detectar, a través de la percepción subjetiva del usuario, qué elementos de diseño funcionan como *signifiers* para su uso intuitivo, y en particular estudiar el efecto de incorporar goma en la zona de agarre.
- OE1.2. Identificar las métricas del ET que permiten evaluar el diseño intuitivo de los DA para apertura de tarros.

## 2. Datos utilizados

Para el Análisis I se utilizaron los datos registrados de 60 participantes (28 mujeres y 32 hombres,  $40.50 \pm 10.65$  años de edad) de los estímulos de las preguntas P1 a P5. Dichos datos fueron sometidos a un cribado:

1. En primer lugar, se cribaron los datos atendiendo al objetivo de este estudio, es decir, la evaluación del diseño intuitivo. Para ello, al finalizar el experimento de ET se preguntó a los participantes si conocían y usaban alguno de los 6 modelos de abridores evaluados, con el fin descartar los datos de esos participantes para dichos modelos, pues sus respuestas podían no emanar exclusivamente de lo que transmite la imagen del DA. Un total de 3 participantes afirmaron conocer y usar el modelo 1, 10 el modelo 4, 2 el modelo 5, y 1 participante el modelo 6. Por tanto, se descartaron todos los datos de todas las preguntas de estos participantes de los estímulos en los que aparecían dichos modelos.
2. Cribado atendiendo a problemas en el registro ET. Esto se realizó identificando los estímulos en los que no había ninguna fijación en la AoI Estímulo (según la métrica NoF). Esto ocurrió en 1 estímulo de 1 sujeto en P3 del modelo 4 en su versión con goma, y 1 estímulo de 1 sujeto en P5 del modelo 2 versión sin goma. El motivo pudo ser que el participante desviara la mirada o se alejara del dispositivo y el ET no registrara datos en ese estímulo concreto. Por similitud al cribado anterior, en ambos sujetos se decidió descartar los datos de las 5 preguntas en los estímulos en los que aparecían esos modelos.
3. Finalmente, se cribaron los datos para descartar respuestas no válidas. Así se revisaron los estímulos de las preguntas P2 y P3 para asegurar que el participante hubiese hecho clic con el ratón en la AoI Modelo, puesto que en caso contrario significaría que no se habría seleccionado ningún área de agarre o de colocación sobre el tarro posible, y por tanto la respuesta no sería válida. Se comprobó que no había clic en 1 estímulo de 1 participante para P2 del modelo 4 versión sin goma, y en otros 6 estímulos: 3 de un mismo participante, en los modelos 3 y 5 sin goma, y 4 con goma; y otros 3 de participantes distintos, en los modelos 3 sin goma (ocurrió en 2 de los participantes) y 6 con goma. De nuevo, se descartaron todos los estímulos de todas las preguntas de estos participantes en los que aparecían dichos modelos.

Para el Análisis I se utilizaron las métricas: DoI, AAoS, TAoS, TDoF, NoF, TtFF, DoFF, TDoV, NoV. Algunas de ellas se recalcularon en valores porcentuales (escalado) para hacer comparables los datos de diferentes participantes, ya que se comprobó que, de forma general, algunos participantes tardaban más tiempo para tomar las decisiones que otros, lo que provocaba tiempos totales de registro y de DoI muy altos frente a otros participantes que, también de forma general durante el registro, eran más rápidos en tomar la decisión. Las nuevas métricas se calcularon en valores porcentuales respecto de los datos de cada participante según los criterios detallados en la Tabla 24.

*Tabla 24. Criterios de escalado para el cálculo de las nuevas métricas por sujeto.*

Nueva métrica	Criterio de escalado
DoI%	Datos de la métrica DoI de cada estímulo dividido por la suma de los DoI de todos los estímulos de P1 a P5 del participante
TDoF%	Datos de la métrica TDoF de cada Aol en un estímulo dividido por el DoI de ese mismo estímulo para el participante
NoF%	Datos de la métrica NoF de cada Aol en un estímulo dividido por el NoF de la Aol Estímulo de ese mismo estímulo para cada participante
TtFF%	Datos de la métrica TtFF de cada Aol en un estímulo dividido por la suma de los DoI de todos los estímulos de P1 a P5 del participante
DoFF%	Datos de la métrica DoFF de cada Aol en un estímulo dividido por el DoI de ese mismo estímulo para cada participante
TDoV%	Datos de la métrica TDoV de cada Aol en un estímulo dividido por el DoI de ese mismo estímulo para cada participante



## 3. Análisis de datos

El análisis de datos de las preguntas P1 a P5 se divide en 3 bloques: (i) evaluación del diseño intuitivo de los modelos de abridores de tarros, realizando una clasificación para ordenarlos según cómo son de intuitivos; (ii) análisis de los elementos de diseño que funcionan como *signifiers* para su uso intuitivo (OE1.1); y (iii) análisis de las métricas del ET que permiten evaluar el diseño intuitivo de los DA para apertura de tarros (OE1.2). Estos análisis se detallan a continuación.

### 3.1. Evaluación del diseño intuitivo

Los análisis (ii) y (iii) necesitan de una evaluación previa de lo intuitivo que son los modelos, para lo cual se considera que los modelos más intuitivos son aquellos en los que se tarda menos tiempo en contestar y a la vez el porcentaje de aciertos es alto. Los modelos menos intuitivos serían los que cumplen lo contrario.

Así, la evaluación del diseño intuitivo de los modelos de abridores de tarros se plantea en base a los aciertos y tiempos de respuesta (DoI%) por pregunta. En primer lugar, se calcularon los porcentajes de aciertos para cada modelo en cada pregunta, obteniendo también los valores medios globales de los porcentajes por modelo y por pregunta. Puesto que este análisis se centra en la evaluación del diseño intuitivo de los DA para apertura de tarros, en P1 se consideró apropiado utilizar solo los datos de aciertos de la función principal de los 6 modelos de abridores (esto es, abrir tarros), sin los datos de los distractores. El análisis del resto de funciones junto con los distractores se utiliza para analizar los *signifiers*, según se explica en el siguiente apartado. Para calcular los porcentajes de aciertos: en P1 se calculó según el recuento de respuestas correctas (respuesta '*d*' tarros' para los 6 modelos de abridores); en P2 se calculó según el recuento de clics con el ratón en AoI Agarre (datos obtenidos de la métrica NoC); en P3 se calculó según el recuento de clics con el ratón en AoI Colocación sobre Tapa (datos obtenidos de la métrica NoC); en P4 según si acertaban la forma de uso; y en P5 se calculó según el recuento de respuestas 'SÍ'. Se obtuvieron estadísticos Chi cuadrado realizando tablas de contingencia con las variables modelo y aciertos, globalmente y por pregunta, para contrastar si existen diferencias significativas entre modelos y entre versiones sin y con goma, corrigiendo los valores de p por el método de Bonferroni para crear subgrupos homogéneos por modelo.

En segundo lugar, para el análisis de tiempos, se calcularon los valores de la métrica DoI% por modelo y pregunta. Dado que no se cumplían los supuestos para poder aplicar un ANOVA (en particular la homogeneidad de las varianzas), se realizó la prueba no paramétrica de Scheirer–Ray–Hare (extensión de la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis para el análisis con dos o más factores) usando como variable dependiente la métrica DoI% y factores las variables modelo, goma y preguntas más todas sus interacciones, para contrastar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre esos factores. Para contrastar entre qué modelos y preguntas hay diferencias significativas, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis para cada factor e interacción, considerando la corrección de Bonferroni.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos de aciertos y tiempos, se confeccionó una tabla para identificar las preguntas y ordenar los modelos más y menos intuitivos.

### 3.2. Análisis de elementos de diseño que funcionan como *signifiers* de uso intuitivo

Para el análisis de los elementos de diseño que funcionan como *signifiers* se toman como punto de partida los resultados de evaluación de diseño intuitivo. A esta información se añaden los descriptivos según valores de la media y desviación estándar (SD) de los datos de las métricas AAoS, TAoS, TtFF, DoFF, TDoF, TDoV, NoF y NoV de todos los modelos por AoI. Y los mapas de calor y *Gaze Plots*.

Para cada uno de los aspectos considerados (es decir, para cada pregunta), se analizaron los mapas de calor de los modelos más y menos intuitivos, representando separadamente los de los participantes que acertaron frente a los que no, por modelo y versión. Los mapas de calor permiten analizar cualitativamente qué zonas son las que han llamado más la atención y cuáles han pasado desapercibidas por los participantes. Este análisis cualitativo se reforzó con el análisis de los porcentajes de aciertos y tiempos por pregunta y modelo, junto con los resultados de los descriptivos de las métricas en cada AoI. También se estudiaron los *Gaze Plots* de los sujetos más representativos (aquellos cuyo número de fijaciones en la AoI Estímulo era más próximo a la media) de los que acertaron frente a los que no, por modelo y versión. Los *Gaze Plots* pueden ayudar a reforzar el análisis para comprobar qué elementos son los que priorizan los participantes, así como aquellas funciones de los DA seleccionadas frente a aquellas que han pasado desapercibidas.

De manera particular, para P1 se consideró apropiado tener en cuenta los resultados de todas las funciones de cada uno de los 6 modelos de abridores y de los 6 distractores. Se calcularon los porcentajes según el recuento de aciertos para cada modelo en cada respuesta, obteniendo también los valores medios globales de los porcentajes por modelo y por respuesta. Se obtuvieron estadísticos Chi cuadrado

realizando tablas de contingencia con las variables modelo y aciertos para comprobar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre modelos. Para el análisis de tiempos, se calcularon los valores de la métrica DoI% por modelo, obteniendo valores medios globales para los 6 abridores, para los 6 distractores, y global para los 12 modelos. Dado que sí se cumplían los supuestos para poder aplicar un ANOVA (la homogeneidad de las varianzas), se realizó la prueba usando como variable dependiente la métrica DoI%, y factor modelo (los 12 modelos), para comprobar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre modelos. Para contrastar entre qué modelos, se realizó la prueba Post hoc.

En general, para este análisis cualitativo, se consideró que:

- Cuando se tarda menos tiempo en contestar, pero el porcentaje de aciertos es bajo (más fallos), es porque hay elementos que funcionan como *signifiers* para otras funciones y que por tanto envían un mensaje erróneo al usuario. En este caso, el modelo es menos intuitivo para su función principal.
- Cuando se tarda mucho tiempo en contestar, pero el porcentaje de aciertos es alto, es porque hay una ausencia de elementos que funcionan como *signifiers*, o los que hay son complejos de interpretar. En este caso, el modelo es poco intuitivo.

### 3.3. Análisis de las métricas del ET que permiten evaluar el diseño intuitivo

En base a los resultados de la evaluación del diseño intuitivo, los modelos identificados en cada pregunta como los más y menos intuitivos se utilizaron para el análisis de las métricas del ET, y con las preguntas se determinó si alguna de ellas se debía descartar para el análisis. Para ello, con las métricas que sí cumplían homogeneidad de varianzas se realizó un ANOVA, y en las que no, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis, en ambos casos diferenciando por pregunta, usando como variable dependiente cada una de las métricas del ET y como factor una variable con dos niveles: uno para los modelos más intuitivos y otro para los menos, para contrastar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ellos. Es decir, no se incluyeron todos los modelos en el análisis, sino solo los que en el análisis descrito en 3.1 resultaron ser el/los más y el/los menos intuitivos (con diferencias significativas entre ellos), y así facilitar la interpretación de las métricas para identificar más rápidamente las que pueden usarse para el diseño intuitivo. Además, se representó gráficamente cada métrica resultante mediante intervalos de confianza al 95 % para las medias. Para obtener una visión global de los resultados, en las gráficas se representaron los 6 modelos ordenados de más a menos intuitivo según valores de la media de DoI% por pregunta, destacando los identificados anteriormente como más y menos intuitivos.

## 4. Evaluación del diseño intuitivo. Resultados y discusión

La Tabla 25 muestra el porcentaje de aciertos obtenido para cada modelo en cada pregunta, y los valores medios por pregunta y modelo. Sólo en P2 se muestran los resultados diferenciando los modelos en sus versiones de sin y con goma, atendiendo a los resultados del estadístico Chi cuadrado detallado a continuación.

Tabla 25. Porcentaje de aciertos por pregunta y modelo, y medias globales.

Pregunta	Modelos												Media
	1		2		3		4		5		6		
	Goma		Goma		Goma		Goma		Goma		Goma		
P1	78.95		37.29		49.12		57.45		56.14		89.96		61.49
P2	91.23		96.61		100		91.49		96.49		91.38		94.63
	85.71	96.55	93.10	100	100	100	88	95.45	96.43	96.55	90	92.86	
P3	87.72		91.53		100		95.74		100		98.28		95.52
P4	80.70		52.54		52.63		40.43		42.11		62.07		55.52
P5	98.25		100		66.67		100		92.98		100		92.84
Media	87.37		75.59		73.68		77.02		77.54		88.28		

La Tabla 26 muestra los resultados de las pruebas Chi cuadrado aplicadas a las tablas de contingencia con los aciertos para cada pregunta para la variable modelo. Se muestra el p valor por pregunta (diferencias significativas cuando  $p < 0.05$ ), y los grupos homogéneos de modelos, ordenados según porcentaje de aciertos.

Tabla 26. Resultados de los niveles de significación asintótica de la prueba Chi cuadrado de aciertos por pregunta y grupos homogéneos de modelos, ordenados de menor a mayor valor de aciertos.

Preguntas																														
P1			P2					P3					P4		P5															
p < 0.001			p = 0.187					p = 0.005 (*)					p < 0.001		p < 0.001															
2	3	5	4				1	6	4	5	2	3	1	2	4	6	3	5	4	5	2	3	6	3						
		5	4	1																			6	1		5	1	2	4	6
				1	6																									

\* Pese a que la prueba es significativa, el estadístico no agrupa los modelos debido al alto valor de aciertos.

De los resultados de porcentajes de aciertos de la Tabla 25 se puede extraer lo intuitivos que son los modelos en base a los aciertos por pregunta. En general, se observa que los modelos 1 y 6 son los que obtienen mayor porcentaje de aciertos, mientras que los modelos 2 y 3 los menores. En cuanto a las preguntas, la P2, P3 y P5 son las que obtienen mayores porcentajes de aciertos, frente a P1 y P4, que obtiene valores bajos, destacando el valor de P4 de 55.52 %, bastante bajo en comparación con los porcentajes mayores. Según el estadístico Chi cuadrado, globalmente se observan diferencias significativas entre modelos, aunque no entre las versiones sin y con goma. No se observan diferencias significativas entre versiones sin y con goma en ninguna de las preguntas, si bien en P2 el nivel de significación es  $p = 0.051$ , por lo que se considera apropiado proporcionar los porcentajes de aciertos diferenciando las versiones con y sin goma en la Tabla 25. De manera más particular, son destacables los porcentajes de 100 % de aciertos, con los que se podría establecer que: el modelo 3 es el más intuitivo en cuanto a determinar cuál es su zona de agarre (P2); los modelos 3 y 5 son los más intuitivos en cuanto a colocación del DA sobre el tarro (P3); y los modelos 2, 4 y 5 los más intuitivos a la hora de explicar si pueden abrir diferentes tamaños de tarros (P5). En el caso contrario, son destacables: el modelo 2, que sería el menos intuitivo a la hora de explicar para qué se usaría (P1), con un 37.29 % de aciertos, seguido de los modelos 3, 4 y 5, que también obtuvieron porcentajes bajos, siendo estadísticamente pertenecientes al mismo grupo; y los modelos 2, 3, 4 y 5, que parecen no explicar adecuadamente el tipo de esfuerzo que se debe realizar para ejecutar la acción de apertura de tarros (P4), y también pertenecientes al mismo grupo.

La Tabla 27 muestra la media de la métrica DoI% para cada modelo en cada pregunta, así como los valores medios globales por pregunta y modelo, mostrando en P2 (por similitud a la tabla de aciertos) los resultados diferenciando los modelos en sus versiones sin y con goma.

Tabla 27. Valores de la media de DoI% por modelo y pregunta, y medias totales.

Pregunta	Modelos												Media
	1		2		3		4		5		6		
	Goma		Goma		Goma		Goma		Goma		Goma		
P1	4.671		6.610		5.355		5.127		5.203		4.822		5.298
P2	1.143		1.834		0.630		1.541		1.234		1.409		1.298
	1.253	1.036	2.021	1.653	0.644	0.618	1.667	1.398	1.483	0.993	1.538	1.271	
P3	0.854		1.435		1.201		1.189		1.205		1.004		1.148
P4	1.900		4.238		3.291		2.511		2.473		2.850		2.877
P5	1.179		1.056		2.558		1.145		1.499		1.023		1.410
Media	1.949		3.035		2.607		2.303		2.323		2.221		

La Tabla 28 muestra los resultados de los niveles de significación de la prueba no paramétrica de Scheirer–Ray–Hare de varios factores usando como variable

dependiente la métrica DoI% y factores las variables modelo, goma y preguntas (e interacciones) para contrastar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre esos factores, y los grupos homogéneos resultante de la prueba de Kruskal–Wallis.

Tabla 28. Resultados de los niveles de significación de las pruebas no paramétricas de varios factores y los grupos homogéneos resultantes, ordenados de menor a mayor DoI%.

Factor Modelo					Factor Goma		Factor Pregunta			Interacción Modelo-Goma	Interacción Modelo-Pregunta	Interacción Goma-Pregunta	Interacción Modelo-Goma-Pregunta
p < 0.001					p = 0.842		p < 0.001			p = 0.793	p < 0.001	p = 0.042	p = 0.990
1	6	5	4		Con Goma	Sin Goma	P3	P2	P5				
	6	5	4	3					P4				
			4	3	2					P1			

Según los resultados de las pruebas no paramétricas de varios factores se observa que: hay modelos significativamente más intuitivos que otros; la goma no ayuda a una respuesta más rápida y afecta de la misma forma a todos los modelos, pero afecta de manera diferente a cada pregunta; hay preguntas significativamente más intuitivas que otras; y las diferencias entre modelos dependen de la pregunta (unos modelos son más intuitivos en unos aspectos y otros en otros).

Según los resultados de las interacciones, la interacción Modelo-Pregunta y Goma-Pregunta salen significativas, por tanto, se comprueba el efecto del modelo, la pregunta y la goma en las interacciones. Las Tablas 29, 30 y 31 muestran los resultados de la prueba anterior de varios factores, mostrando los grupos homogéneos de los modelos por pregunta (Tabla 29), los grupos homogéneos de las preguntas por modelo (Tabla 30), y los resultados del nivel de significación según el factor goma por pregunta (Tabla 31), para ver el efecto de cada una de las interacciones con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), ordenando los valores según la media de menor a mayor DoI%.

Tabla 29. Resultados de los niveles de significación de la prueba no paramétrica de varios factores por pregunta y los grupos homogéneos resultantes, ordenados de menor a mayor DoI%.

Preguntas																	
P1			P2			P3			P4			P5					
p < 0.001			p < 0.001			p < 0.001			p < 0.001			p < 0.001					
1	6	4	5	3	3	1	6	4	1	5	4	6	2	4	1	5	3
			3	2		1	5	6	4		5	4	6				
							6	4	3	5							
								4	3	5	2		4	6	3		
												3	2				

Tabla 30. Resultados de los niveles de significación de la prueba no paramétrica de varios factores por modelo y los grupos homogéneos resultantes, ordenados de menor a mayor DoI%.

Modelos														
1			2				3							
p < 0.001			p < 0.001				p < 0.001							
P3	P2	P5	P4	P1	P5	P3	P2	P4	P1	P2	P3	P5	P4	P1
4			5				6							
p < 0.001			p < 0.001				p < 0.001							
P5	P3	P2	P4	P1	P3	P2	P5	P4	P1	P3	P5	P2	P4	P1

Tabla 31. Resultados de los niveles de significación de la prueba no paramétrica del factor goma por pregunta, ordenados de menor a mayor DoI%.

Preguntas									
P1		P2		P3		P4		P5	
p = 0.899		p = 0.001		p = 0.024		p = 0.338		p = 0.082	
Sin Goma	Con Goma	Con Goma	Sin Goma	Sin Goma	Con Goma	Con Goma	Sin Goma	Sin Goma	Con Goma

Según los resultados anteriores, al comparar los grupos homogéneos por pregunta, se observa que en P2 y P5 es donde hay más cambios con respecto al orden de los modelos (de menor a mayor DoI%). Por modelo, se observan cambios en el orden de las preguntas (de menor a mayor DoI%), en el modelo 3 en que P5, que forma grupo homogéneo con P4, cuando en el resto de modelos P4 tiene diferencias significativas con el resto de preguntas, y en los modelos 1, 2 y 6, donde P3, P2 y P5 no forman grupo homogéneo. Con respecto a la goma, se observa que tiene un efecto significativo en P2, siendo menor el DoI% en los modelos con goma, por tanto, la goma ayuda a definir la zona de agarre. En P3 (zona de colocación sobre la tapa), la goma también tiene un efecto significativo, aunque en este aspecto el DoI% es menor en los modelos sin goma, por tanto, la goma no ayudaría en la búsqueda de la zona de colocación sobre tapa.

De los resultados medios de DoI% de la Tabla 27 se puede extraer lo intuitivos que son los modelos de abridores en base a los tiempos de respuesta a las preguntas formuladas. Según los resultados de DoI%, en general se observa que el modelo 1 es el que tiene el menor tiempo de respuesta, frente al modelo 2 con el mayor tiempo.

Las P2, P3 y P5 tienen tiempos de respuesta bajos y similares, pero destaca el tiempo de P1, con un valor de 5.298 de media, muy por encima del resto de preguntas. Según este valor de media y observando los datos de cada modelo en P1, se puede establecer que P1 fue una de las preguntas menos intuitivas, teniendo en cuenta que los participantes debían responder para qué se usaba un producto que mayoritariamente no conocían, que podía tener una o varias funciones, y junto con otros distractores que podían influir en la respuesta. Destacan, por la rapidez en la respuesta: el valor del modelo 1 en P3, modelo que explica correctamente cómo se debe colocar sobre un tarro; y el valor del modelo 3 en P2 que, al igual que con los porcentajes de respuesta, los participantes supieron en un corto espacio de tiempo por dónde se debe agarrar el DA.

En general, según los resultados anteriores de las diferencias significativas entre modelos y preguntas, se puede concluir que, globalmente, los modelos 1 y 6 son los más intuitivos, mientras que el 2 sería el menos. De manera particular, depende de la pregunta, es decir, los modelos 1 y 6 formarían parte del grupo de los más intuitivos en P1, P3 y P5, mientras que en P2 sería el modelo 3 el más intuitivo y el 6 estaría en el grupo de los menos intuitivos, y en P4, que el 6 no sería parte del grupo de los más intuitivos. Con las preguntas, se puede concluir que, globalmente, la P3 y P5 serían las más intuitivas, mientras que P1 la menos. En particular, si se observa por modelo, en el modelo 3 sería la P2 la más intuitiva

La Tabla 32 resume el resultado de los modelos de más a menos intuitivo según los resultados anteriores de los Post hoc de porcentajes de aciertos y tiempos de respuesta (DoI%). A partir de dichas ordenaciones se han localizado los modelos extremos (más y menos intuitivos) para cada aspecto evaluado (es decir, por pregunta) teniendo en cuenta tanto los aciertos como los tiempos de respuesta. El criterio utilizado para ello ha sido seleccionar, en cada pregunta, aquellos modelos identificados como tales tanto en aciertos como en DoI%. En el caso de la P3, ningún modelo era identificado como menos intuitivo según ambos criterios. Por esta razón, y atendiendo a que P3 resultaba ser la pregunta más intuitiva según resultados previos, se decide descartar esta pregunta para el último análisis de las métricas del ET. Se añade la Figura 23 con las imágenes de los 6 modelos para facilitar la comprensión del análisis.



Tabla 32. Selección de modelos de más a menos intuitivos según los resultados de aciertos y DoI%. Los modelos en los grupos homogéneos están ordenados según de mayor a menor porcentaje de aciertos (separados con un guion cuando el valor del porcentaje es igual), y de menor a menor según el valor de la media de DoI%.

	Preguntas				
	P1	P2	P3	P4	P5
<b>Grupos homogéneos (+ Intuitivos, - Intuitivos, Iguales):</b>					
<b>ACIERTOS</b>	2 3 5 4 5 4 1 1 6	1 6 4 5 2 3	1 2 4 6 3 5	4 5 2 3 6 6 1	3 5 1 2-4-6
<b>Grupos homogéneos (+ Intuitivos, - Intuitivos):</b>					
<b>DoI%</b>	1 6 4 5 3 3 2	3 1 5 6 4 6 4 2	1 6 4 6 4 3 5 4 3 5 2	1 5 4 5 4 6 4 6 3 3 2	6 2 4 1 5 3
<b>MODELO/S + INTUITIVOS</b>	1, 6	3	-	1	1, 2, 4, 5, 6
<b>MODELO/S - INTUITIVOS</b>	2, 3	2, 4, 6	-	2, 3	3



Figura 23. Modelos ordenados del 1 al 6.

## 5. Análisis de elementos de diseño que funcionan como *signifiers* de uso intuitivo. Resultados y discusión

En el Anexo VI se muestran todos los resultados de los descriptivos de los valores de la media y desviación estándar (SD) de los datos de las métricas AAoS, TAoS, TtFF, DoFF, TDoF, TDoV, NoF y NoV de todos los modelos por AoI para cada pregunta. El Anexo VII muestra los resultados de los mapas de calor, representando separadamente los de los participantes que acertaron frente a los que no, por modelo y versión. Y el Anexo VIII muestra los resultados de los *Gaze Plots* de los sujetos más representativos (aquellos cuyo número de fijaciones en la AoI Estímulo era más próximo a la media) de los que acertaron frente a los que no, por modelo y versión.

De una manera más cualitativa, en este análisis se recogen los resultados descritos de los elementos de diseño que funcionan como *signifiers* para cada una de las preguntas, teniendo en consideración los resultados anteriores del análisis del diseño intuitivo, los descriptivos de las métricas, los mapas de calor y los *Gaze Plots*.

### 5.1. P1: ¿Para qué lo usarías?

En el análisis del aspecto de para qué se usaría el DA (P1), se consideran los 6 modelos de abridores junto con los 6 distractores. La Tabla 33 muestra el valor en porcentaje de aciertos de P1 para los 12 modelos para cada una de las funciones consideradas (de la 'a' a la 'g'). Se han sombreado en la tabla los valores de aciertos que corresponden a las funciones existentes de cada modelo, habiendo utilizado el sombreado oscuro para resaltar la función principal (así, en los modelos 1 a 6 viene resaltada la función 'd', abrir tarros). La tabla también muestra los valores de media y SD del porcentaje de aciertos por modelo y por respuesta. La última columna muestra el número de funciones que tiene cada modelo. Los resultados de la prueba Chi cuadrado realizada con las tablas de contingencia por respuesta con la variable modelo muestran que sí existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre modelos por cada una de las respuestas.

Tabla 33. Porcentaje de aciertos de la P1 por modelo; valores de la media y (SD) por modelo y respuesta; y número de funciones por modelo. En color sombreada la respuesta correcta por modelo, y en oscuro destacada la función principal del DA.

Modelo	Respuestas (%)							Media	(SD)	Funciones
	a	b	c	d	e	f	g			
1	84.21	80.70	82.46	78.95	96.49	98.25	94.74	87.97	(8.19)	2
2	83.05	74.58	59.32	37.29	84.75	79.66	83.05	71.67	(17.50)	1
3	78.95	78.95	87.72	49.12	92.98	59.65	91.23	76.94	(16.63)	1
4	95.74	51.06	70.21	57.45	97.87	95.74	91.49	79.94	(19.95)	2
5	100	14.04	73.68	56.14	96.49	77.19	82.46	71.43	(29.24)	2
6	86.66	72.41	41.38	89.66	8.62	98.28	94.83	70.26	(33.35)	4
7	78.33	91.67	30	90	96.67	96.67	96.67	82.86	(24.21)	2
8	98.33	96.67	55	95	73.33	86.67	96.67	85.95	(16.24)	2
9	100	93.33	95	93.33	88.33	90	98.33	94.05	(4.18)	1
10	100	98.33	81.67	93.33	71.67	66.67	8.33	74.29	(31.81)	3
11	100	93.33	91.67	36.67	83.33	88.33	5	71.19	(35.95)	1
12	86.67	66.67	73.33	33.33	83.33	96.67	96.67	76.67	(22.11)	2
Media	91	75.98	70.12	67.52	81.16	86.15	78.29			
(SD)	(8.81)	(24.06)	(20.19)	(24.90)	(24.53)	(12.90)	(33.85)			

La Tabla 34 muestra los valores medios de DoI% de los 6 modelos de abridores y de los 6 distractores en P1 y el valor de la media total por abridores, distractores, y global de los 12 modelos.

Tabla 34. Valores de media DoI% de los 12 modelos en P1.

Modelos												Media Global
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
4.671	6.610	5.355	5.127	5.203	4.822	4.067	4.915	4.333	4.495	5.390	5.104	5.008
Media de los 6 modelos de abridores					5.298	Media de los 6 distractores					4.717	

Del ANOVA usando como variable dependiente la métrica DoI% de P1 y factor modelo (los 6 abridores y los 6 distractores), se pudo observar que sí existen diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre modelos. Se realizó la prueba Post hoc con ajustes de valores de p para comparaciones múltiples de Bonferroni y Tukey, puesto que sí hay homogeneidad entre varianzas. La Tabla 35 muestra los grupos homogéneos creados en el Post hoc, ordenando los modelos según el valor de la media de menor a mayor. Se observa que el modelo 2 tiene diferencias significativas con la mayoría de modelos, siendo el modelo con mayor valor de DoI%.

Tabla 35. Grupos homogéneos resultantes del Post hoc del ANOVA de DoI% con factor modelo.

Modelos	7	9	10	1	6	8	12	4	5	3	11	
										3	11	2

Analizando los resultados según el número de funciones que tiene cada producto, se observa que una misma función no es igualmente reconocida en unos modelos y en otros. Los modelos 2 y 3, pese a tener una sola función, generalmente no fueron entendidos como abridores de tarros, puesto que obtuvieron los porcentajes más bajos de entre los 6 modelos de abridores en su función principal. En el modelo 2, la forma de palanca y las pestañas dentadas se entendieron más como un elemento para abrir botellas de chapa que para abrir tarros. El modelo 3 fue mayormente interpretado como un abridor de latas de tapa lisa, seguramente por la familiaridad de los participantes con la forma similar a los DA que sirven para este propósito. Los modelos con 2 funciones obtuvieron puntuaciones medias y altas de aciertos, excepto en el modelo 5 donde la función de abrir botellas de tapón de rosca solo fue acertada por un 14.04 % de los participantes. En este caso, podría ser que los participantes no interpretaran correctamente, a través de la imagen y por no saber sus dimensiones, qué lado del DA (de los dos que se observan en la imagen) es el que debía ser usado para abrir tarros o tapones, motivo por el cual la zona que se estrecha no se entendió como zona para abrir tapones de diferentes diámetros. El modelo 6, con posibilidad de ser utilizado hasta para 4 funciones, se entendió por un 89.66 % que puede ser utilizado, entre otras cosas, para abrir tarros, y por un 72.41 % para abrir botellas con tapón de rosca. En cambio, la función de abrir latas de anilla solo fue detectada por un 8.62 %. Por tanto, las formas redondeadas sí ayudaron a entender sus funciones, pero el saliente para apertura de chapas no fue reconocido como tal. No obstante, el hecho de utilizar modelos multifunción pudo ser otro factor distractor para los participantes con respecto el resto de funciones, es decir, añadir funciones hizo que fuera más difícil observar alguna de ellas.

Atendiendo a los aciertos y tiempos de dedicación, cuando una función no se detectó, prácticamente tampoco se le dedicó tiempo. Por ejemplo, la función de abrir latas de anilla del modelo 6, detectada solo por un 8.62 % de los participantes, obtuvo los menores tiempos de fijación y visitas (Anexo VI, resultados de TDoF en Tabla AVI.5 y TDoV en Tabla AVI.6 de P1). Además, fue una función que se tardó 6.41 segundos de media en observar por primera vez, un tiempo alto comparado con el resto de tiempos de TtFF en AoI (Anexo VI, resultados TtFF en Tabla AVI.3 de P1). Por tanto, y atendiendo también a los resultados del análisis anterior, donde se ha determinado que los modelos 1 y 6 son los más intuitivos, y el 2 y 3 los menos intuitivos, se pueden estudiar en base a sus características de diseño. En los modelos 1 y 6, los elementos circulares ayudan a entender el uso del producto, puesto que su forma se asemeja a las tapas y tapones de los envases. Según los mapas de calor y los *Gaze Plots* de los participantes que acertaron frente a los que no, generalmente en el modelo 1 (Figuras 24 y 25) la fijación se centra en la zona para abrir botellas de tapón de rosca, mientras que en los que fallaron la mirada parece más dispersa. Ocurre algo similar con el modelo 6 (Figura 26 y 27), donde la zona de apertura de tarros fue poco observada.

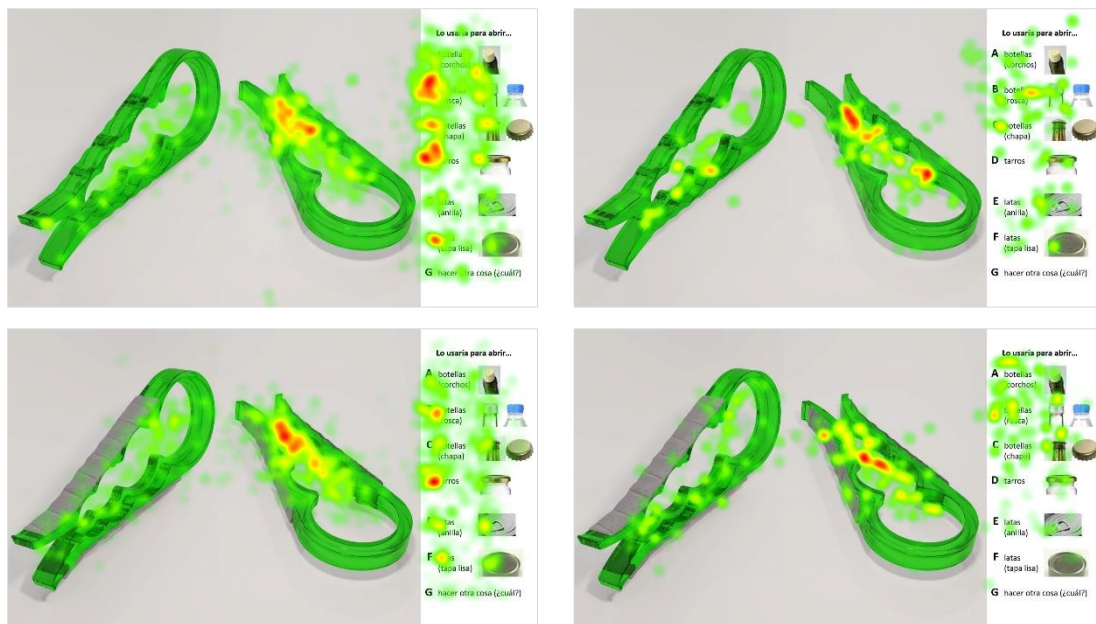


Figura 24. Mapas de calor de la P1 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

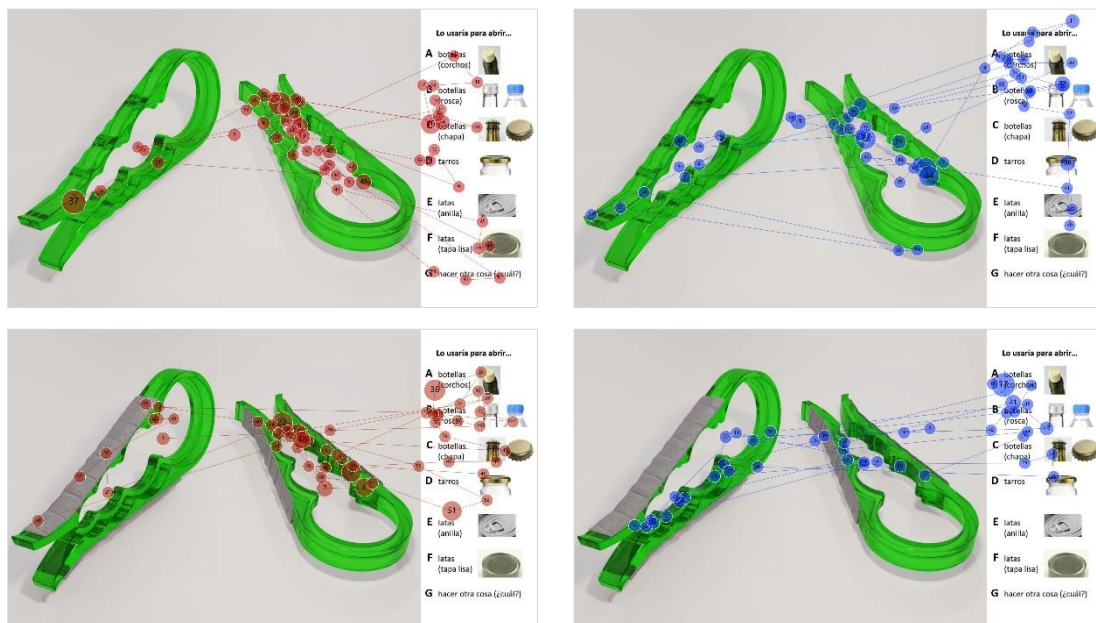


Figura 25. Resultado de 1 sujeto representativo de los Gaze Plots de la P1 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

## Capítulo IV

## Análisis I: Evaluación del diseño intuitivo de los dispositivos de asistencia

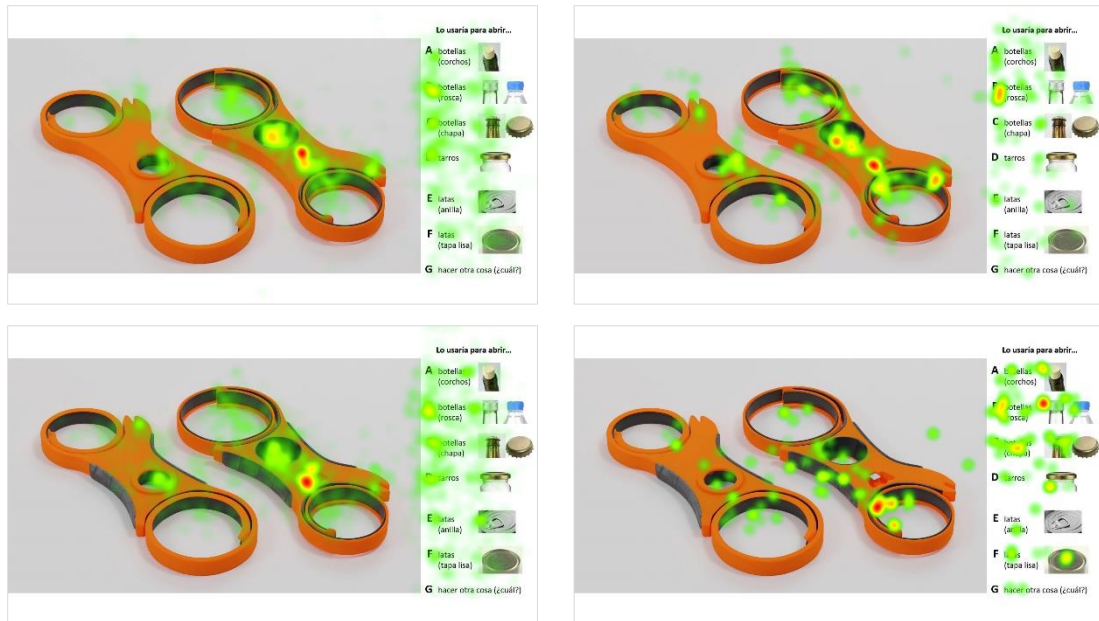


Figura 26. Mapas de calor de la P1 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

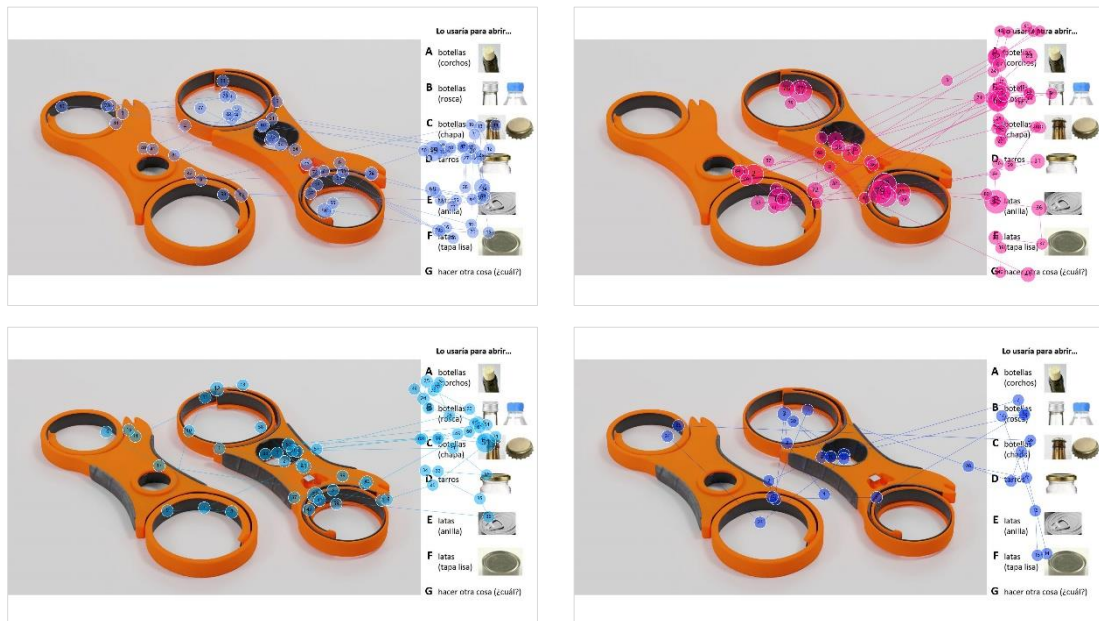


Figura 27. Resultado de 1 sujeto representativo de los Gaze Plots de la P1 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

En los modelos 2 y 3, parece que el número de funciones no afectó a los tiempos de decisión (tienen una sola función), sino que el tiempo está relacionado con la dificultad de entendimiento del diseño. Al parecer, en ambos la forma del modelo no ayudó a entender que se debe de ajustar sobre una superficie circular (tapa de tarro). En el modelo 2 algunos participantes entendieron que sí podía ser utilizado para abrir botellas de chapa (respuesta c), posiblemente porque resultaba familiar la

forma de palanca habitual de este tipo de abridores. En los mapas de calor y *Gaze Plots* del modelo 2 (Figuras 28 y 29) se observa que, tanto en aciertos como en fallos, la mirada se centra generalmente en la parte central del modelo, seguramente por su complejidad y difícil entendimiento a través de la imagen de su función de ajuste a la tapa del tarro.

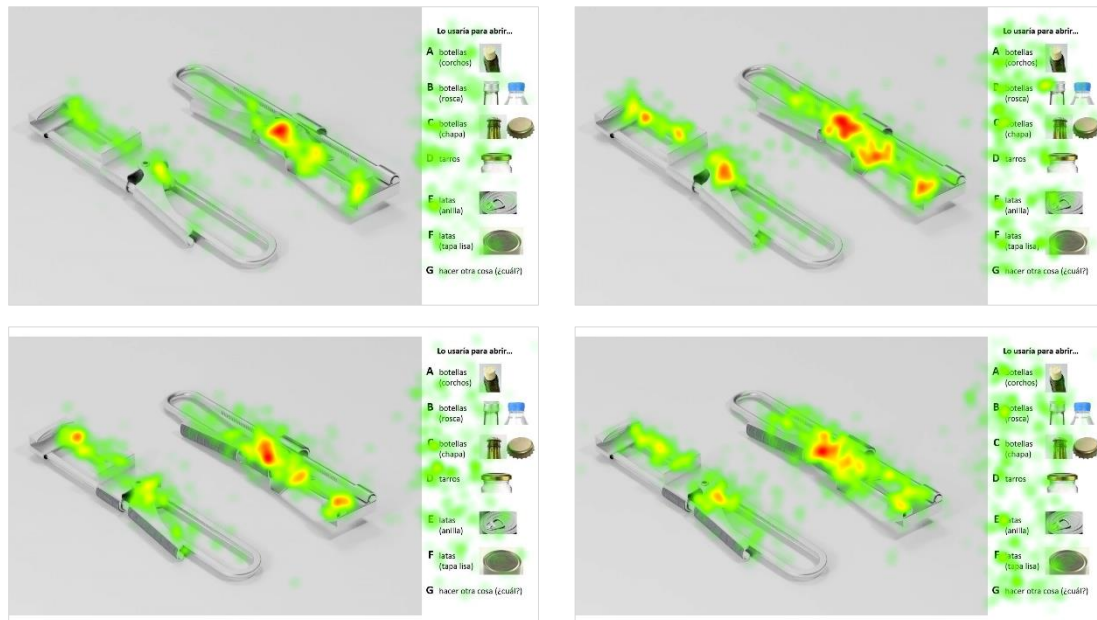


Figura 28. Mapas de calor de la P1 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

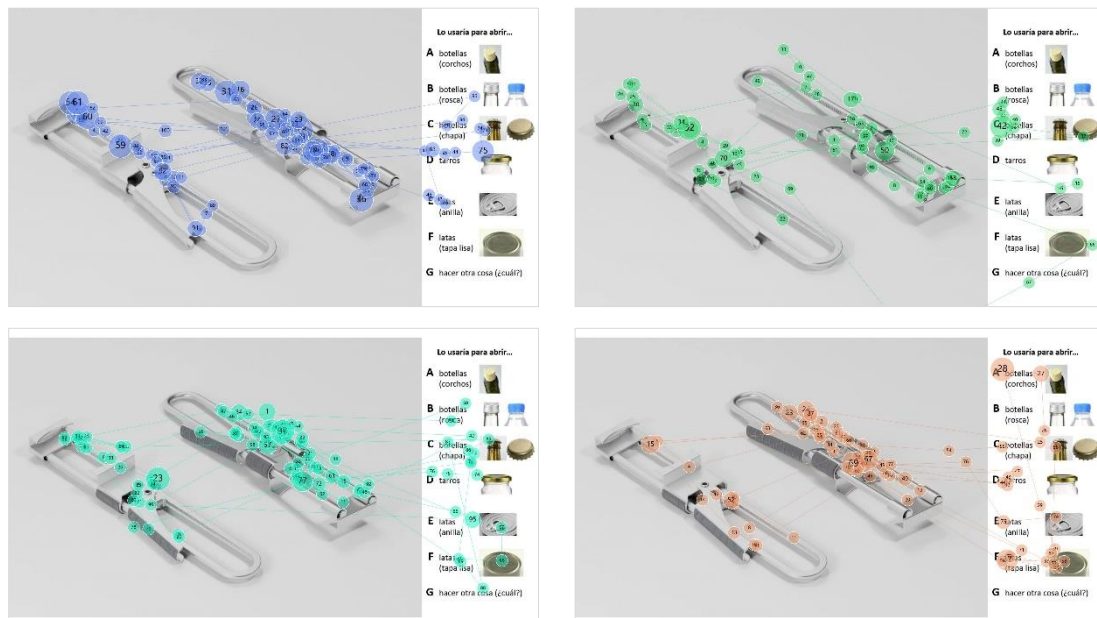


Figura 29. Resultado de 1 sujeto representativo de los *Gaze Plots* de la P1 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

En los modelos distractores del 7 al 12, excepto en el modelo 11, hay al menos una de las funciones que sí fue detectada por un alto porcentaje de participantes. En el modelo 11 muchos interpretaron que era un dispositivo para abrir tarros (un 63.33 %), y tan solo un 5 % entendió la función de sujetar platos (o elementos similares, como bandejas). Puede que el alto número de modelos mostrados para abrir tarros influyó en la idea de usar este modelo, con un mango y una forma semicircular en los extremos, como un abridor de tarros. En este caso, el distractor influyó para la toma de decisiones. En los mapas de calor y *Gaze Plots* (Figuras 30 y 31) se observa que la zona de sujeción fue muy observada por los que fallaron en la respuesta, además que se aprecia que se buscó la respuesta entre todas las opciones posibles.

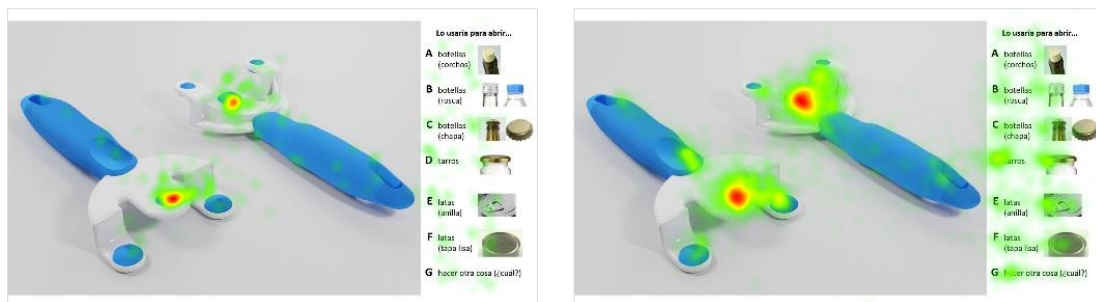


Figura 30. Mapas de calor de la P1 para el modelo 11 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha).

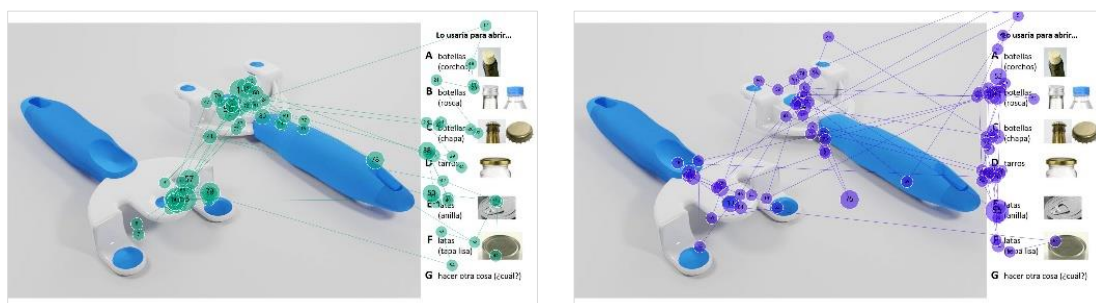


Figura 31. Resultado de 1 sujeto representativo de los *Gaze Plots* de la P1 para el modelo 11 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha).

Cabe destacar el alto porcentaje de aciertos en los modelos 9 y 10 (100 % de aciertos en ambos casos) en la respuesta (a) ('lo usaría para abrir botellas con tapón de corcho'), con elementos de diseño claramente intuitivos, donde la forma en espiral del elemento destinado a esa función es familiar para los participantes. En el modelo 10, el hecho de ser multifunción (hasta 3 funciones) no favoreció la detección de la función de cortar, detectada solo por un 8.33 % de los participantes. El modelo 7 también obtuvo un porcentaje elevado de aciertos (91.67 %) en la respuesta (b) ('lo usaría para abrir botellas con tapón de rosca'). En cambio, en este mismo modelo, tan solo un 30 % detectó la función de abrir botellas con tapa de chapa (Figuras 32 y 33).



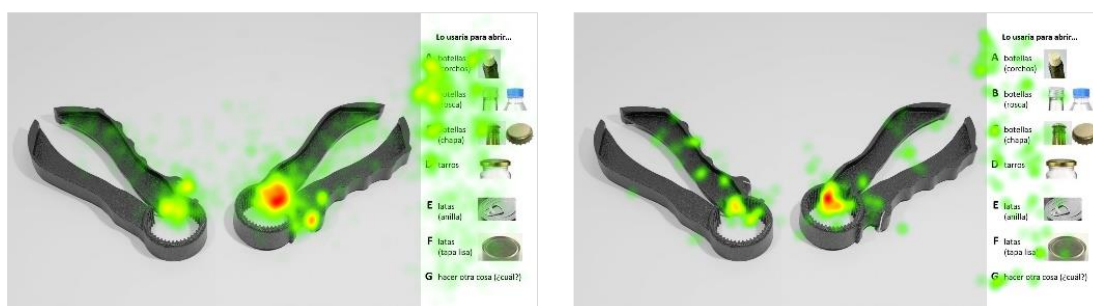


Figura 32. Mapas de calor de la P1 para el modelo 7 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha).



Figura 33. Resultado de 1 sujeto representativo de los Gaze Plots de la P1 para el modelo 7 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha).

Los tiempos de las AoIs del modelo 10 siguen un patrón similar a los del modelo 6, siendo ambos multifunción y con 3 y 4 funciones respectivamente. En el modelo 10 la función de cortar solo fue detectada por un 8.33 % siendo, de nuevo, el TtFF un tiempo alto, de 4.36 segundos (Anexo VI, resultados de TtFF en Tabla AVI.3 de P1), y los tiempos de fijación y visitas bajos con respecto al resto de AoIs (Anexo VI, resultados de TDoF en Tabla AVI.5 y TDoV en Tabla AVI.6 de P1).

Con estos resultados, en líneas generales se observa que un modelo es más intuitivo cuando su forma es similar a la del objeto al que se debe acoplar, como por ejemplo una forma circular que se acople a la tapa de un tarro, o tiene formas que resultan familiares (que se pueden relacionar con funciones conocidas) para los participantes, como la hélice de un abridor de botellas con tapón de corcho.

## 5.2. P2: ¿Por dónde lo agarrarías?

Según los resultados en el aspecto agarre (P2), es destacable el modelo 3, en que la zona de agarre fue entendida por un 100 % de los participantes en ambas versiones (sin y con goma), y los tiempos de decisión fueron los más bajos entre todos los modelos. Estos resultados se deben a la familiaridad con la forma del mango, que explica claramente por dónde se debe realizar el agarre. Se observa en los mapas de calor y *Gaze Plots* (Figuras 34 y 35) que esa zona fue la más observada.



Figura 34. Mapas de calor de la P2 para el modelo 3 de aciertos para el modelo en su versión sin goma (izquierda) y con goma (derecha).



Figura 35. Resultado de 1 sujeto representativo de los Gaze Plots de la P2 para el modelo 3 de aciertos para el modelo en su versión sin goma (izquierda) y con goma (derecha).

Por el contrario, los modelos 1 y 4 sin goma obtuvieron los porcentajes de acierto más bajos (un 85.71 % y un 88 % respectivamente). En el caso del modelo 1, con forma de pinza, puede que no saber interpretar correctamente su tamaño en la imagen influyera en generar duda sobre la zona de agarre a utilizar. De hecho, en los mapas de calor (Figuras 36 y 37) se observa que los participantes sí centraron su atención en la zona de agarre. El modelo 4, por su diseño, tampoco tiene una zona de mango definida, aunque la mirada de los participantes sí se centró en esa zona según los mapas de calor y *Gaze Plots* (Figuras 38 y 39).

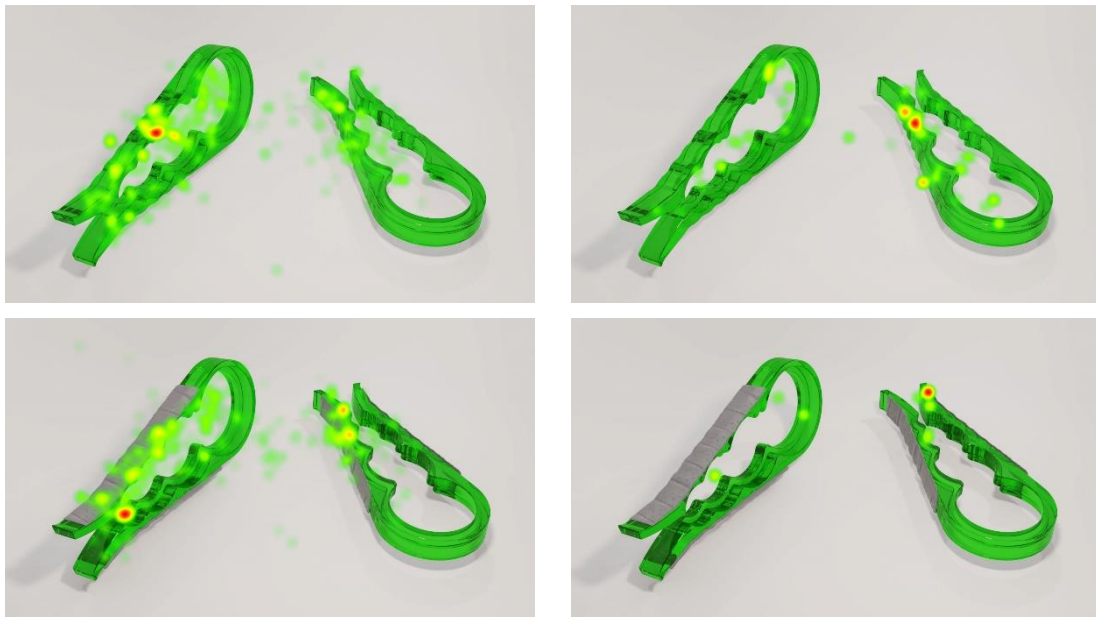


Figura 36. Mapas de calor de la P2 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

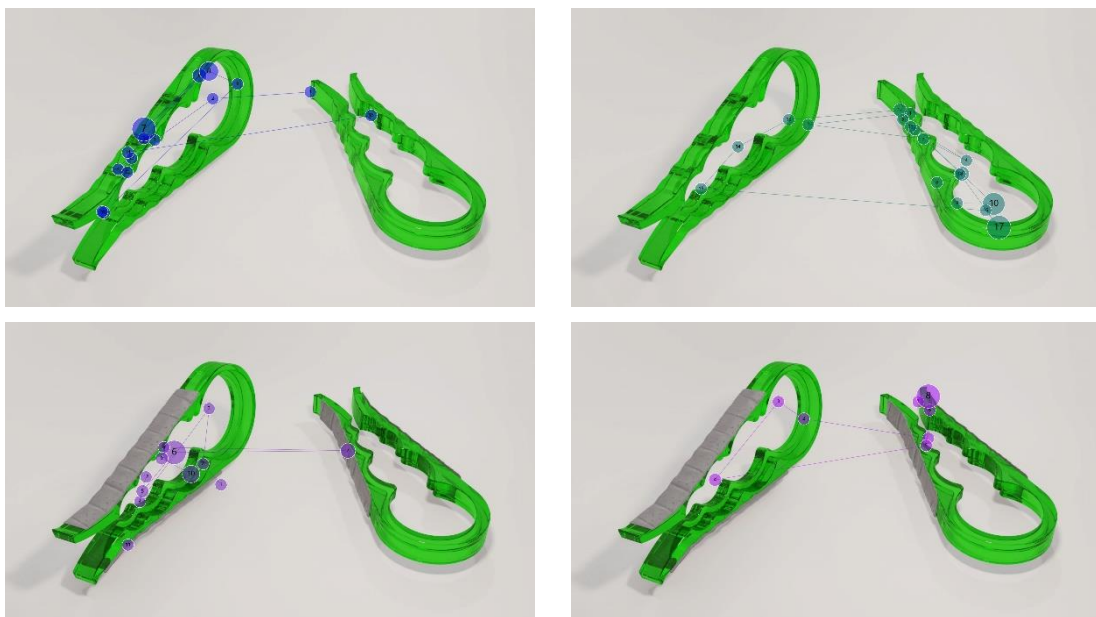


Figura 37. Resultado de 1 sujeto representativo de los Gaze Plots de la P2 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

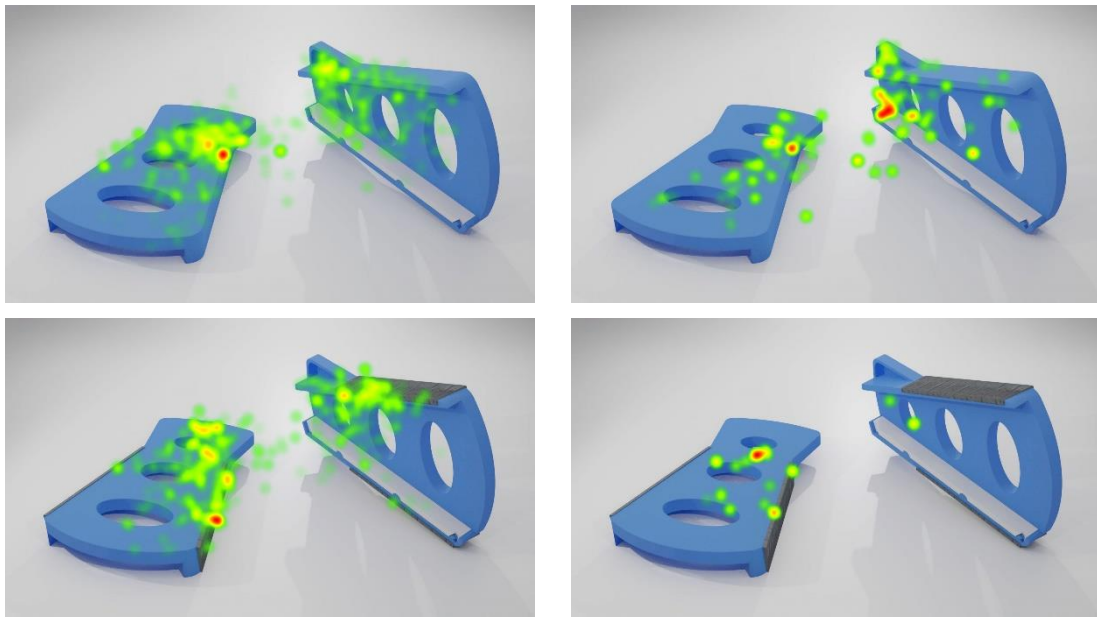


Figura 38. Mapas de calor de la P2 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

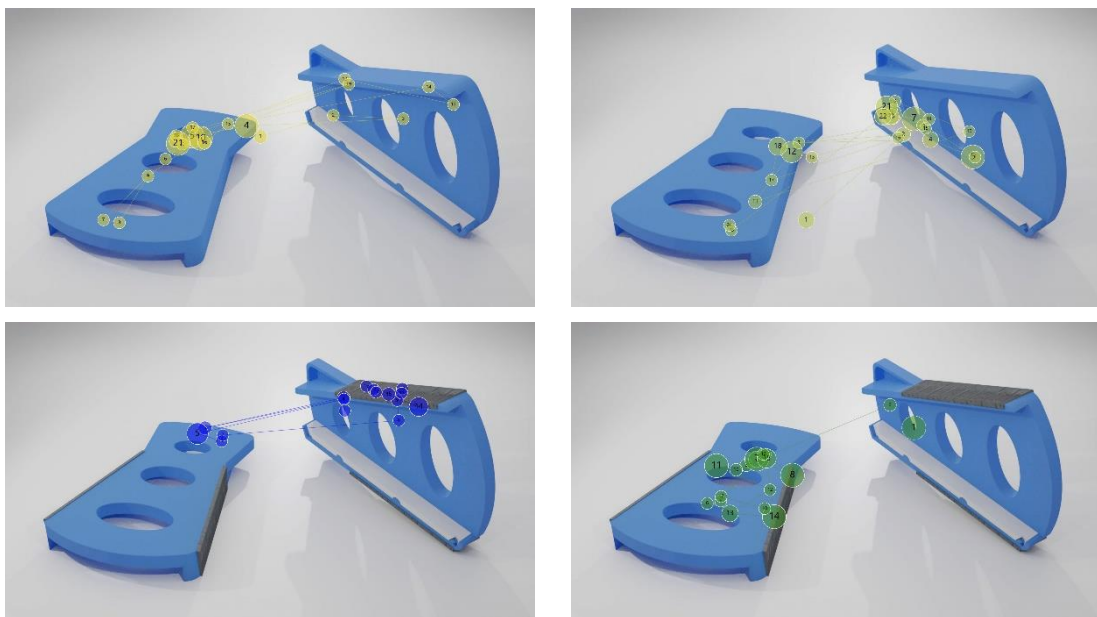


Figura 39. Resultado de 1 sujeto representativo de los Gaze Plots de la P2 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

En este aspecto, la familiaridad con formas habituales de mango o tipo pinza, ayudaron a explicar por dónde realizar el agarre. Además, cuando esto no ocurrió, es decir, cuando la zona de agarre no tenía un mango o una forma que resultara familiar para los participantes, el uso de la goma como *signifier* favoreció su entendimiento.

### 5.3. P3: ¿Qué zona del abridor se debe colocar sobre la tapa del tarro?

En el análisis de qué zona del DA se debe colocar sobre la tapa del tarro (P3), los resultados confirman que la AoI de la tapa fue la más observada en cuanto a fijaciones y visitas (Anexo VI, resultados TDoF en Tabla AVI.21, TDoV en Tabla AVI.22, NoF en Tabla AVI.23 y NoV en Tabla AVI.24 de P3). Es destacable la AoI de colocación sobre la tapa del modelo 5 que, pese a obtener un 100 % de aciertos, los datos de fijaciones y visitas son los más altos con respecto al resto de modelos (Figuras 40 y 41). Puede ser que los elementos metálicos no fueran entendidos como elementos de fijación sobre una tapa, posiblemente a través de la imagen resultaba más complejo interpretar que era el metal el que debía ajustarse a la tapa del tarro, y no la otra cara del modelo, que en la imagen podía parecer que también se utiliza para el ajuste.

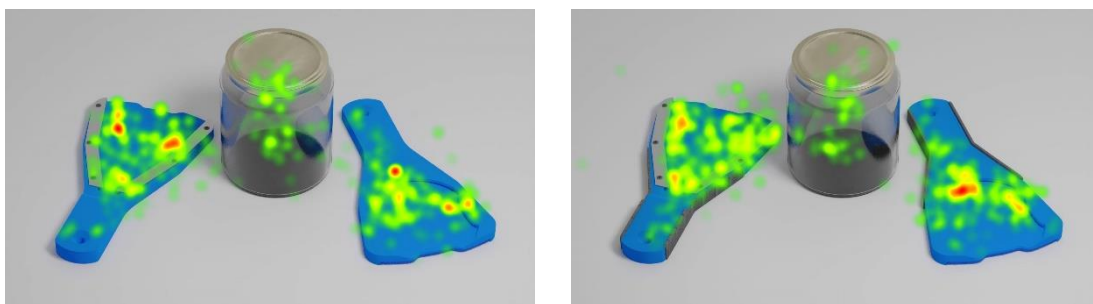


Figura 40. Mapas de calor de la P3 para el modelo 5 de aciertos en su versión sin goma (izquierda) y con goma (derecha).



Figura 41. Resultado de 1 sujeto representativo de los Gaze Plots de la P3 para el modelo 5 de aciertos en su versión sin goma (izquierda) y con goma (derecha).

En definitiva, se puede establecer que la zona metálica del modelo 5 actuó como un *signifier* erróneo, que se puede interpretar más como un elemento de corte que de ajuste sobre una tapa. Y, en general, las formas circulares similares a las de una tapa de tarro ayudaron a entender la zona correcta de uso.

## 5.4. P4: ¿Qué tipo de esfuerzo harías?

Según los resultados del tipo de esfuerzo a realizar en la acción de la apertura (P4), al parecer, los modelos más simples, como son el 1, el 4 y el 5, con menos elementos en su diseño, precisaron de menos tiempo en la toma de decisiones. El modelo 1 es considerado el más intuitivo con respecto al esfuerzo a realizar, con el mayor porcentaje de aciertos en la respuesta y bajo tiempo en la toma de decisiones. La mayoría de los participantes identificaron la necesidad de apretar y girar (la forma de pinza de ropa les resulta familiar, los dos mangos incitan a apretarlos para que el aparato presione la tapa), sin prestar especial atención a una AoI en particular. Los resultados pueden estar sesgados por ser el más conocido por los participantes (solo se descartaron los datos de los participantes que sí conocían y además sí usaban el modelo, por tanto, había participantes que conocían alguno de los DA). En los mapas de calor y *Gaze Plots* (Figuras 42 y 43) se observa que, tanto en aciertos como en fallos, la mirada se suele centrar en la zona entre el agarre y la colocación sobre la tapa. Puede que los participantes pretendieran detectar el esfuerzo desde esa zona tratando de visualizar el movimiento del DA sobre la tapa.

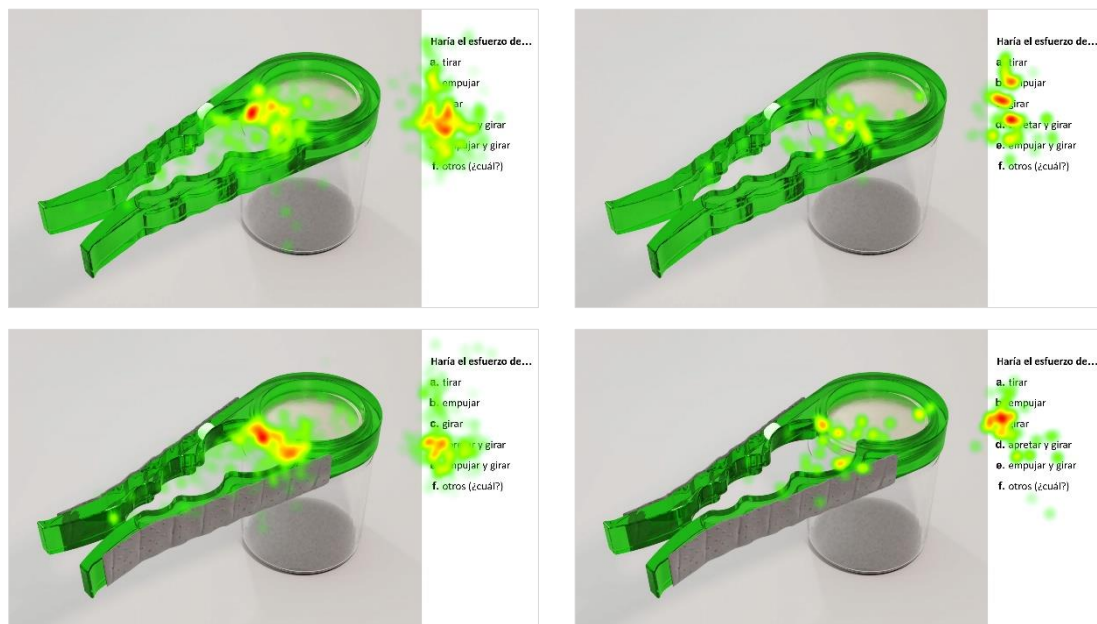


Figura 42. Mapas de calor de la P4 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

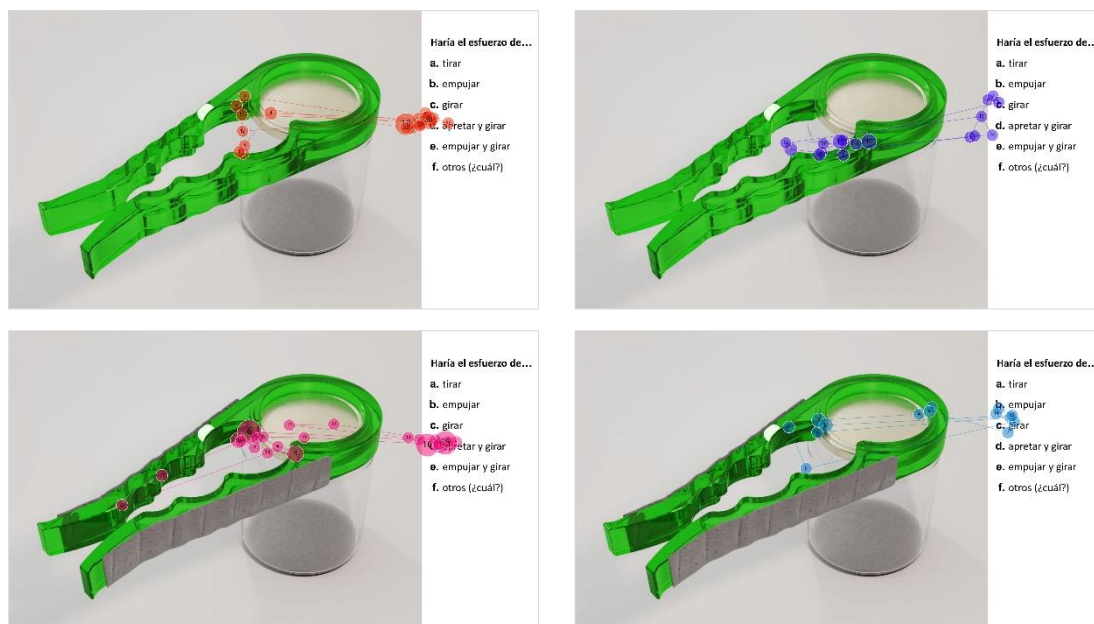


Figura 43. Resultado de 1 sujeto representativo de los Gaze Plots de la P4 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

Los modelos 4 y 5 fueron de respuesta rápida, probablemente por simplicidad, pero con bajo porcentaje de aciertos. Al parecer, la forma del modelo indica la necesidad de girar, pero no hay ningún identificador que indique la necesidad de empujar. De hecho, la primera vez que se observó la AoI de la zona de agarre en el modelo 5, el tiempo fue el mayor con respecto al resto de modelos. Se prestó más atención a la AoI de colocación sobre la tapa que a la zona de agarre, lo que sugiere que el mecanismo de fijación a la tapa es menos claro que identificar el área de agarre. Los modelos menos conocidos, el 2, el 3 y el 6, precisaron más tiempo para tomar decisiones y tratar de comprender su mecanismo.

En definitiva, el esfuerzo se entiende mejor en aquellos modelos en los que la zona de agarre y la posición de uso son familiares, en concreto, una forma tipo pinza ayuda a entender cómo realizar la acción de apretar.

## 5.5. P5: ¿Crees que el producto puede abrir diferentes tamaños de tarros?

En el análisis de si el DA puede abrir diferentes tamaños de tarro (P5), el modelo 3 tenía una zona de engranaje que facilitaba la adaptación del producto a diferentes tamaños. Pero esta zona, puede que por mostrar una imagen renderizada y no el modelo real, no fue entendida como engranaje por los participantes, aunque los datos de fijaciones y visitas en esa AoI fueron altos comparado con el resto de modelos (Anexo VI, resultados de TDoF, TDoV, NoF y NoV en Tablas AVI.35 de P5). En este modelo también es destacable el valor de la media del número de fijaciones (26.28) y

la media del número de visitas (2.95). Pocas visitas y muchas fijaciones pueden indicar que el participante ha estado fijándose mucho dentro de la AoI, sin salir demasiado a observar otras zonas (Figuras 44 y 45).

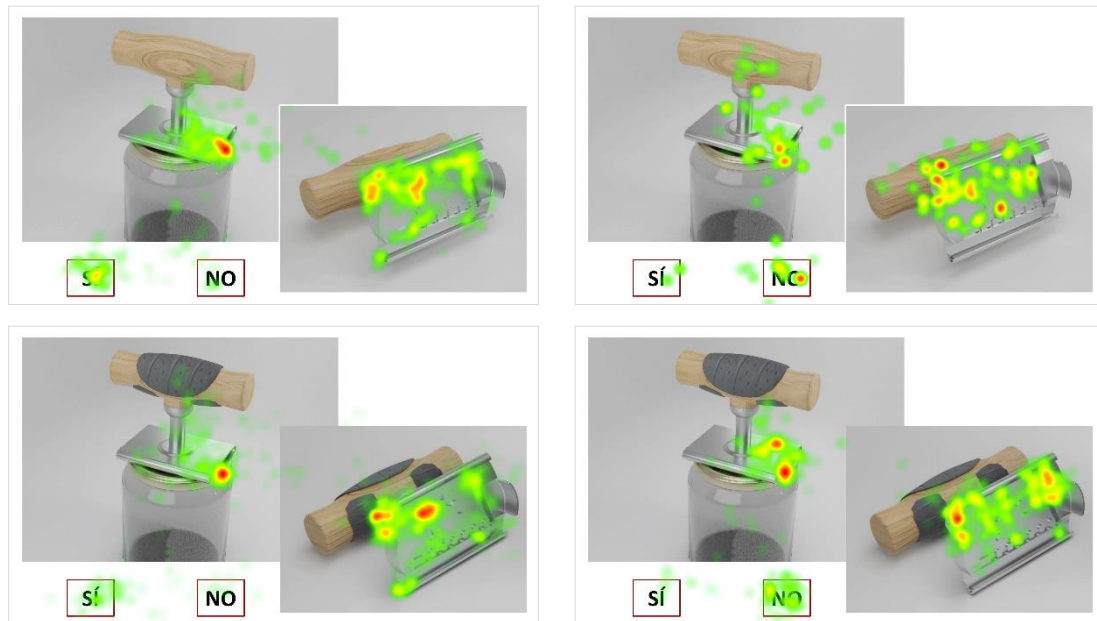


Figura 44. Mapas de calor de la P5 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

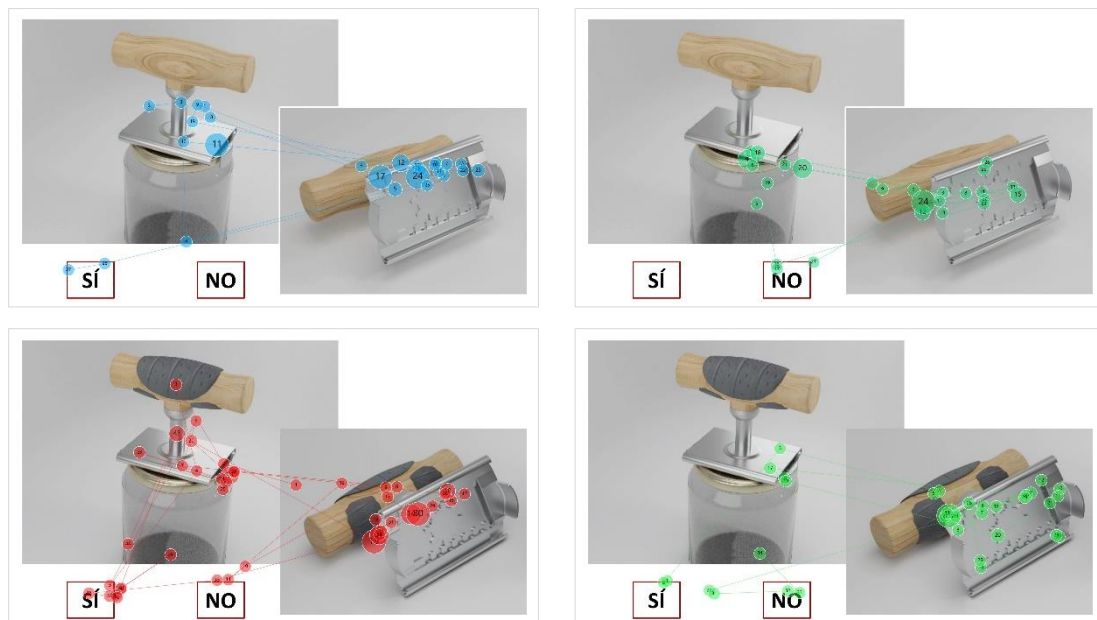


Figura 45. Resultado de 1 sujeto representativo de los Gaze Plots de la P5 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

Excepto en el modelo 3, en el resto de modelos los porcentajes de aciertos fueron elevados. En el modelo 2, la ranura actuó como un *signifier* que ayudó a entender la



posibilidad de realizar el ajuste. Con el resto de modelos, en general, se puede interpretar que, en este aspecto, las formas circulares con diferentes diámetros y las formas cónicas (que permiten el ajuste) ayudan a entender la posibilidad de adaptarse a diferentes tamaños de tapas.

## 6. Análisis de las métricas del ET que permiten evaluar el diseño intuitivo. Resultados y discusión

Como se ha indicado antes, en el Anexo VI se muestran los descriptivos de las métricas utilizadas para las diferentes AoIs y modelos. La Tabla 36 muestra los resultados de los niveles de significación del ANOVA de un factor y de la prueba no paramétrica (valor subrayado con una línea), siendo el factor el nivel de intuitivo (que engloba a los modelos más y menos intuitivos por pregunta según los resultados de la Tabla 32, por ejemplo, para P1, los dos niveles del factor eran: modelo más intuitivo, que serían los datos referentes a los modelos 1 y 6; y modelo menos intuitivo, que serían los datos de los modelos 2 y 3), y las variables dependientes son las métricas del ET por AoI, que se detallan en el listado de la Tabla 36. Para el análisis se eliminó P3 porque en este aspecto ningún modelo fue identificado como menos intuitivo y porque fue la pregunta más intuitiva, lo que provocó resultados de aciertos altos. Cuando el resultado de la métrica muestra diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los valores de la media de los grupos de los modelos más y menos intuitivos, se muestra en la tabla el resultado del valor p. También se representa si el valor de la media del más intuitivo es mayor (+) o menor (-) que el del menos. En gris están sombreadas las métricas que no se usaron como variables dependientes, considerando que esa AoI no era de interés para el análisis según lo que se preguntaba. La Figura 47 muestra los intervalos de confianza al 95 % para la media en aquellas métricas en las que el ANOVA o la prueba no paramétrica resultó ser significativa, incluyendo todos los modelos ordenados de más a menos intuitivo en cada pregunta según DoI%. Las gráficas permiten observar si existe algún patrón de comportamiento en los datos de las métricas por modelo, ordenados de más a menos intuitivo, y entre los modelos extremos con diferencias significativas entre ellos (el/los más y menos intuitivos). Se añade la Figura 46 con las imágenes de los 6 modelos para facilitar la comprensión del análisis.



Figura 46. Modelos ordenados del 1 al 6.

Tabla 36. Resultado de los niveles de significación del ANOVA y la prueba no paramétrica (valor subrayado con una línea) con las métricas del ET y factor intuitivo de las métricas con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Se muestra la comparativa del valor de la media cuando el del más intuitivo es mayor (+) o menor (-) que el del menos.

Métricas	Preguntas							
	P1		P2		P4		P5	
	p valor	Valor de la media MÁS vs MENOS	p valor	Valor de la media MÁS vs MENOS	p valor	Valor de la media MÁS vs MENOS	p valor	Valor de la media MÁS vs MENOS
Amplitud Media de Sacadas			<u>0.012</u>	+			<u>&lt;0.001</u>	+
Amplitud Total de Sacadas			<u>&lt;0.001</u>	-	<u>&lt;0.001</u>	-	<u>&lt;0.001</u>	-
NoV Aol Modelos					<u>&lt;0.001</u>	-	<u>0.041</u>	-
TDoF% Aol Modelos	<u>&lt;0.001</u>	-					<u>0.029</u>	-
NoF% Aol Modelos	<u>0.027</u>	-	<u>&lt;0.001</u>	-	<u>0.011</u>	+		
TtFF% Aol Modelos					<u>&lt;0.001</u>	-		
DoFF% Aol Modelos	<u>0.002</u>	+	<u>&lt;0.001</u>	+	<u>&lt;0.001</u>	+	<u>&lt;0.001</u>	+
TDoV% Aol Modelos	<u>&lt;0.001</u>	-	<u>&lt;0.001</u>	-			<u>0.009</u>	-
NoV Aol Agarre			<u>&lt;0.001</u>	-				
TDoF% Aol Agarre	<u>&lt;0.001</u>	+	<u>0.033</u>	-	<u>&lt;0.001</u>	+		
NoF% Aol Agarre	<u>&lt;0.001</u>	+	<u>&lt;0.001</u>	-	<u>&lt;0.001</u>	+		
TtFF% Aol Agarre	<u>0.005</u>	-	<u>&lt;0.001</u>	+	<u>&lt;0.001</u>	-		
DoFF% Aol Agarre	<u>0.006</u>	+	<u>&lt;0.001</u>	+	<u>&lt;0.001</u>	+		
TDoV% Aol Agarre	<u>&lt;0.001</u>	+	<u>&lt;0.001</u>	-	<u>&lt;0.001</u>	+		
NoV Aol Col Tapa					<u>&lt;0.001</u>	-	<u>0.010</u>	-
TDoF% Aol Col Tapa	<u>&lt;0.001</u>	-					<u>&lt;0.001</u>	-
NoF% Aol Col Tapa					<u>0.009</u>	-	<u>&lt;0.001</u>	-
TtFF% Aol Col Tapa	<u>&lt;0.001</u>	-			<u>&lt;0.001</u>	+		
DoFF% Aol Col Tapa	<u>0.002</u>	+			<u>&lt;0.001</u>	+	<u>&lt;0.001</u>	+
TDoV% Aol Col Tapa	<u>&lt;0.001</u>	+			<u>0.008</u>	-	<u>&lt;0.001</u>	-
NoV Aol Goma								
TDoF% Aol Goma			<u>&lt;0.001</u>	+				
NoF% Aol Goma			<u>&lt;0.001</u>	+				
TtFF% Aol Goma								
DoFF% Aol Goma			<u>&lt;0.001</u>	+				
TDoV% Aol Goma			<u>&lt;0.001</u>	+				

Figura 47. Gráficos de barras de error de los intervalos de confianza al 95 % de los valores medios por métrica de las preguntas (a) P1, (b) P2, (c) P4 y (d) P5, según resultados del ANOVA. El eje X representa los 6 modelos de abridores ordenados de más a menos intuitivo según DoI% por pregunta, sombreando en oscuro los modelos seleccionados como más y menos intuitivos.

(a) P1

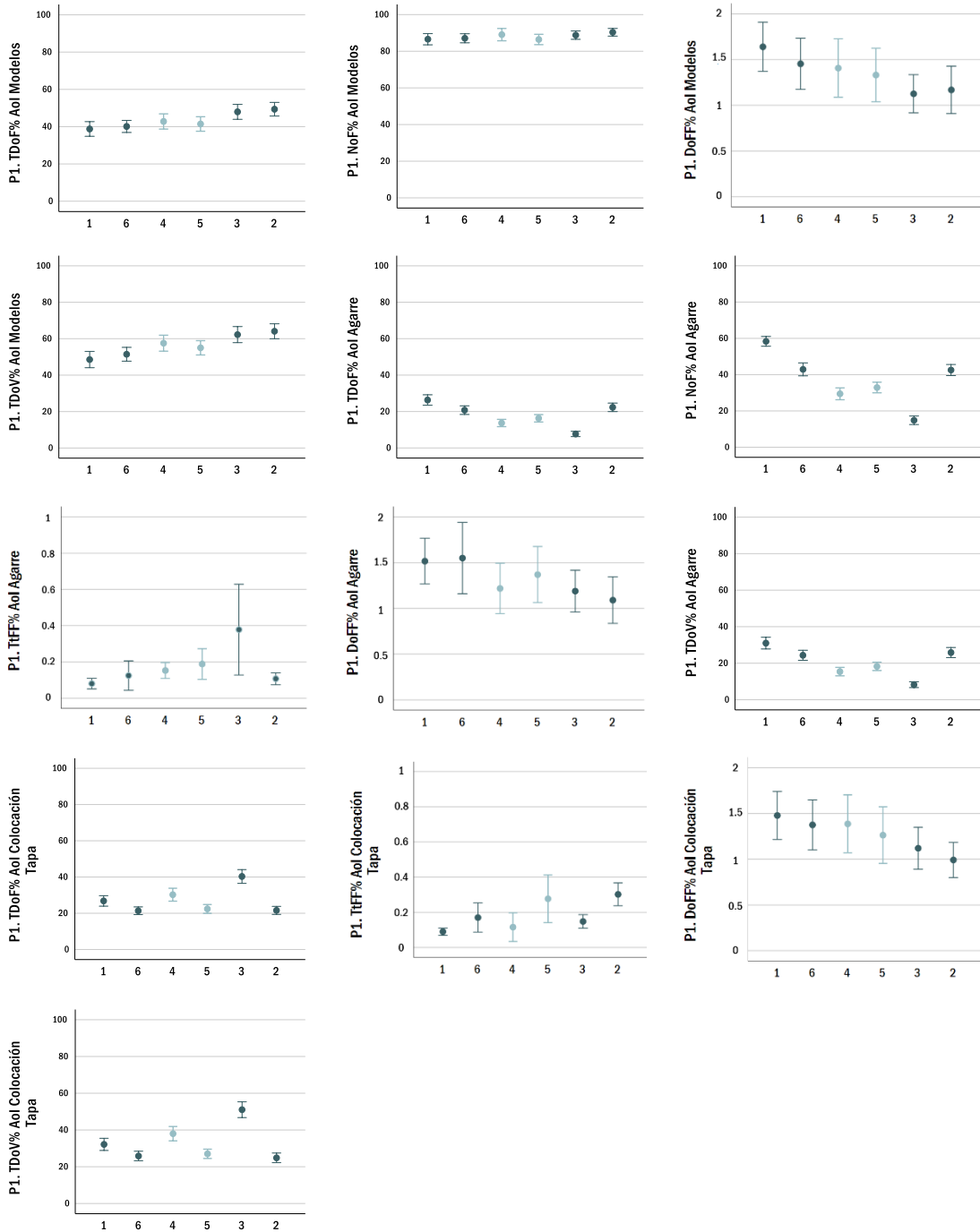


Figura 47 (a).

(b) P2

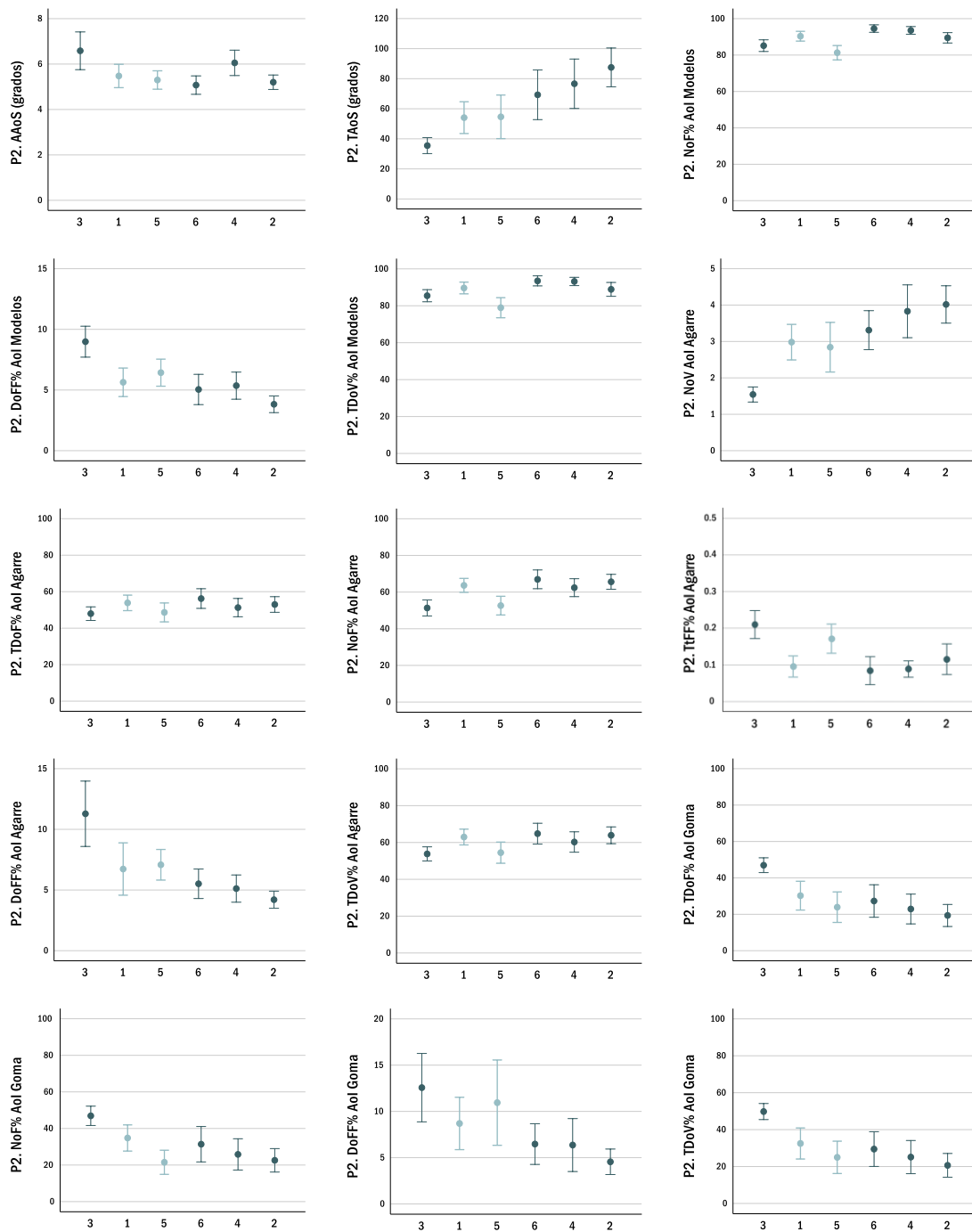


Figura 47 (b).

(c) P4

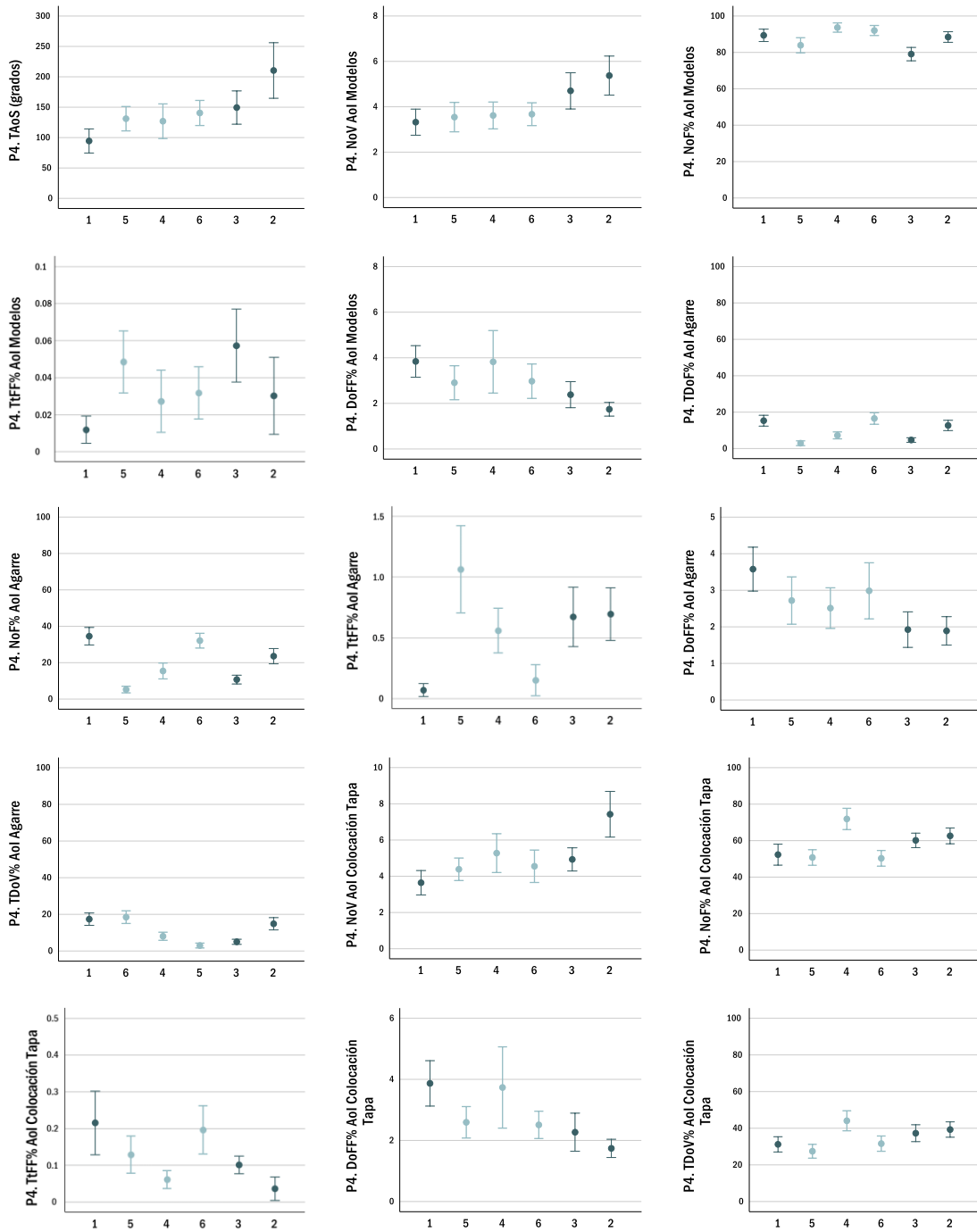


Figura 47 (c).

## (d) P5

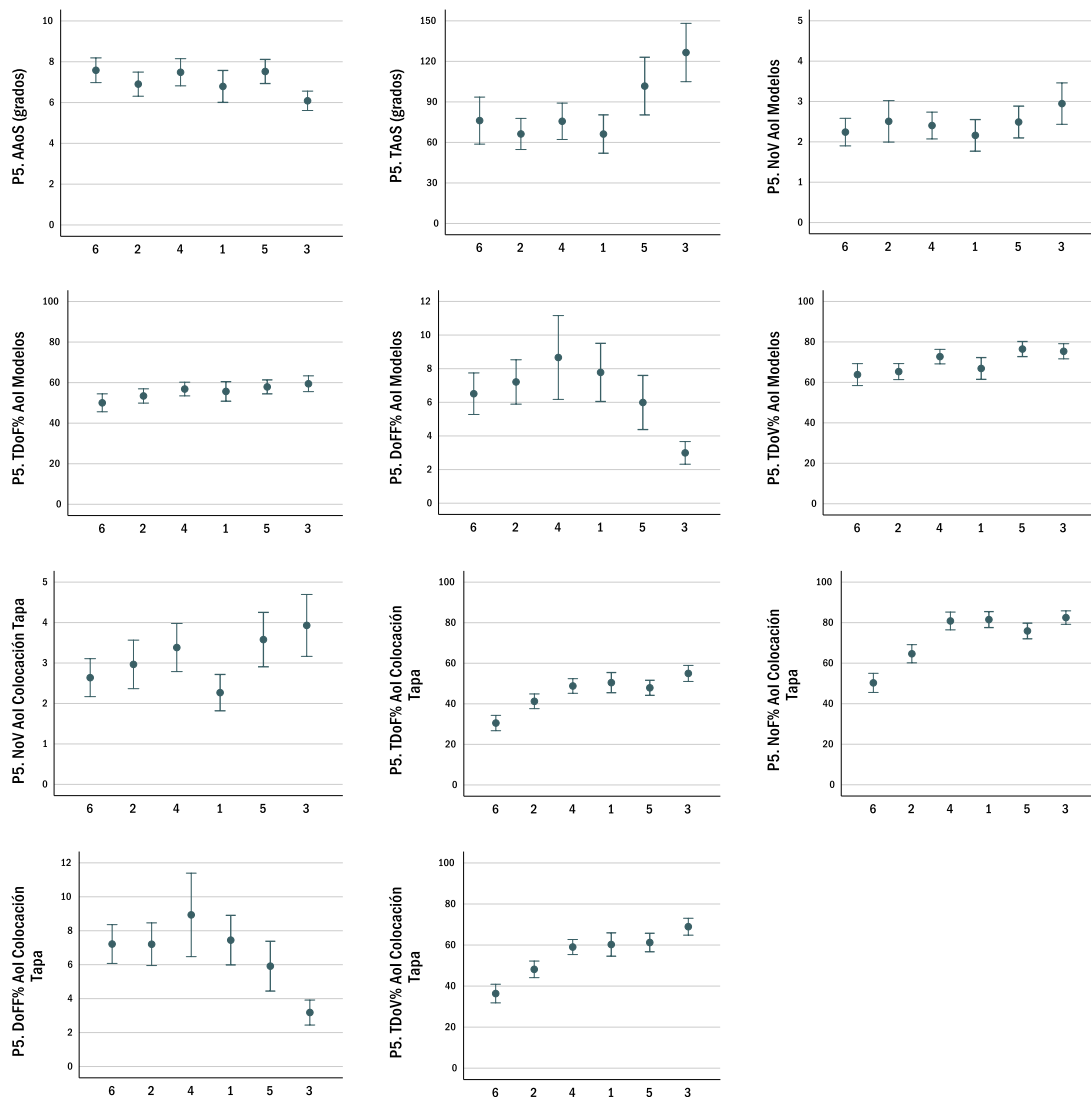


Figura 47 (d).

En los resultados se observa que, con respecto a la amplitud de sacadas, en todos los aspectos en los que en las métricas las diferencias entre grupos son significativa, cuando un modelo es más intuitivo, la media en la amplitud de sacadas (AAoS) es mayor que en los menos intuitivos (en P2 y P5), mientras que la amplitud total (TAoS) es menor (en P2, P4 y P5). Además, con respecto a la amplitud total, en las gráficas se observa que, generalmente, el valor de las medias es creciente a medida que los modelos son menos intuitivos, aunque en los modelos intermedios en P2 y P4 el valor de la media es más constante, y en P5 hay un decrecimiento entre el modelo 4 (uno de los más intuitivos) y el modelo 1 (uno de los modelos intermedios). En líneas generales, se puede interpretar que, cuando un modelo es más intuitivo, es suficiente realizar pocos barridos, pero de mayor amplitud, mientras que, si es menos intuitivo, se realizan recorridos más cortos, pero más repetitivos.

El número de visitas (NoV) mantiene la premisa de a más intuitivo, menos visitas, en todos los aspectos y AoIs en los que la métrica ha sido significativa: en P2 en AoI Agarre; en P4 en AoI Modelos y AoI Colocación sobre Tapa; y en P5 en AoI Modelos y en AoI Colocación sobre Tapa. En las gráficas en las que la métrica NoV está representada, se observa un patrón creciente, donde el número de visitas va de menos (en los modelos más intuitivos) a más (en los menos intuitivos), excepto en P5 en AoI Modelos, donde se observa que las medias de los modelos más intuitivos crecen y decrecen, y en el modelo 1 en la AoI Colocación sobre Tapa. Este dato podría ser destacable, ya que en este aspecto se evalúa la adaptación a diferentes tamaños, siendo la AoI Colocación sobre Tapa de interés para su evaluación. Pero el diseño del modelo 1 explica claramente su adaptabilidad a diferentes tamaños (aunque por los resultados de aciertos y DoI% no sea clasificado como el más intuitivo), por lo que los participantes podrían haber interpretado correctamente el aspecto evaluado sin necesidad de realizar un gran número de visitas. Ocurre algo similar con los tiempos de visitas (TDoV%), siendo menores en los modelos más intuitivos, excepto en tres ocasiones donde el valor de la media es mayor en los más intuitivos: en P1 en la AoI Colocación sobre Tapa, en P2 en la AoI Goma, y en P4 en la AoI Agarre. Si bien los participantes dedicaron más tiempo observando estas AoI concretas para tomar la decisión en los modelos más intuitivos, sí se cumple la premisa planteada de a menor tiempo, más intuitivo sobre la AoI Modelo. No obstante, en las gráficas de esta métrica no se observa un patrón creciente o decreciente que explique un comportamiento de los participantes entre modelos más y menos intuitivos a la hora de evaluar diferentes aspectos.

Referente a las fijaciones, se espera obtener resultados similares a las visitas, partiendo de la misma premisa. En cambio, hay algunos aspectos y AoIs en los que el tiempo (TDoF%) y el número de fijaciones (NoF%) con resultados significativos, el valor de la media no es menor en los más intuitivos (como pasa en las métricas de visitas), y no se observa un patrón único en las gráficas. Es el caso de la AoI Modelo en P4, donde el NoF% es mayor en los más intuitivos, lo cual podría ser debido al hecho de que al ser P4 uno de los aspectos evaluados menos intuitivo, esto influyó en la evaluación de los modelos, haciendo que fuera más costoso para los participantes tomar la decisión. De hecho, ese patrón se repite en la AoI Agarre, aunque no en la AoI Colocación sobre Tapa, lo cual podría ser porque esa AoI no es importante para tomar la decisión sobre el tipo de esfuerzo a realizar. En P2, la zona de agarre sí se observó durante menos tiempo en los más intuitivos, en cambio, en la zona de la goma no ocurrió así. En los más intuitivos, en la AoI Goma, el número y tiempo de fijaciones es mayor. Por tanto, pese a que la zona de agarre sí era intuitiva, la goma hizo que los participantes centraran su atención en ella probablemente para reforzar su decisión. En las gráficas de TDoF% y NoF% se observan patrones crecientes, decrecientes y ningún patrón según aspectos y AoIs. En primer lugar, se observa un patrón creciente (es decir, cumple la premisa establecida de a más intuitivo, menos fijaciones) en P1 en la AoI Modelos, y en P5 en AoI Modelos y AoI Colocación sobre Tapa. En segundo lugar, hay un patrón decreciente (no cumple la premisa) en: P1 en AoI Agarre, excepto en el modelo 2 (como se explicó en el anterior apartado, algunos



*signifiers* complejos de entender de este modelo podrían haber sido los causantes del aumento de fijaciones); y P2 en AoI Goma que, al preguntar por la zona de agarre, los participantes podrían fijar su atención más en la goma pese a ser el agarre intuitivo. En tercer lugar, no se observa ningún patrón en: P1 en AoI Colocación sobre Tapa, aunque la AoI Modelos, que es la general, sí cumple la premisa creciente; P2 en AoI Modelos y en AoI Agarre, pero la métrica no explica un patrón concreto para evaluar cómo son de intuitivos los modelos; P4 en AoI Modelos, AoI Agarre y en AoI Colocación sobre Tapa, donde, de nuevo, podría ser por ser el aspecto poco intuitivo.

Atendiendo a los tiempos de la primera vez que se observa una AoI, la métrica TtFF% en AoI Modelos solo es significativa en P4, siendo el tiempo de la primera vez que se observa el modelo menor en los más intuitivos, pero el tiempo que se quedan observando por primera vez (DoFF%), mayor. Ocurre lo mismo en la AoI Agarre, pero no en la AoI Colocación sobre Tapa de P4. De nuevo, podría ser que la información que necesitaba el participante para evaluar el tipo de esfuerzo ya la obtuvo la primera vez que observó el modelo en general y la zona de agarre, y la zona de colocación sobre la tapa no se consideró relevante en este aspecto. En el resto de aspectos, TtFF% y DoFF% sí es significativa en las AoIs Modelos, Agarre y Colocación sobre Tapa. En concreto, en P1 es significativa en AoI Agarre y AoI Colocación sobre Tapa, y, además, los valores de la media mantienen el mismo patrón que en P4 en AoI Modelos. En P2 en AoI Agarre no ocurre lo mismo, siendo en este aspecto en esta AoI el TtFF% mayor en los más intuitivos (teniendo en cuenta que el aspecto a evaluar es la zona de agarre). En general, las gráficas que representan la métrica TtFF% tienen un patrón creciente, excepto en P2 en AoI Agarre y P4 en todas las AoIs, y las gráficas de la métrica DoFF% decreciente, excepto en P5 en AoI Modelos y AoI Colocación sobre Tapa.

En líneas generales, teniendo en cuenta que se espera que muchas de las métricas están correlacionadas, se puede establecer que, a la hora de evaluar diferentes aspectos sobre modelos ordenados de más a menos intuitivos, existe un patrón en las métricas de sacadas AAoS y TAoS, siendo los valores de AAoS mayores en los menos intuitivos, y en TAoS menores. Con respecto a las métricas NoV y TDoV%, los valores de la media son menores en los modelos más intuitivos. Las métricas NoF% y TDoF% no establecen un patrón genérico para todos los aspectos y AoIs, en este caso podría influir cómo de intuitivo es el aspecto evaluado, y las zonas específicas creadas en cada estímulo. En particular, las métricas NoF% y TDoF% sí mantienen la premisa establecida en las AoIs en las que se encuentra la información necesaria para evaluar el aspecto. En concreto: en AoI Colocación sobre Tapa cuando se pregunta sobre para qué sirve un modelo (P1); en AoI Agarre cuando se pregunta por dónde se debe realizar el agarre (P2); y en AoI Colocación sobre Tapa cuando se pregunta por la adaptabilidad a diferentes tamaños (P5). Con las métricas TtFF% y DoFF%, en general, se podría establecer que el TtFF% es menor en los modelos más intuitivos, mientras que DoFF% es mayor, excepto en la AoI Agarre a la hora de detectar cuál es la zona de agarre de un modelo (P2).

## 7. Conclusión

En conclusión, en este análisis se ha comprobado la utilidad de la tecnología ET como herramienta para el análisis del diseño intuitivo mediante el estudio de DA para manipulación en AVD (OE1), evaluando qué elementos de diseño funcionan como *signifiers* (OE1.1), e identificando qué métricas del ET permiten evaluar su diseño intuitivo (OE1.2).

En primer lugar, preguntar a los participantes sobre diferentes aspectos de funcionalidad de los DA (preguntas de P1 a P5) ha permitido crear un orden de modelos de más a menos intuitivo según los resultados de aciertos de respuesta de cada pregunta, y el tiempo dedicado a responder. Para ello, se ha partido de la premisa que considera que los modelos más intuitivos son aquellos en los que se tarda menos tiempo en contestar y a la vez el porcentaje de aciertos es alto, mientras que los modelos menos intuitivos son aquellos en los que ocurre lo contrario.

En segundo lugar, teniendo en cuenta el orden establecido de cómo de intuitivos son los DA, la tecnología ET ha permitido realizar un análisis cualitativo de los *signifiers* que explican los aspectos de funcionalidad de cada modelo (OE1.1). Según el orden de cómo de intuitivos son los modelos, los descriptivos de las métricas AAoS, T AoS, TtFF, DoFF, TDoF, TDoV, NoF y NoV, los mapas de calor y los Gaze Plots, en líneas generales, se puede establecer que:

- La goma parece actuar como un *signifier* que ayuda a localizar la zona de agarre de un DA.
- Un DA es más intuitivo cuando su forma es similar a la del objeto al que se debe acoplar, como por ejemplo una forma circular que se acople a una tapa de un tarro.
- Las formas que resultan familiares, es decir, las que se pueden relacionar con funciones conocidas, explican mejor la funcionalidad y usabilidad de un DA, como la zona de agarre o el tipo de esfuerzo a realizar.
- Hay *signifiers* que, por familiaridad, los participantes los relacionan con otras funciones que no son las que realmente deben explicar, como son los elementos metálicos afilados, que se relacionan con la acción de cortar en lugar de la de ajustar.

No obstante, algunos elementos de diseño pudieron no ser correctamente identificados debido a que solo se mostraba una imagen en un monitor.

Finalmente, las métricas del ET han permitido establecer comportamientos a la hora de observar e identificar diseños más y menos intuitivos (OE1.2), como son:

- Cuando un modelo es más intuitivo, la amplitud media de sacadas (AAoS) es mayor y la amplitud total (TAoS) es menor, es decir, en modelos más intuitivos, los participantes realizan pocos recorridos con la mirada, pero de mayor amplitud, siendo en modelos menos intuitivos, al contrario.
- El número y tiempo de visitas (NoV y TDoV%) es menor en los modelos más intuitivos cuando se observa el modelo de forma general, pero no cuando se observan las AoIs en las que se encuentra la información necesaria para evaluar el aspecto.
- El número y tiempo de fijaciones (NoF% y TDoF%) no siempre es menor en los modelos más intuitivos. Cuando se observa el modelo de forma general, los valores de las fijaciones escalados en valores porcentuales sí son menores en los modelos más intuitivos, pero no ocurre cuando se observan zonas concretas con la información necesaria para evaluar el aspecto.
- En líneas generales, en los modelos más intuitivos, el TtFF% es menor y el DoFF% es mayor, es decir, en los modelos más intuitivos es más rápido detectar la zona que explica su función, pero los participantes se quedan observándola durante más tiempo, según valores porcentuales, probablemente para afianzar su decisión. Esto no ocurre en las zonas en las que se encuentra la información necesaria para evaluar por dónde se debería realizar el agarre del modelo.

# Capítulo V

**Análisis II: Evaluación de la percepción de los *affordances* de usabilidad de los dispositivos de asistencia**

# 1. Objetivos

El objetivo principal de este análisis (OE2) es comprobar la utilidad de la tecnología ET como herramienta para el estudio de la usabilidad de una tipología de DA como son los destinados a la apertura de tarros. Este objetivo se particulariza en:

- OE2.1. Evaluar qué elementos de diseño funcionan como *signifiers* de diferentes aspectos de usabilidad de los DA mediante el análisis de sus *affordances*. En particular, estudiar el efecto de incorporar goma en la zona de agarre.
- OE2.2. Identificar las métricas del ET que permiten evaluar la usabilidad de los DA para apertura de tarros.

## 2. Datos utilizados

Para el Análisis II se consideraron los datos registrados a 60 participantes en los estímulos de P6. Como en el análisis anterior, los datos fueron sometidos a un cribado previo, descartando los datos de los participantes en los que existía algún error en la selección de la respuesta. Para ello, utilizando los datos obtenidos de la métrica NoC, se comprobó lo siguiente:

1. En primer lugar, se comprobó que el participante hubiese seleccionado un modelo en todos y cada uno de los estímulos mostrados, descartando aquellos participantes en los que en algún estímulo todos los NoC en todas las AoIs fuesen 0. Se descartaron un total de 2 participantes.
2. En segundo lugar, se comprobó que, para la valoración de un determinado *affordance*, el participante no hubiese dado a un mismo modelo dos valoraciones diferentes (por ejemplo, si había seleccionado un modelo como el más y, seguidamente, lo había seleccionado de nuevo como el segundo más). Se descartaron un total de 2 participantes.

En ambos casos se eliminaron todos los datos de los participantes porque, al encontrar este tipo de errores, se consideró que no habían entendido bien la dinámica de la prueba. Finalmente, se utilizaron datos de 56 participantes (26 mujeres y 30 hombres,  $40.21 \pm 10.20$  años de edad) (Tabla 37). Debido a este cribado, el número de participantes por proyecto (A o B) fue ligeramente diferente.

Tabla 37. Características de los sujetos para el Análisis II.

	Número de participantes	Edad Media (SD)	Proyecto A: Participantes	Proyecto B: Participantes
Hombres	30	41.33 (10.11)	14	16
Mujeres	26	38.92 (10.36)	13	13
Total	56	40.21 (10.20)	27	29

Además de las valoraciones realizadas por los participantes para cada *affordance* (selección de un modelo para cada una de las 4 preguntas sobre el *affordance*), se utilizaron los datos de las métricas DoI, AAoS, TAoS, TDoF, NoF, TtFF, DoFF, TDoV, y NoV. Algunas de ellas se recalcularon en valores porcentuales siguiendo el mismo criterio que en el Análisis I, siendo las métricas resultantes: DoI%, TDoF%, NoF%, TtFF%, DoFF% y TDoV%. Matizar que, para el Análisis II (a diferencia de

los criterios descritos en el Análisis I) para el criterio de escalado de DoI% y TtFF% el valor de la métrica de cada estímulo se divide por la suma de los DoI de todos los estímulos de P6 del participante. Se utilizaron únicamente los datos registrados en el primer estímulo (pregunta sobre el mejor modelo de abridor para el *affordance* en cuestión) porque se consideró que era en el primer estímulo donde el participante se creaba una opinión del *affordance* evaluado sobre los modelos. En los siguientes estímulos, el participante podría haber configurado su opinión sobre todos los modelos y, por tanto, la respuesta sería más rápida, salvo en casos de duda, por lo que los valores de las métricas en estos otros estímulos dependerán más de si ha habido duda o no en la selección.

Para el cálculo de dichas métricas se utilizaron los datos correspondientes a la AoI Modelo, la AoI Agarre, la AoI Colocación sobre Tapa.

## 3. Análisis de datos

El Análisis II empieza con un estudio de los *affordances* transmitidos por los DA de apertura de tarros considerados, para tener una visión general de cuáles son más o menos fáciles de transmitir, y de qué métricas del ET pudieran dar información al respecto. A continuación, se acomete ya el análisis de los elementos que funcionan como *signifiers* de dichos *affordances* (OE2.1), distinguiendo por una parte el estudio de la goma en la zona de agarre, y por otra el estudio de otros elementos de diseño. Además, de manera transversal en estos estudios de los *signifiers*, se analiza qué métricas del ET permiten evaluar la usabilidad de los DA para apertura de tarros (OE2.2). Estos análisis se detallan a continuación.

### 3.1. Análisis de los *affordances* transmitidos

Para analizar cómo se transmiten los *affordances*, se utilizaron los valores de la métrica DoI% por *affordance* (del primer estímulo), considerando que, a menor DoI%, más fácilmente se transmite el *affordance*. Para proporcionar una visión general, se mostraron los descriptivos de DoI% por *affordance*. Para contrastar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre *affordances*, y así comprobar si hay *affordances* que se transmiten más fácilmente que otros en los modelos mostrados, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis (tras comprobar que no se cumplían los supuestos de homogeneidad de las varianzas) con variable dependiente la métrica DoI% y factor *affordance*, considerando la corrección de Bonferroni.

Asimismo, se planteó la posibilidad de estudiar qué métricas del ET pudieran proporcionar información de cómo se transmiten los *affordances*. Teniendo en cuenta que las métricas de sacadas AAoS y TAoS, al igual que el DoI%, contienen valores del estímulo completo (y no por AoI), se consideraron los descriptivos de dichas métricas en el primer estímulo, por *affordance*, para complementar la visión general proporcionada con DoI%. A continuación, se comprobó si las sacadas son significativamente diferentes según el *affordance* que se está evaluando mediante sendas pruebas no paramétricas de Kruskal–Wallis (tras comprobar que no existía homogeneidad en las varianzas) con variables dependientes AAoS y TAoS, y factor la variable *affordance*, considerando la corrección de Bonferroni. Y se analizó si estas diferencias están relacionadas con las observadas a partir del DoI%, para identificar así qué métricas proporcionan información de cómo se transmiten los *affordances*.



### 3.2. Análisis de la goma en la zona de agarre como *signifier*

Este análisis trata de ver si la goma en la zona de agarre facilita la percepción de los diferentes *affordances*. Para ello, en primer lugar, se asignó una puntuación a cada modelo en cada *affordance* con los datos obtenidos de la métrica NoC en AoI Imagen Modelo, que refleja la valoración del *affordance*: +2 para el mejor, +1 para el segundo mejor, -2 para el peor, -1 para el segundo peor, y 0 para los modelos no seleccionados.

Para verificar el papel de la goma en la zona de agarre como *signifier*, se contrastó si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre modelos y versiones (sin y con goma) en las valoraciones de los *affordances*. Para ello se realizó la prueba no paramétrica de Scheirer–Ray–Hare (tras comprobar que no se cumplían los supuestos de homogeneidad de las varianzas) para cada *affordance*, usando como variable dependiente la valoración y como factores las variables modelo y goma más su interacción. Se representaron gráficamente las valoraciones de los diferentes modelos y versiones para cada *affordance*, mostrando las medias e intervalo de confianza del 95%. Y para contrastar entre qué versiones (sin y con goma) por cada modelo hay diferencias significativas, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis con factor goma para cada modelo y *affordance*.

Para identificar qué métricas pueden ser útiles en el análisis de la goma como *signifier*, se planteó un análisis análogo al anterior de las valoraciones, pero con las métricas TtFF%, DoFF%, TDoF%, NoF% TDoV% y NoV de la AoI Agarre. Y se analizó si las diferencias en estas métricas entre versiones están relacionadas con las observadas a partir de las valoraciones de los *affordances*.

Finalmente, para reforzar la identificación de métricas útiles para el análisis de la goma como *signifier*, se calcularon las correlaciones de Spearman entre las valoraciones y las métricas del ET en la AoI Agarre (TtFF%, DoFF%, TDoF%, NoF% TDoV% y NoV) para cada uno de los *affordances*. Una correlación positiva con una determinada métrica indica que los modelos con mayor valoración presentan mayores valores en la métrica, y una correlación negativa que presentan menores valores de la métrica. Cuanto más alta es la correlación (en valor absoluto), más lineal es la relación entre valoración y el valor de la métrica.

### 3.3. Análisis de otros elementos de diseño que funcionan como *signifiers* en cada *affordance*

El análisis anterior se centraba en el estudio de la goma como *signifier*. Para ello, como se explica en metodología, se modificaron las imágenes de los abridores añadiendo goma en la zona de agarre, de forma que de cada modelo se tiene una versión sin goma y otra con goma. En este análisis, en el que se estudian otros *signifiers*, los modelos tienen elementos y características de diseño que no han sido modificados para disponer de diferentes versiones, ni han sido seleccionados de

forma equilibrada para poder utilizar los elementos de diseño como factores en pruebas estadísticas. En consecuencia, las únicas pruebas estadísticas que se realizan son por modelo. Por ello, se plantea un análisis más cualitativo para estudiar qué otros elementos de diseño (como el mango o zonas de colocación sobre la tapa) y qué características (como el material, la forma, el tamaño...) podrían funcionar como *signifiers* en cada *affordance*.

Se tomaron como punto de partida las diferencias significativas observadas entre modelos en las valoraciones de los *affordances*, obtenidas en las pruebas no paramétricas del apartado anterior para estudiar la goma como *signifier*. Como Post hoc de aquel análisis, se realizó ahora la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis con factor modelo para cada *affordance*, considerando la corrección de Bonferroni, para contrastar entre qué parejas de modelos hay diferencias significativas en las valoraciones. Y se representaron gráficamente las valoraciones, mostrando las medias con intervalo de confianza del 95%, por modelo para cada *affordance*.

Para contrastar la percepción de los *affordances* que se consigue a través del ET con la del uso real de los abridores, se representaron gráficamente los resultados de la evaluación ergonómica y experiencia de uso para cada *affordance*. En robustez, comodidad, esfuerzo y facilidad de uso, los participantes ordenaron los 6 modelos del mejor (el 1º) al peor (el 6º) en cada caso. Para el *affordance* de facilidad de agarre valoraron si la zona de agarre debía ser más ancha (1) o más estrecha (-1), y más larga (1) o más corta (-1). En la adherencia sobre la tapa valoraron si el modelo había resbalado mucho (2), poco (1) o nada (0) durante el uso. En aquellos *affordances* en los que la evaluación ergonómica consistía en ordenar los modelos del mejor al peor, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis (tras comprobar que no existía homogeneidad en las varianzas) con variable dependiente el resultado del orden de los modelos (del primero al sexto), y factor modelo, considerando la corrección de Bonferroni.

Para ayudar a identificar qué métricas pueden ser útiles en el análisis de los *affordances* de usabilidad sobre DA, es decir, aquellas que aportan información sobre la valoración del *affordance*, en primer lugar se representaron gráficamente los valores de las métricas del ET (TtFF%, DoFF%, TDoF%, NoF% TDoV% y NoV) por modelo para cada uno de los *affordances* en la AoI Modelo, AoI Agarre y AoI Colocación sobre Tapa. Seguidamente, se calcularon las correlaciones de Spearman entre las valoraciones y las mismas métricas del ET para cada *affordance*, en la AoI Modelo, AoI Agarre y AoI Colocación sobre Tapa.

Finalmente, para localizar dónde se centró la atención de los participantes en cada caso, y tratar de identificar así los posibles elementos que estén ejerciendo de *signifiers* en cada *affordance*, se complementó el análisis con los mapas de calor. Se mostraron aquellos pertenecientes al primer estímulo para analizar cualitativamente qué zonas son las que han llamado más la atención y cuáles han pasado desapercibidas para los participantes.

## 4. Análisis de los *affordances* transmitidos

### 4.1. Resultados

La Tabla 38 muestra la media de los valores de DoI%, AAoS y TAoS, del primer estímulo para cada *affordance*.

Tabla 38. Valores de la media de DoI%, AAoS y TAoS por *affordance*.

Métrica	<i>Affordance</i>					
	Robustez	Comodidad	Facilidad de agarre	Adherencia sobre la tapa	Esfuerzo	Facilidad de uso
DoI%	5.741	6.276	5.581	8.480	8.339	6.240
AAoS	7.71	7.40	7.54	6.36	6.86	7.18
TAoS	163.55	162.09	155.63	195.24	199.89	177.31

La Tabla 39 muestra el nivel de significación de la prueba no paramétrica para DoI%, AAoS y TAoS con factor *affordance*, y los grupos homogéneos resultantes, con los *affordances* ordenados de menor a mayor valor de la métrica.

Tabla 39. Resultado del nivel de significación de la prueba no paramétrica del valor de DoI%, AAoS y TAoS, y factor *affordance*, y el grupo homogéneo resultante, con los *affordances* ordenados de menor a mayor valor.

Valor p	<i>Affordances</i> - Grupos homogéneos						
<b>DoI%</b>							
p < 0.001	Robustez	Facilidad de agarre	Comodidad	Comodidad	Facilidad de uso	Esfuerzo	Adherencia sobre la tapa
<b>AAoS</b>							
p < 0.001	Adherencia sobre la tapa	Esfuerzo	Facilidad de uso	Comodidad	Facilidad de agarre	Facilidad de agarre	Robustez

TAoS						
p < 0.001	Facilidad de agarre	Facilidad de uso	Robustez	Comodidad	Adherencia sobre la tapa	Esfuerzo

## 4.2. Discusión

Según los resultados de DoI%, se observa que la adherencia sobre la tapa y el esfuerzo son los *affordances* que más se tarda en evaluar, y, por tanto, los que peor se transmiten a través de las imágenes de los modelos y en los que sería más crítico reforzar los *signifiers*. Pasaría lo contrario con la robustez y facilidad de agarre.

Por otra parte, se observa que los *affordances* peor transmitidos (aquellos que requieren mayor DoI%), como el esfuerzo y la adherencia sobre la tapa, presentan menor valor de AAoS y mayor valor de TAoS. En líneas generales, se puede interpretar que, cuando un *affordance* se transmite peor, se realizan muchos barridos con la mirada, pero de menor amplitud, mientras que, si se transmite mejor, se realizan menos recorridos, pero más largos. Esta interpretación de resultados se puede ejemplificar en la Figura 48 a través del resultado de los *Gaze Plots* de un sujeto representativo (cuyo número de fijaciones en el estímulo era próximo a la media de todos los sujetos según AoI Estímulo), para los 2 *affordances* extremos según los resultados anteriores: la robustez y la adherencia sobre la tapa. En la imagen también se observa que, cuando un *affordance* se transmite peor (imagen de la derecha de adherencia sobre la tapa), se realizan más fijaciones en el texto, lo cual puede relacionarse con comportamientos de duda, al tener que realizar en repetidas ocasiones la consulta sobre qué se está evaluando.

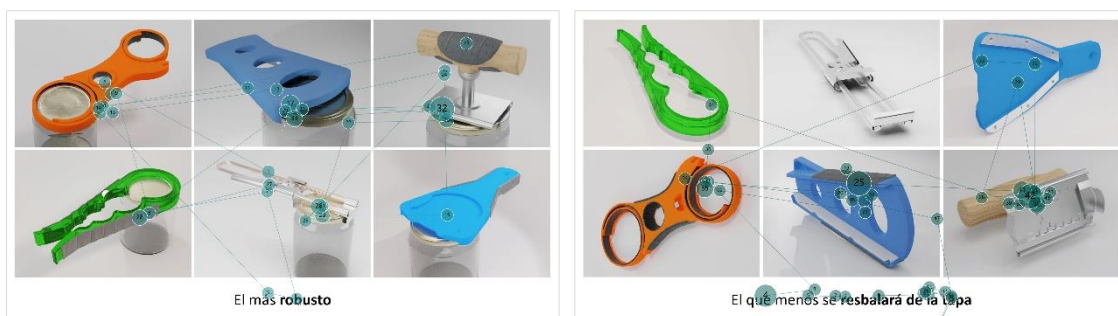


Figura 48. *Gaze Plots* de un sujeto representativo para los *affordances* de robustez (izquierda) y adherencia sobre la tapa (derecha).

## 5. Análisis de la goma en la zona de agarre como *signifier*

### 5.1. Resultados

Los resultados de la prueba no paramétrica de Scheirer–Ray–Hare sobre las valoraciones, con factores modelo y goma (e interacciones), muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre modelos en todos los *affordances* (en el siguiente apartado se analiza en detalle entre qué modelos en cada *affordance*), y entre versiones sin y con goma en los *affordances* de robustez, comodidad, facilidad de agarre y esfuerzo, y siempre en el mismo sentido (más valoración en los modelos con goma) y sin ser significativa la interacción modelo-goma en ningún caso.

La Figura 49 muestra los gráficos de los intervalos de confianza al 95 % para las medias de las valoraciones de cada *affordance* para cada modelo sin y con goma. En las gráficas se representan con un asterisco los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis en los que existen diferencias significativas entre las versiones sin y con goma de cada modelo para cada *affordance*.

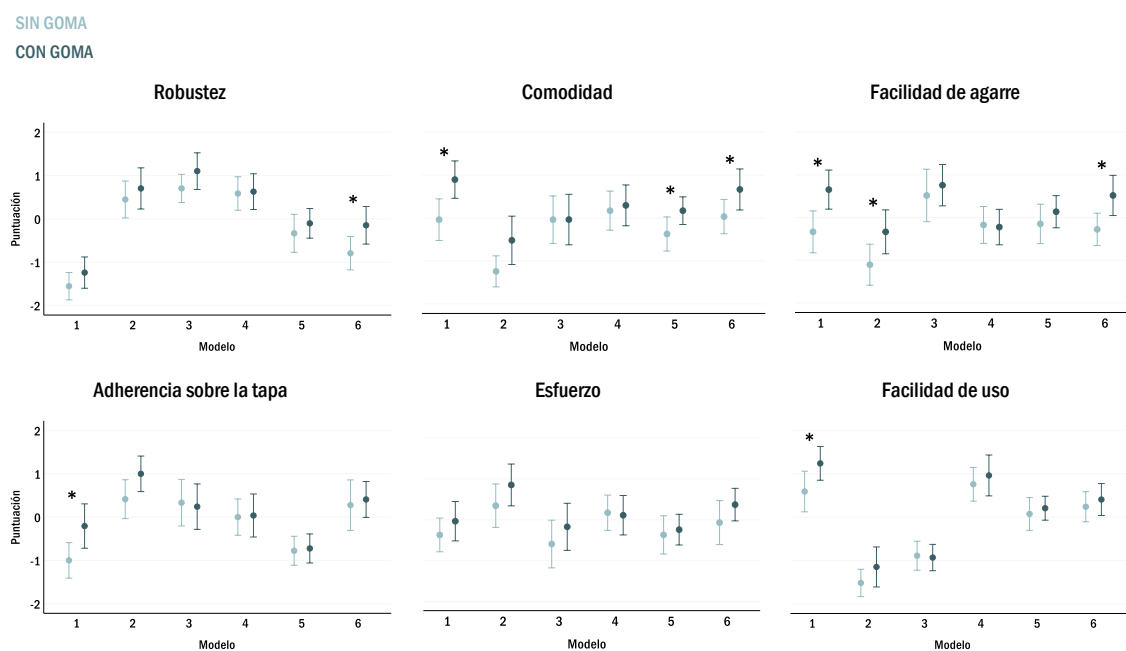


Figura 49. Intervalos de confianza (95 %) de las valoraciones medias por *affordance* para cada modelo y versión. Se representan con un asterisco los modelos con diferencias significativas entre versiones.

La Tabla 40 muestra los resultados del nivel de significación de los factores goma y modelo en la prueba no paramétrica de Scheirer–Ray–Hare con variables dependientes las métricas del ET (TtFF%, DoFF%, TDoF%, NoF% TDoV% y NoV) en la AoI Agarre. La interacción modelo-goma no sale significativa en ningún caso ( $p > 0.05$ ).

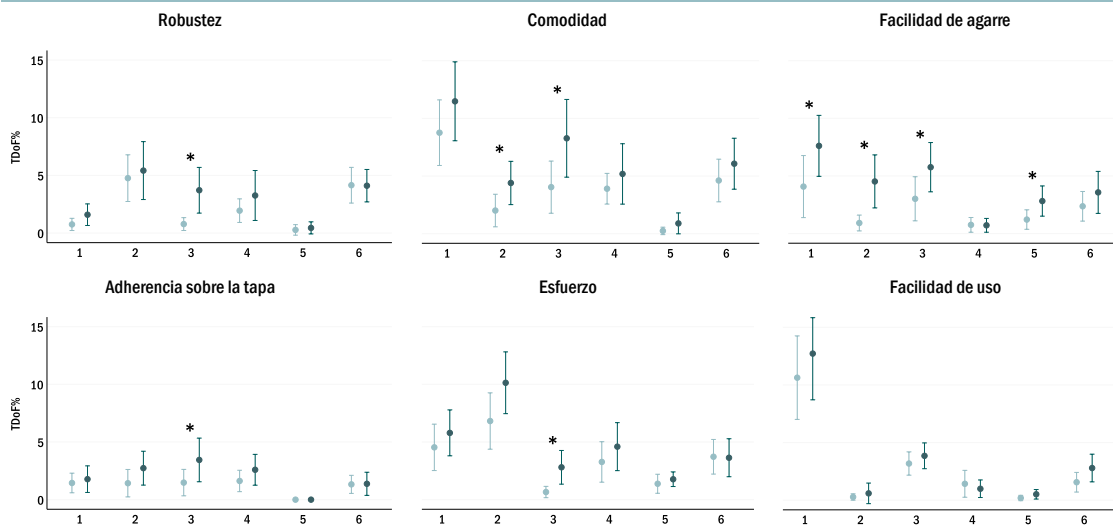
Tabla 40. Resultado del nivel de significación de los factores modelo y goma en la prueba no paramétrica de las métricas del ET en la AoI Agarre. En la tabla se han sombreado los valores significativos ( $p < 0.05$ ).

Métricas AoI agarre	Affordances					
	Robustez	Comodidad	Facilidad de agarre	Adherencia sobre la tapa	Esfuerzo	Facilidad de uso
Factor Modelo						
TtFF%	0.691	0.003	0.504	0.532	0.013	0.105
DoFF%	0.836	0.897	0.964	0.999	0.888	0.986
TDoF%	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
NoF%	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
TDoV%	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
NoV	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Factor Goma						
TtFF%	0.941	0.772	0.863	0.649	0.864	0.871
DoFF%	0.772	0.617	0.342	0.673	0.899	0.941
TDoF%	0.036	0.020	< 0.001	0.055	0.007	0.497
NoF%	0.043	0.035	< 0.001	0.091	< 0.001	0.460
TDoV%	0.036	0.015	< 0.001	0.059	0.004	0.498
NoV	0.031	0.122	< 0.001	0.089	0.025	0.536

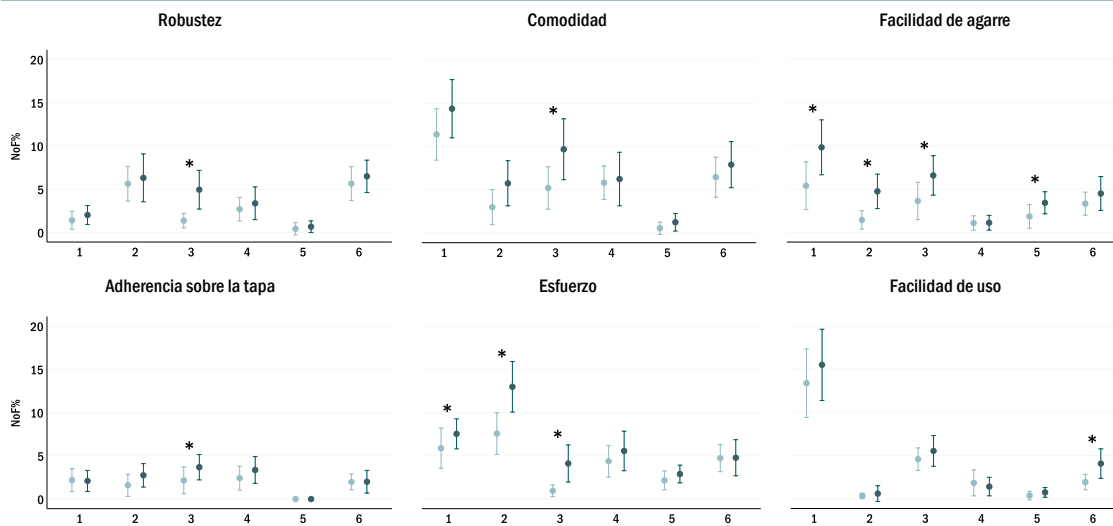
La Figura 50 muestra los gráficos de los intervalos de confianza al 95 % para las medias de las métricas TDoF%, NoF% TDoV% y NoV de la AoI Agarre en cada *affordance* para cada modelo sin y con goma (no se incluyen TtFF% y DoFF% por la poca significación observada en la prueba no paramétrica). Con un asterisco se identifican aquellos modelos que presentan diferencias significativas entre las versiones sin y con goma en la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis.

SIN GOMA CON GOMA

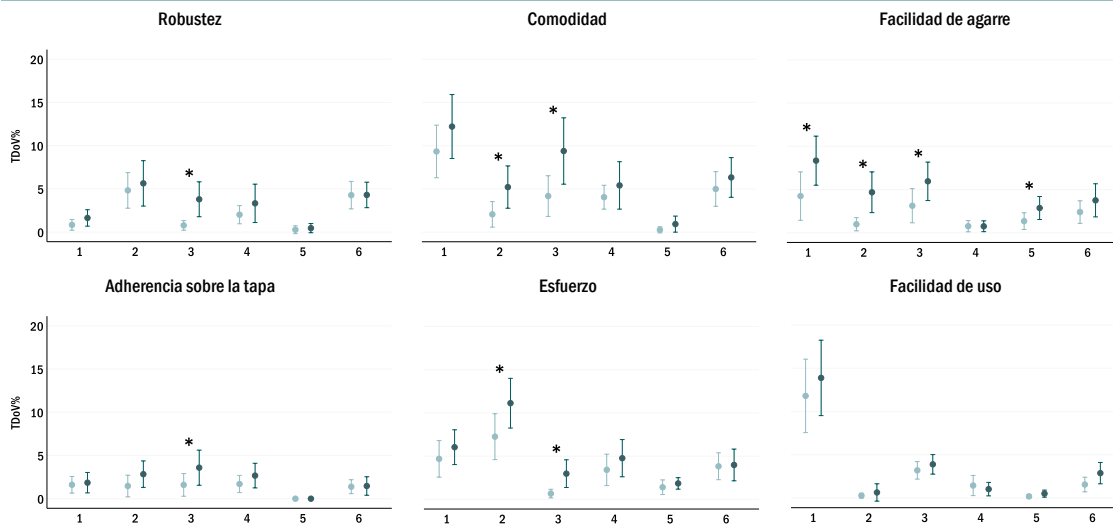
TDoF%



NoF%



TDoV%



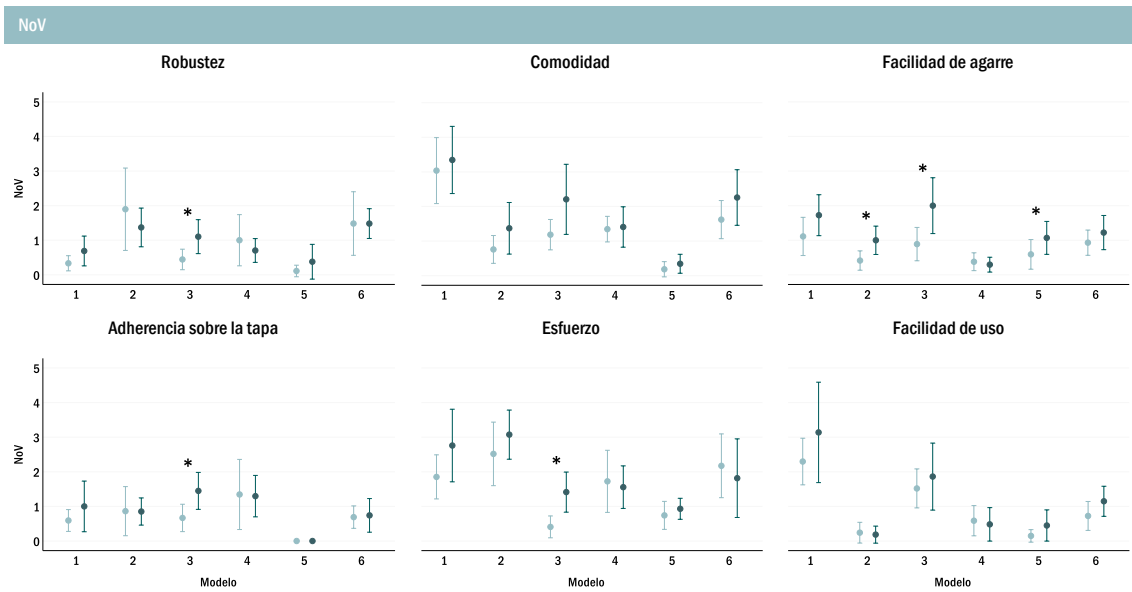


Figura 50. Intervalos de confianza (95 %) para las medias de las métricas en la AoI Agarre por *affordance* para cada modelo y versión. Se representan con un asterisco los modelos con diferencias significativas entre versiones.

La Tabla 41 muestra los valores de los resultados de las correlaciones de Spearman entre las valoraciones y las métricas del ET (TtFF%, DoFF%, TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV) para todos los *affordances* en la AoI Agarre. En la tabla se muestran los valores no significativos con fondo blanco, y con degradado de color en función de los valores del coeficiente de correlación, más oscuros para correlaciones más altas. Las correlaciones significativas lo son en todos los casos a nivel de  $p \leq 0.01$ , salvo el valor marcado con un asterisco ( $p \leq 0.05$ ).

Tabla 41. Resultados de la correlación de Spearman entre las valoraciones y las métricas del ET en la AoI Agarre. Degradado de color por *affordance*, de claro a oscuro según valor creciente, y en blanco los no significativos. Todos con un valor  $p \leq 0.01$  salvo el valor marcado con un asterisco ( $p \leq 0.05$ ).

Métricas	Affordances					
	Robustez	Comodidad	Facilidad de agarre	Adherencia sobre la tapa	Esfuerzo	Facilidad de uso
TtFF%	-0.067	-0.045	-0.047	0.095	0.055	0.161*
DoFF%	0.089	0.125	0.112	0.082	0.075	0.007
TDoF%	0.240	0.414	0.340	0.271	0.397	0.308
NoF%	0.235	0.412	0.328	0.274	0.386	0.310
TDoV%	0.238	0.406	0.341	0.270	0.402	0.310
NoV	0.223	0.352	0.285	0.249	0.314	0.278



## 5.2. Discusión

De los resultados anteriores se puede extraer qué modelos son mejor valorados para cada *affordance*, y cómo afecta la goma como *signifier* (en el siguiente apartado se estudian en mayor profundidad otros *signifiers* que se transmiten a través de los modelos por *affordance*).

Según los resultados de las pruebas no paramétricas de varios factores, se observa que hay modelos que son mejor valorados que otros dependiendo del *affordance*, y que la goma tiende a favorecer que se expliquen mejor los *affordances* (con diferencias significativas en 4 de los 6 *affordances*), teniendo el mismo efecto en todos los modelos (interacción no significativa). En concreto, la goma afecta de manera significativa en todos los *affordances* excepto en adherencia sobre la tapa y facilidad de uso. Por tanto, se considera que la goma favorece la valoración de robustez, comodidad, facilidad de agarre, y el esfuerzo que se debe realizar. Es destacable que la goma ayuda positivamente en la percepción del *affordance* de esfuerzo, que era uno de los que se transmitían peor, pero no en adherencia tapa, que era el otro con mayores valores de DoI%.

Según los resultados de las gráficas de las valoraciones por modelo y *affordance*, observando en detalle el efecto de la goma como *signifier*, en cada *affordance*, se puede establecer lo siguiente (se añade la Figura 51 con los modelos en sus 2 versiones para facilitar la comprensión del análisis):

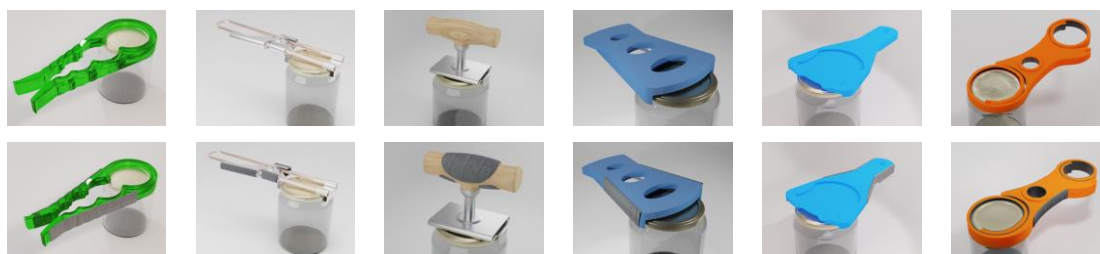


Figura 51. Modelos ordenados del 1 al 6, en versiones sin goma (arriba) y con goma (debajo).

- Robustez. En general, los modelos con goma obtienen valoraciones medias más altas que los sin goma. Las diferencias en las valoraciones entre versiones son significativas en el modelo 6, probablemente porque la goma se entendió como un *signifier* de refuerzo de la zona de agarre, es decir, la goma dio sensación de mayor espesor (y por tanto mayor robustez) a una zona de agarre más delgada con respecto a las anchuras del resto del modelo.
- Comodidad. Como cabría esperar, el papel que juega la goma como *signifier* en este *affordance* es tal que los modelos tienden a tener una valoración media mayor en la versión con goma. Se encuentran diferencias significativas entre las dos versiones en los modelos 1, 5 y 6, siendo los modelos 1 y 6 en versión goma los mejor valorados. En estos modelos la goma pudo transmitir una sensación de material más blando que ayuda a evitar puntos de presión

- elevada (y por tanto mayor comodidad) que con respecto al material que transmitía el modelo sin goma.
- Facilidad de agarre. De nuevo, como cabría esperar también para este *affordance*, en general las valoraciones medias mejoraron en las versiones con goma. Las diferencias significativas entre versiones se encuentran en los modelos 1, 2 y 6 (al igual que en comodidad, 1 y 6 son de los mejor valorados en su versión con goma). Pese a que en estos modelos se diferencia cuál es la zona de agarre, al parecer la goma ayudó a delimitar aún más la zona concreta por la que se debe realizar el agarre.
  - Adherencia sobre la tapa. Este *affordance* era uno de los peor transmitidos (según resultados de DoI%), y, según los resultados de la prueba no paramétrica, de manera general la goma no afectaba de manera significativa a su percepción. No obstante, en el análisis por modelo, sí se observan diferencias significativas entre las versiones del modelo 1, siendo mejor valorada la versión con goma, posiblemente porque transmitió una mejora en el agarre que favorecería el apriete, que a su vez reduciría el deslizamiento.
  - Esfuerzo. Este *affordance* es uno de los peor transmitidos según DoI%. Aunque no se observan diferencias significativas entre versiones en ningún modelo, parece que la goma sí pudo actuar como un *signifier*, mejorando ligeramente la valoración media.
  - Facilidad de uso. Pese a que no se encontraron diferencias significativas entre versiones según los resultados de la prueba no paramétrica por *affordance*, en el análisis por modelo sí se observan en el modelo 1, posiblemente porque la goma ayudó a delimitar mejor la zona de agarre, explicando mejor cómo usar el modelo.

El análisis no paramétrico sobre las métricas nos da información para identificar cuáles de ellas pueden ser útiles en el análisis de la goma como *signifier*. Se observa que las métricas relativas a la primera fijación (TtFF% y DoFF%) en la AoI Agarre no aportan información útil para el análisis (no hay diferencias significativas entre versiones). Con respecto al resto de métricas sobre fijaciones y visitas totales (TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV), existen diferencias significativas entre modelos en todos los *affordances*, es decir, en todos los *affordances* hay modelos que se observan más que otros. Y entre versión sin y con goma, existen diferencias significativas entre ambas versiones en todos los *affordances* excepto en adherencia sobre la tapa y facilidad de uso, siendo el resultado similar al de la prueba no paramétrica de las valoraciones. Por tanto, las métricas TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV son potencialmente útiles para la evaluación de la goma como *signifier*.

En las gráficas se observa que, en general, para todas estas métricas (TDoF%, NoF% TDoV% y NoV) en todos los *affordances*, los modelos con goma obtienen valores medios mayores, como también pasaba con las valoraciones. Es decir, que para valorar los modelos con goma se realizaron más fijaciones y visitas en la zona de agarre que en los modelos sin goma. Este comportamiento es destacable en el *affordance* de facilidad de agarre, con diferencias significativas en los modelos 1, 2,

3 y 5 en las métricas de TDoF%, NoF% y TDoV%. Este *affordance* era uno de los mejor transmitidos (según DoI%), y con diferencias significativas en las valoraciones entre las versiones de los modelos 1, 2 y 6. Por tanto, de forma general, parece que las versiones con goma son mejor valoradas y más observadas, aunque esta relación se puede observar mejor con los resultados de las correlaciones.

El resultado de las correlaciones entre las valoraciones y las métricas del ET en la AoI Agarre (TtFF%, DoFF%, TDoF%, NoF% TDoV% y NoV) para cada uno de los *affordances* ha permitido confirmar la hipótesis que establece que, a mejor valoración, más observación visual. Con respecto a las métricas de primeras fijaciones, de nuevo se observa que TtFF% y DoFF% en AoI Agarre no aportan información útil para el análisis de los *affordances* de usabilidad (correlación no significativa). En cambio, como ocurre en el análisis no paramétrico, las métricas relativas a las fijaciones y visitas sí aportan datos relevantes, con correlaciones significativas, pese a no ser muy altas (lo esperable para correlaciones de Spearman). Con estos valores se observa que la relación entre valoración y métrica no es muy directa, pero sí reafirma la hipótesis establecida. Según los resultados por *affordance*, se observa que la relación entre la valoración y los valores de las métricas depende del *affordance* que se está evaluando. La correlación es más alta para el *affordance* de comodidad, seguido del esfuerzo, y más baja en robustez.

En conclusión, del análisis se deduce que: la goma añadida en la zona de agarre no ha empeorado de forma significativa la valoración de ningún modelo en ningún *affordance*; las métricas relativas a las primeras fijaciones (TtFF% y DoFF%) no aportan información interesante para el análisis de la goma como *signifier*; y las métricas TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV aportan información útil para el análisis de la goma como *signifier* a la hora de evaluar diferentes *affordances* de usabilidad a través de imágenes de DA para apertura de tarros.

## 6. Análisis de otros elementos de diseño que funcionan como *signifiers* en cada *affordance*

### 6.1. Resultados

Según los resultados de la prueba no paramétrica de Scheirer–Ray–Hare de varios factores (realizada en el apartado anterior del análisis de la goma como *signifier*), existen diferencias significativas en las valoraciones de los modelos en cada *affordance*. La Tabla 42 muestra los grupos homogéneos resultantes de la prueba de Kruskal–Wallis para el factor modelo, siendo el resultado del nivel de significación en todos los *affordances* de  $p < 0.001$ .

Tabla 42. Grupos homogéneos de los modelos resultantes de la prueba de Kruskal–Wallis, ordenados de menor a mayor valoración.

Robustez	Comodidad	Facilidad de agarre	Adherencia sobre la tapa	Esfuerzo	Facilidad de uso
1 6 5 2 4 3	2 5 3 4 6 1	2 4 4 5 6 1 5 6 1 3	5 1 1 4 4 3 6 2	3 5 1 4 6 4 6 2	2 3 5 6 4 6 4 1

La Figura 52 muestra los gráficos de los intervalos de confianza al 95 % para las medias de las valoraciones de cada *affordance* para cada modelo.

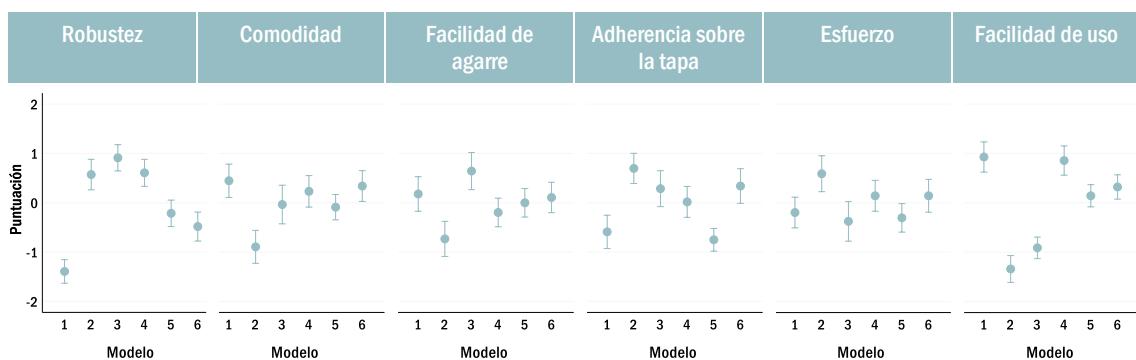


Figura 52. Intervalos de confianza (95 %) de las valoraciones medias por *affordance* para cada modelo.

La Figura 53 muestra los gráficos de los intervalos de confianza al 95 % para las medias de los resultados de la evaluación ergonómica y experiencia de uso para cada *affordance*. Además, para los *affordances* en los que se ordenaban los modelos del

mejor al peor, se muestra junto al gráfico el resultado del nivel de significación de la prueba no paramétrica y los grupos homogéneos de modelos ordenados de mejor a peor. Se añade en la figura las imágenes de los 6 modelos reales para facilitar la comprensión del análisis.

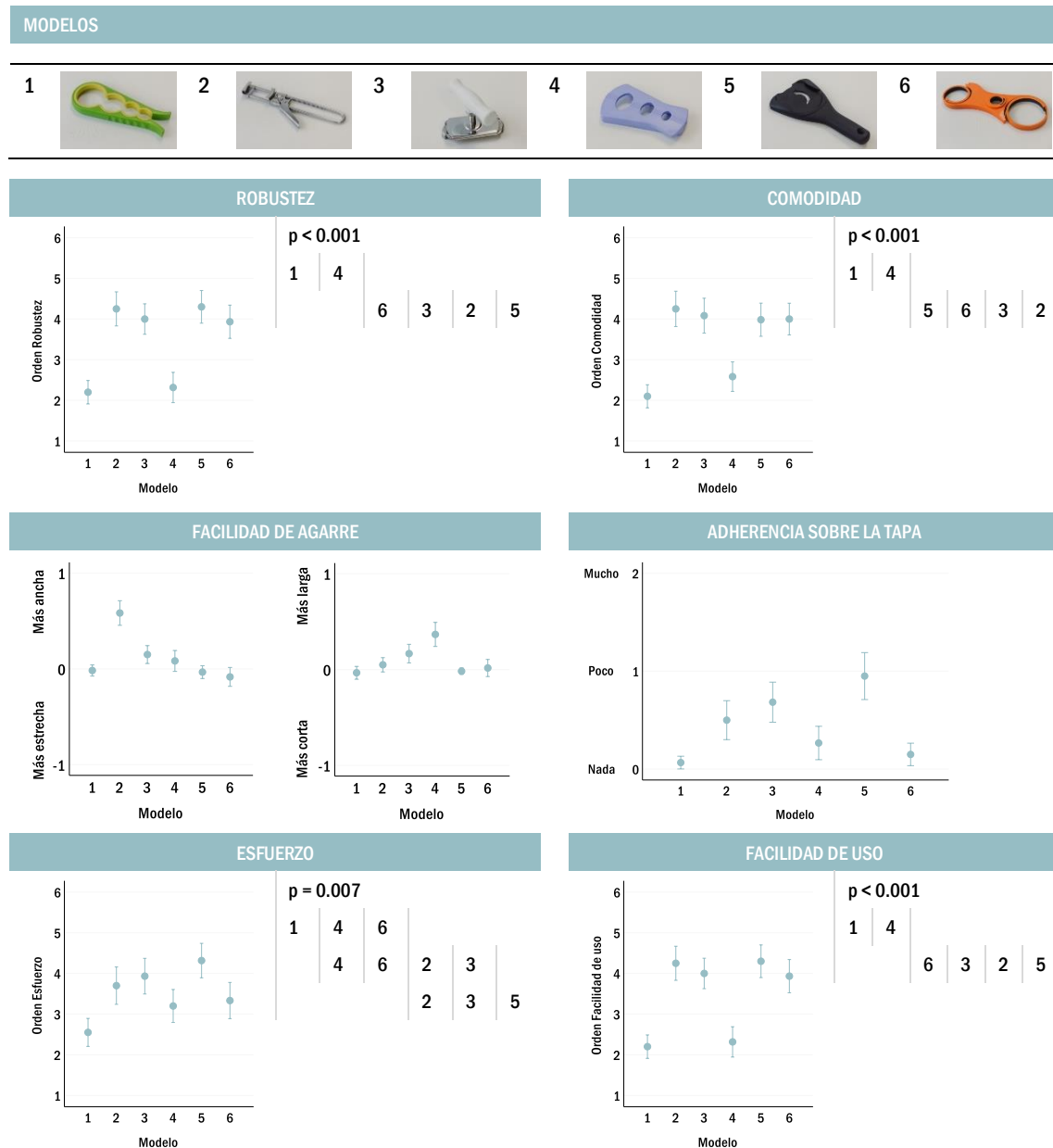


Figura 53. Intervalos de confianza (95 %) para las medias de los resultados de la evaluación ergonómica, y resultados de la prueba no paramétrica para robustez, comodidad, esfuerzo y facilidad de uso, ordenando el resultado de los grupos homogéneos de mejor a peor.

Las Figuras 54-56 muestran los gráficos de los intervalos de confianza al 95 % para las medias de las métricas TtFF%, DoFF%, TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV para cada *affordance* en la AoI Modelo, AoI Agarre y AoI Colocación sobre tapa, para cada modelo.

Capítulo V  
Análisis II: Evaluación de la percepción de los *affordances* de usabilidad de los dispositivos de asistencia

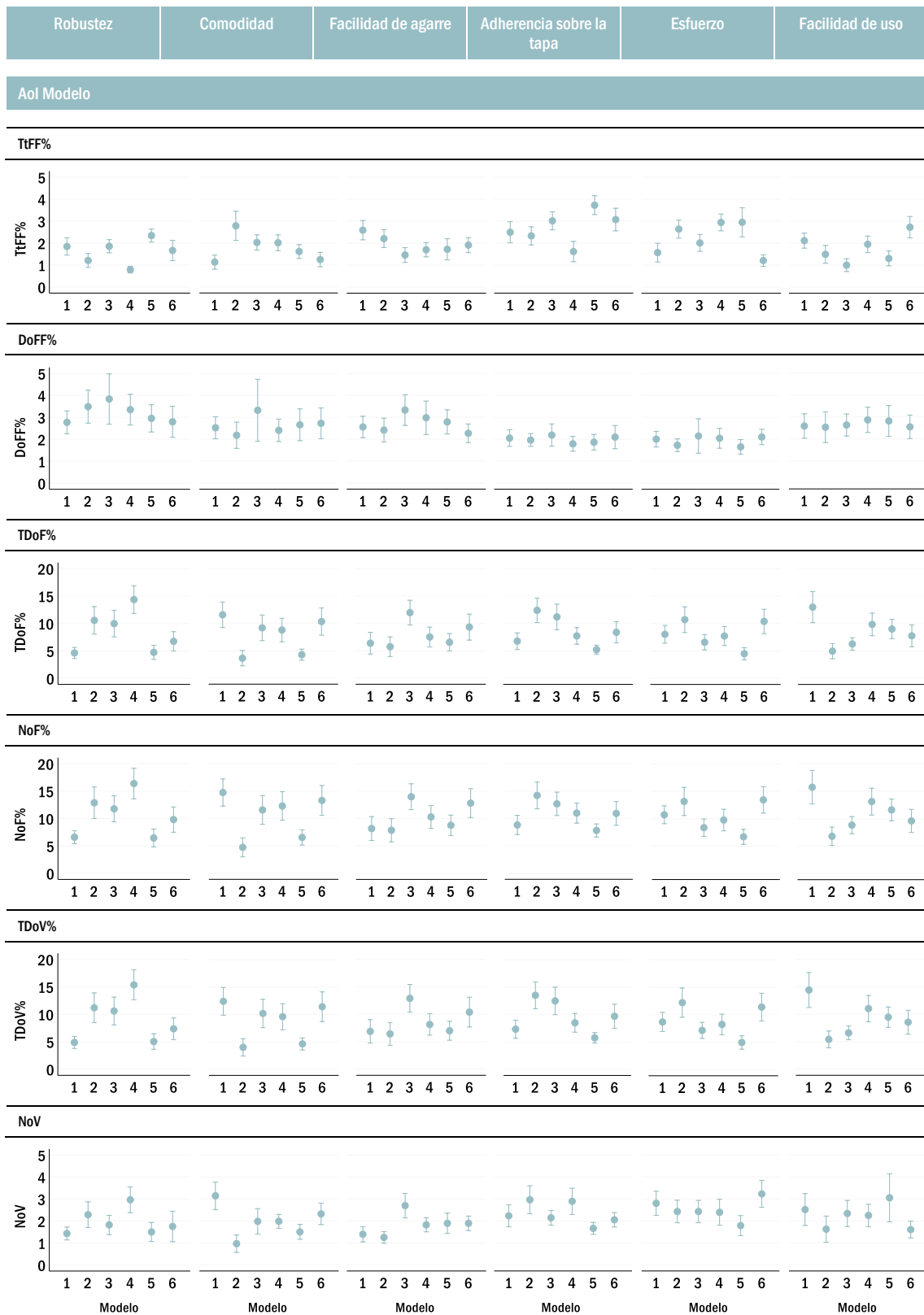


Figura 54. Intervalos de confianza (95 %) para la media de las métricas por *affordance* para cada modelo en AoI Modelo.

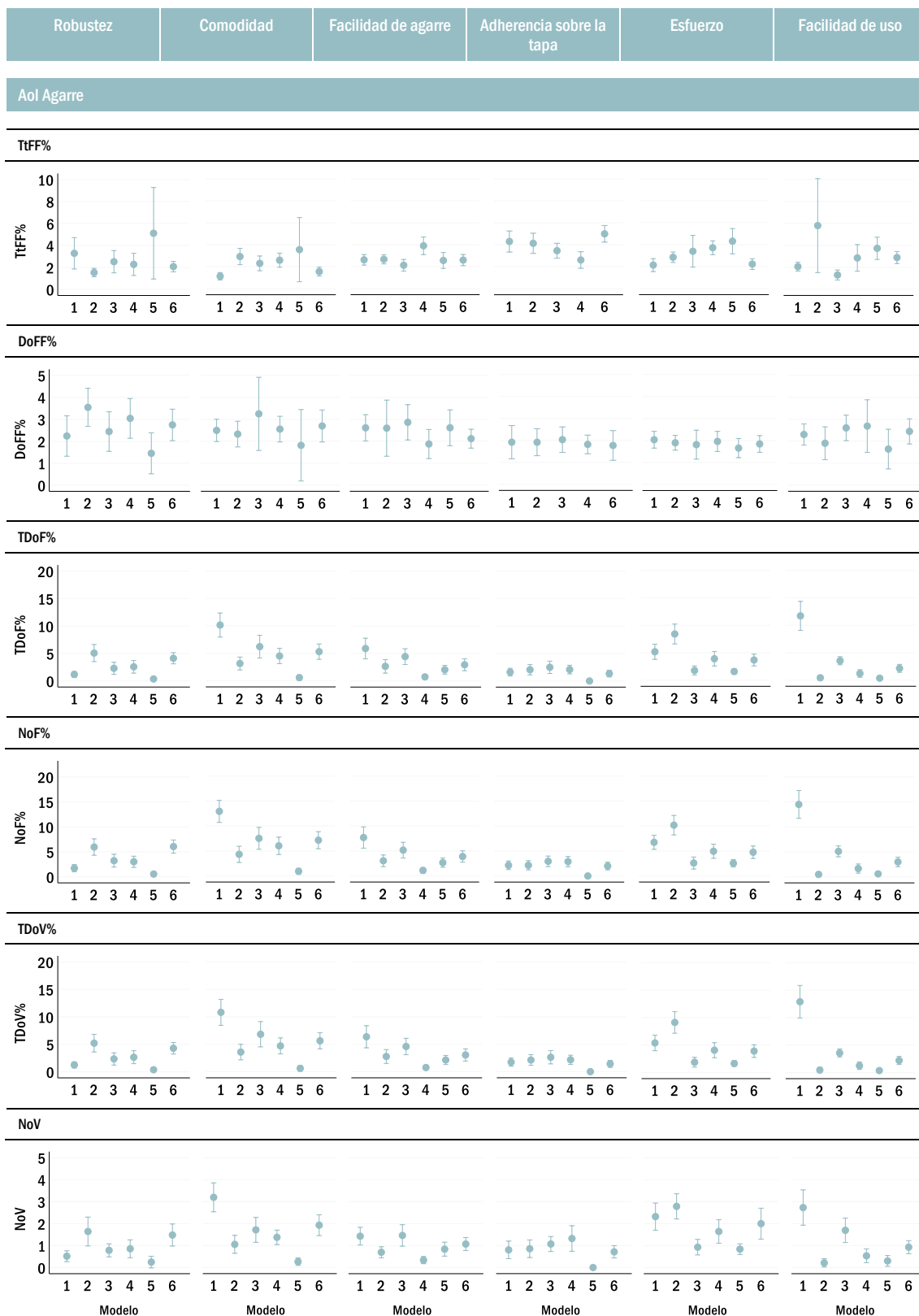


Figura 55. Intervalos de confianza (95 %) para la media de las métricas por *affordance* para cada modelo en AoI Agarre.

Capítulo V  
Análisis II: Evaluación de la percepción de los *affordances* de usabilidad de los dispositivos de asistencia

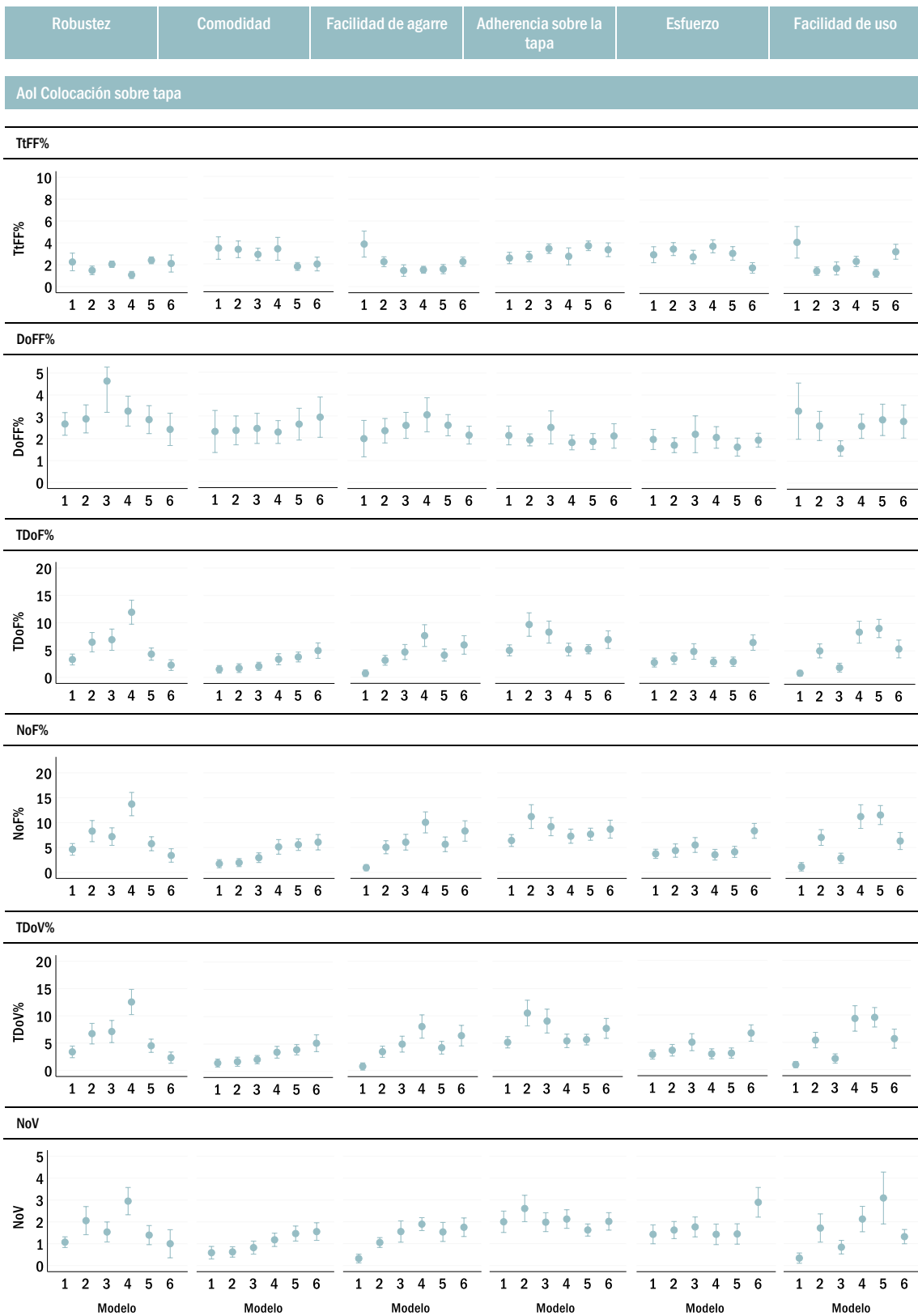


Figura 56. Intervalos de confianza (95 %) para la media de las métricas por *affordance* para cada modelo en AoI Colocación sobre tapa.



La Tabla 43 muestra los valores de los resultados de las correlaciones de Spearman entre las valoraciones y las métricas del ET (TtFF%, DoFF%, TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV) para todos los *affordances* en cada AoI. En la tabla se muestran los valores no significativos con fondo blanco, y con degradado de color por *affordance* los valores significativos, más oscuros para correlaciones más altas. Las correlaciones significativas lo son en todos los casos a nivel de  $p \leq 0.01$ , salvo los valores marcados con un asterisco ( $p \leq 0.05$ ).

Tabla 43. Resultados de la correlación de Spearman entre las valoraciones y las métricas del ET. Degradado de color por *affordance*, de claro a oscuro según valor creciente, y en blanco los valores no significativos. Todos con un valor  $p \leq 0.01$  salvo los valores marcados con un asterisco ( $p \leq 0.05$ ).

MÉTRICAS	AoI Modelo	AoI Agarre	AoI Colocación sobre tapa	AoI Modelo	AoI Agarre	AoI Colocación sobre tapa
	ROBUSTEZ			COMODIDAD		
TtFF%	-0.122*	-0.067	-0.116	-0.027	-0.045	0.086
DoFF%	0.096	0.089	0.114	0.114	0.125	0.142*
TDoF%	0.514	0.240	0.448	0.510	0.414	0.284
NoF%	0.483	0.235	0.427	0.508	0.412	0.265
TDoV%	0.511	0.238	0.448	0.504	0.406	0.278
NoV	0.356	0.223	0.346	0.390	0.352	0.234
	FACILIDAD DE AGARRE			ADHERENCIA SOBRE LA TAPA		
TtFF%	-0.051	-0.047	-0.065	-0.012	0.095	0.042
DoFF%	0.014	0.112	0.007	0.071	0.082	0.093
TDoF%	0.501	0.340	0.192	0.506	0.271	0.424
NoF%	0.489	0.328	0.176	0.482	0.274	0.374
TDoV%	0.497	0.341	0.190	0.503	0.270	0.420
NoV	0.357	0.285	0.134*	0.290	0.249	0.234
	ESFUERZO			FACILIDAD DE USO		
TtFF%	0.012	0.055	-0.007	0.263	0.161*	0.261
DoFF%	0.086	0.075	0.080	0.012	0.007	0.069
TDoF%	0.530	0.397	0.307	0.491	0.308	0.224
NoF%	0.507	0.386	0.293	0.483	0.310	0.198
TDoV%	0.530	0.402	0.300	0.494	0.310	0.221
NoV	0.313	0.314	0.258	0.282	0.278	0.150

## 6.2. Discusión

Para realizar un estudio más detallado de los elementos de diseño que funcionan como *signifiers*, se ha hecho una discusión por *affordance*, con un apartado final para estudiar globalmente las métricas del ET que pueden aportar información útil para su análisis.

### 6.2.1. Robustez

El *affordance* de robustez (como se ha comentado en el apartado 4 de este capítulo) fue de los que menos tiempo (DoI%) requirió para contestar, por lo que se entiende que es uno de los *affordances* que mejor se transmite, siendo el modelo 1 el valorado como menos robusto por los participantes en el experimento de ET, frente a los modelos 2, 3 y 4 que se valoraron como los más robustos.

Los modelos más observados en este *affordance* se corresponden con los mejor valorados, con mayores valores de TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV (Figura 54). Con respecto a las primeras fijaciones, los mejor valorados obtienen valores bajos de TtFF%, y los mayores valores de DoFF%. Como se observa en las Figuras 55 y 56, en general, en la robustez los valores de fijaciones y visitas son mayores en la zona de colocación sobre la tapa que en la zona de agarre, es decir, se buscaba esa zona para valorar el *affordance*. Estos resultados se pueden ver reflejados en los mapas de calor (Figura 57), en los que también se puede ver que en este *affordance* se prestó especial atención a la zona de colocación sobre la tapa.

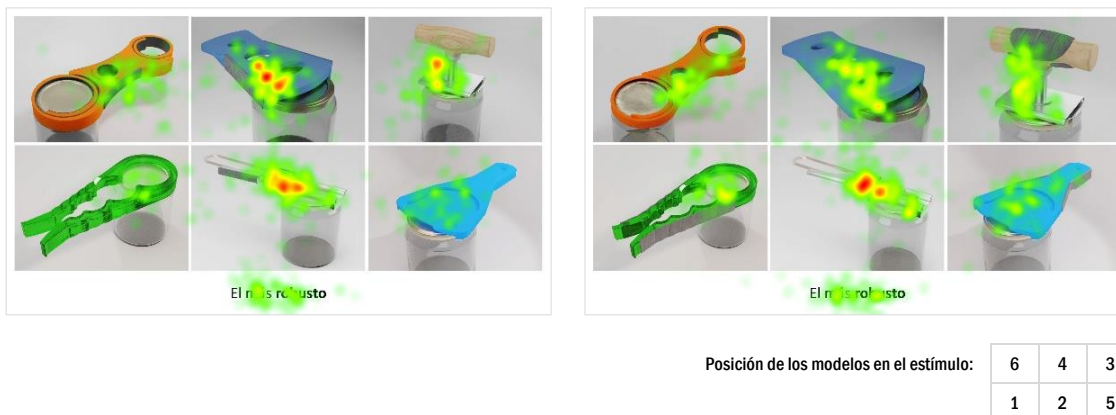


Figura 57. Mapas de calor del *affordance* 'Robustez' del Proyecto A (izquierda) y Proyecto B (derecha).

Analizando los *signifiers* de los modelos más robustos, parece que en los modelos 2 y 3, fabricados en acero, el material podría haber actuado como un *signifier* de robustez, mientras que en el modelo 4 (el modelo con mayores valores de TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV, y menor en TtFF% en AoI Colocación sobre tapa) puede haber sido su espesor grueso lo que ha actuado como *signifier*, aun siendo de plástico. Por el contrario, el modelo 1 fue valorado como el peor, probablemente porque el producto

transmite, a través de la imagen renderizada, que está hecho de plástico frágil. La forma del modelo 4, de una sola pieza maciza y poco esbelta, también puede haber funcionado como *signifier*. Como se ha comentado en el apartado anterior, la goma parece también funcionar como *signifier*, reforzando a los ya mencionados.

En la evaluación ergonómica realizada tras la experiencia de uso con el producto real, en general todos los dispositivos obtuvieron buena valoración en robustez. Es destacable el modelo 1, el peor valorado en el ET, y con una buena valoración tras la experiencia de uso. Al parecer los participantes percibieron como más resistente el material real del dispositivo que lo que transmitía la imagen renderizada. El modelo 6 fue el peor valorado, siendo también el segundo peor valorado mediante el ET. Al parecer, la flexibilidad otorgada por el material y el fino espesor, que ayuda a adaptar su forma a las tapas de los tarros, provocó una sensación de fragilidad y baja durabilidad del dispositivo en el usuario tras su uso.

En general, en este *affordance* los modelos mejor valorados reciben mayor atención visual en cuanto a fijaciones y visitas, sobre todo en la zona de colocación sobre la tapa. La goma, el material y el espesor del modelo parecen estar actuando como un *signifier* positivo de robustez.

### 6.2.2. Comodidad

El *affordance* de comodidad precisó de poco tiempo (DoI%) para su evaluación, y todos los modelos se valoraron como igual de cómodos, excepto el modelo 2, que fue considerado el menos cómodo con diferencias significativas.

En este *affordance*, el modelo peor valorado, el modelo 2, recibe poca observación. En concreto, obtiene el mayor valor de TtFF% y el menor de DoFF%, y los valores más bajos de TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV (Figura 54), aunque similares a los del modelo 5, uno de los modelos pertenecientes al grupo de los mejor valorados, pero el más cercano en valoración media al modelo 2. En general, en la Figura 55 se observa que la zona de agarre recibió mayor atención visual en cuanto a fijaciones y visitas, especialmente en los modelos 1 y 6. Ambos modelos son largos, con una gran zona de agarre y de material plástico. Por tanto, esas características podrían estar funcionando como *signifier* de comodidad, además de la goma que las reforzaría. El modelo 2 (el menos cómodo) es el que recibió menores valores de fijaciones y visitas en la AoI Agarre (a excepción del modelo 5). La zona de agarre del modelo 2 es fina y de acero, por lo que podría clavarse y generar incomodidad. Estas características estarían por tanto funcionando como *signifiers* negativos, que son atenuados en la versión con goma. En los mapas de calor se refleja que es la zona de agarre la más observada (Figura 58).

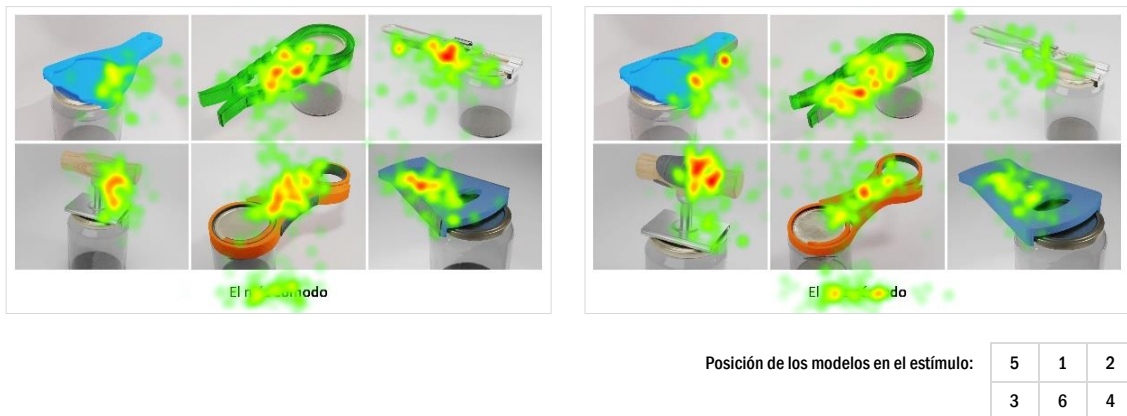


Figura 58. Mapas de calor del *affordance* 'Comodidad' del Proyecto A (izquierda) y Proyecto B (derecha).

Los resultados de la valoración de la comodidad fruto de la evaluación ergonómica realizada tras el uso real de los dispositivos muestran un patrón similar a los obtenidos del experimento ET para los modelos sin goma. El modelo 2 continúa siendo el menos cómodo, y destacan los modelos 1 y 4 como los más cómodos. Por tanto, la comodidad sí fue correctamente valorada a través del ET.

En general, para este *affordance*, salvo para el modelo 5 se puede establecer que el modelo peor valorado recibe menor atención en cuanto a fijaciones y visitas, especialmente en la zona de agarre. La forma, la goma y el material actúan como un *signifier* importante a la hora de evaluar la comodidad.

### 6.2.3. Facilidad de agarre

El *affordance* de facilidad de agarre fue el que menos tiempo (DoI%) requirió para contestar, por lo que se entiende que es el *affordance* que mejor se transmite a través del ET. Los modelos 1, 3, 5 y 6 se valoraron como los más fáciles de agarrar, mientras que los modelos 2 y 4 fueron los peor valorados.

El modelo 3, el mejor valorado, obtuvo mayores valores de TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV en la AoI Modelo (Figura 54), y, en cuanto a primeras fijaciones, menores valores de TtFF%, y mayores de DoFF%. Ocurre lo contrario para el modelo 2, el peor valorado. Los rangos entre los que se encuentran las medias (Figuras 55 y 56) son similares, pero la atención es mayor en una u otra AoI en función del modelo. En el grupo de modelos de los mejor valorados, el 1 recibe mayores fijaciones y visitas en la zona de agarre, mientras que el 5 y 6 en la zona de colocación sobre la tapa, y el 3 recibe atención similar en ambas zonas. En el modelo 4, otro de los peor valorados, es la zona de la tapa la que recibe mayores fijaciones y visitas, mientras que el modelo 2 recibe atención similar a ambas zonas. Estos resultados quedan reflejados en los mapas de calor (Figura 59), donde en unos modelos recibe mayor atención la zona de agarre y en otros la de colocación sobre la tapa, destacando el modelo 3 como el más observado. Se podría considerar que el modelo 3 es fácil de agarrar por el diseño del

mango, que pudo haber actuado como un *signifier* positivo de facilidad de agarre, posiblemente por su material y la familiaridad de esa forma del mango. El modelo 2, valorado como el más difícil de agarrar, recibió una baja atención a pesar de tener una forma compleja, quizá al ser descartado desde un principio como el peor, mientras los participantes seguían buscando el mejor. Posiblemente su forma alámbrica con poca superficie de apoyo para la palma de la mano fue considerada como difícil para realizar el agarre.

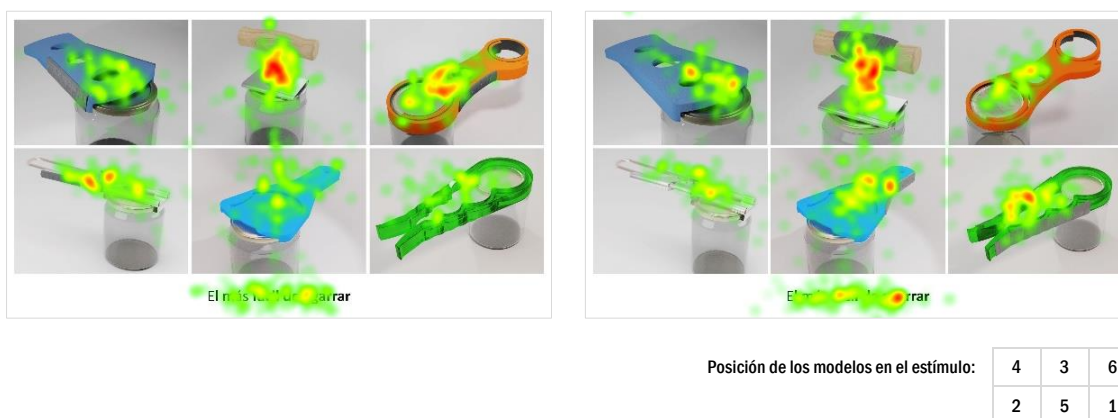


Figura 59. Mapas de calor del *affordance* 'Facilidad de agarre' del Proyecto A (izquierda) y Proyecto B (derecha).

Los resultados de la evaluación ergonómica confirman las valoraciones positivas y negativas de los modelos. Los participantes consideraron no realizar ninguna modificación de diseño a los modelos mejor valorados en el ET. Por el contrario, el modelo 2, valorado como el peor en el ET, se consideró apropiado mejorar su diseño haciendo más ancha la zona de agarre. El modelo 4, valorado también tras la experiencia de uso como uno de los más difíciles de agarrar, se consideró que mejoraría su diseño haciendo más larga la zona de agarre.

En este *affordance*, los modelos mejor valorados son los que reciben mayor atención en cuanto a fijaciones y visitas, y según el modelo que está siendo evaluado la atención se centra en una zona u otra. La forma parece actuar como *signifier* en el *affordance* de facilidad de agarre.

#### 6.2.4. Adherencia sobre la tapa

El *affordance* de adherencia sobre la tapa fue el que mayor tiempo (DoI%) requirió para contestar, por lo que se entiende que es el que peor se transmite a través de imágenes. Los modelos 2, 3, 4 y 6 se valoraron como los menos resbaladizos, mientras que los modelos 1 y 5 fueron considerados los que más podían resbalarse sobre la tapa de un tarro.

Los modelos mejor valorados (2, 3, 4 y 6) fueron los más observados, con mayores valores de TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV (Figura 54), con valores altos de TtFF%

excepto el modelo 4. Destaca el modelo 1, considerado uno de los peor valorados, que obtiene valores de NoV mayores que algunos de los modelos mejor valorados. En general, apenas se dedicó atención en la AoI Agarre, lo cual queda reflejado en los mapas de calor (Figura 60).



Figura 60. Mapas de calor del *affordance* 'Adherencia sobre la tapa' del Proyecto A (izquierda) y Proyecto B (derecha).

Referente a los modelos mejor valorados, el 2 y el 3 eran metálicos en la zona de contacto con la tapa y con una pestaña sobresaliente que probablemente actuó como un *signifier* positivo en contra del deslizamiento (Figura 61-b y 61-c). Los modelos 4 y 6 también se calificaron como menos resbaladizos, ambos modelos de material plástico aparentemente blando (aspecto de goma) en la zona de contacto con la tapa, lo cual es un *signifier* positivo de adherencia. Los modelos 1 y 5 fueron evaluados como los más resbaladizos. En concreto, el material transmitido a través de la imagen del modelo 1 probablemente fue el causante de dicha valoración, hecho de plástico duro no texturizado (Figura 61-a). Esta percepción del material a través de la imagen podría haber dificultado la decisión de los participantes y ser la causa de realizar menor número de visitas en el modelo (lo observan sin cambiar la mirada hacia otros modelos), pero de mayor tiempo. En el modelo 5, el material metálico de la zona de colocación sobre la tapa actuó como un *signifier* de deslizamiento (Figura 61-d). Al contrario que los elementos metálicos del 2 y el 3, en el 5 no había ninguna pestaña de fijación.



Figura 61. Detalles de material y forma de los modelos 1 (a), 2 (b), 3 (c) y 5 (d).

Atendiendo a los resultados de la evaluación ergonómica, el modelo 5 fue considerado el más resbaladizo tras la experiencia de uso, confirmando los resultados del ET. Por tanto, las partes metálicas con forma de cuchilla fueron entendidas correctamente

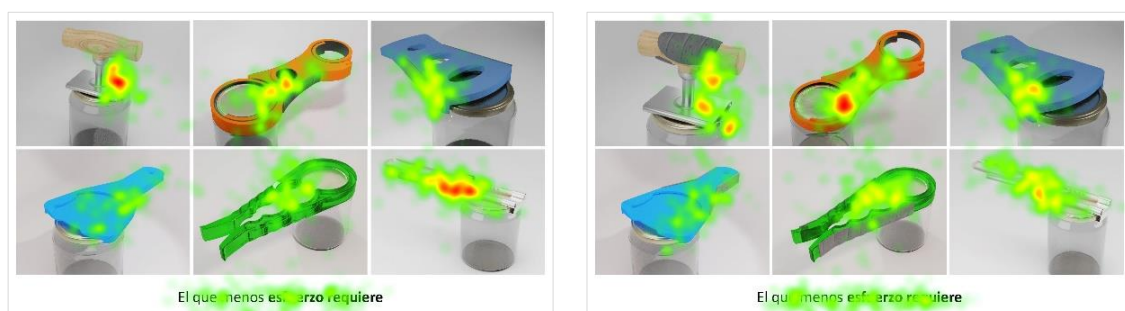
como deslizantes. En cambio, algunos aspectos fueron contradictorios entre una evaluación y otra debido a la modificación de materiales en las imágenes con respecto a la realidad. Los modelos más resbaladizos fueron el 2 y el 3, y ambos habían sido considerados los más adherentes en la evaluación del ET. La pestaña metálica en ambos modelos no funcionó como adherente.

En adherencia sobre la tapa, los modelos mejor valorados son los que reciben mayores fijaciones y visitas, especialmente en la zona de colocación sobre la tapa. El material y la forma de la zona que debe estar en contacto con la tapa podrían ser *signifiers* de adherencia.

### 6.2.5. Esfuerzo

El *affordance* de nivel de esfuerzo fue de los que más tiempo (DoI%) requirió para contestar, por lo que se entiende que es de los que peor se transmite. El modelo 2 se valoró como el que menos esfuerzo requiere para su uso, y los modelos 1, 3 y 5 los que más esfuerzo requerían.

El modelo 2, el que menos esfuerzo requiere, obtiene un valor medio bajo de TtFF% y alto de DoFF% con respecto a los peor valorados. Es el modelo que recibió mayor atención, con mayores valores de TDoF%, NoF% y TDoV% (Figura 54), pero no con mayor número de visitas (NoV). Posiblemente, la complejidad en el diseño hizo que los participantes observaran con más detenimiento el modelo (menos visitas, pero de mayor duración). Los modelos 1, 3 y 5, los peor valorados, recibieron menores fijaciones y visitas que el mejor valorado. Es destacable que en el modelo mejor valorado se observó más la zona de agarre (Figura 55), mientras que los peores valorados recibieron mayores fijaciones y visitas en la zona de colocación sobre la tapa (Figura 56). Estos resultados de nuevo se pueden ver reflejados en los mapas de calor (Figura 62).



Posición de los modelos en el estímulo:	3	6	4
	5	1	2

Figura 62. Mapas de calor del *affordance* 'Nivel de esfuerzo' del Proyecto A (izquierda) y Proyecto B (derecha).

En el análisis de los *signifiers*, el modelo 2 es metálico y tiene forma de palanca, lo que puede ser claramente un *signifier* de reducción del esfuerzo requerido. Sin embargo, el modelo 1, con una forma similar de palanca, se valoró como un modelo que requiere esfuerzo, quizás porque el material plástico actuó como un *signifier* negativo. En el modelo 3 las valoraciones pueden ser atribuibles al tamaño de la zona de agarre y la escasa palanca, es decir, la corta longitud del mango podría ser un *signifier* negativo. En el modelo 5, de nuevo, pudo ser por el tamaño del dispositivo que, al contrario que el 3, al ser aparentemente más ancho (pese a tener palanca), pudo dar la sensación de realizar más esfuerzo que si el tamaño es más reducido.

Según la evaluación ergonómica, el modelo 2 (el mejor en el ET) no fue uno de los mejor valorados tras la experiencia de uso, ocupando la cuarta posición entre los 6 modelos (ordenando del mejor al peor). Aunque tiene una forma alargada, la pestaña hace que el modelo se agarre desde una zona más cercana al tarro y no hace la función de palanca que puede reducir el esfuerzo. Son destacables las valoraciones de los modelos 1 y 5. El modelo 1 fue mal valorado en el ET y es el mejor tras la experiencia de uso. El cambio de material en este modelo afectó a la percepción del esfuerzo, es decir, el plástico duro en el ET se interpretó como un dispositivo con el que hacer mayor esfuerzo que con el de plástico blando en la realidad. Y en el modelo 5 destaca las valoraciones negativas en ambas evaluaciones. El esfuerzo realizado fue correctamente percibido a través de las imágenes del ET

En este *affordance* los modelos mejor valorados son los que reciben mayores fijaciones y visitas en la zona de agarre. El material, el tamaño y la forma de la zona de agarre parecen ser *signifiers* clave para el *affordance* de esfuerzo.

#### 6.2.6. Facilidad de uso

El *affordance* de facilidad de uso fue de los que menos tiempo (DoI%) requirió para contestar, por lo que se entiende que es de los que mejor se transmite. Los modelos 1, 4, y 6 se valoraron como fáciles de usar, y los modelos 2 y 3 como los más difíciles.

Los modelos mejor valorados, en general obtuvieron valores medios altos de fijaciones y visitas, según TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV (Figura 54), pero destaca el modelo 1, con los valores más altos en la AoI Agarre (Figura 55), y los más bajos en la AoI Colocación sobre tapa (Figura 56). En los modelos 4 y 6 ocurre lo contrario, siendo la zona de colocación sobre la tapa la que más atención recibió en cuanto a fijaciones y visitas. La atención recibida según las zonas también queda reflejada en los mapas de calor (Figura 63). En el análisis de los *signifiers* de los modelos mejor valorados, se puede interpretar que el modelo 1, al tener mayor longitud tiene, por tanto, mayor superficie de apoyo para la palma de la mano. En consecuencia, puede que este modelo recibiera más atención en esa zona para ser valorado ya que la zona de colocación sobre la tapa es más obvia por la forma circular del extremo. En el modelo 4 la zona de colocación sobre la tapa también puede ser, parte de ella, zona de agarre, y el modelo 6 tiene zonas de colocación sobre tapa. Puede que sea el motivo



de ser esta zona más observada. Los modelos 2 y 3, los más difíciles de usar, obtuvieron valores medios menores en fijaciones y visitas, ambos modelos con mecanismos que se convirtieron en *signifiers* complejos de entender. No obstante, en general, la zona de colocación sobre la tapa se observó más que la zona de agarre. Esto puede indicar que, para evaluar la facilidad de uso, es más importante saber cómo funciona el abridor de tarros (cómo se coloca sobre la zona de la tapa para girarla) que cómo se tiene que agarrar.

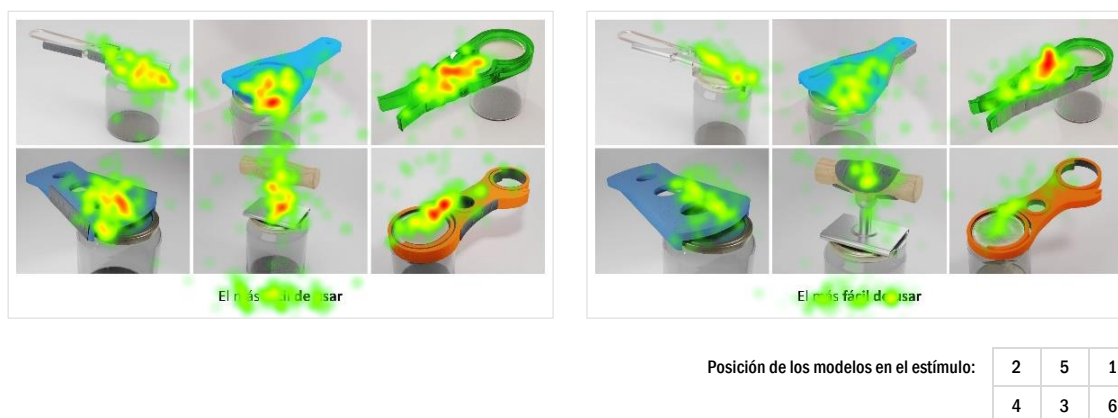


Figura 63. Mapas de calor del *affordance* 'Facilidad de uso' del Proyecto A (izquierda) y Proyecto B (derecha).

Los resultados de la evaluación ergonómica establecen un patrón similar a los del ET. Los modelos 1 y 4 continúan siendo los mejor valorados, y los modelos 2 y 3 con valoraciones bajas, aunque mejoraron su valoración tras la experiencia de uso. En este caso, el modelo 6 fue uno de los peor valorados. Esto puede ser debido a que el modelo real requiere de un ajuste sobre la tapa con algo más de dificultad que el resto de modelos.

En este *affordance* las mayores fijaciones y visitas dependen de las zonas de los modelos, siendo los peor valorados los menos observados. Al parecer, tener pocos elementos fue un *signifier* que marcó la diferencia.

### 6.2.7. Métricas del ET para evaluar *affordances*

En el análisis de las correlaciones de las métricas del ET, en general, se observa que las métricas relativas a la primera fijación, TtFF% y DoFF%, no aportan información útil para el análisis de los *affordances* de usabilidad (valores de correlación bajos y no significativos). Tan solo son significativas algunas correlaciones puntuales en AoIs determinadas, generalmente bajas, destacando el *affordance* de facilidad de uso, con valores significativos de correlación positiva en AoI Colocación sobre Tapa, AoI Modelo, y AoI Agarre. Estos resultados podrían estar afectados por la posición que ocupaban los modelos en la imagen. En los *Gaze Plots* se observó que en todos los *affordances* los participantes empezaban la fijación en el centro de la pantalla, pese a estar el punto azul (que restringe la posición de la mirada al inicio de cada

pregunta) solo antes del primer *affordance* evaluado. Por tanto, esto podría afectar a los tiempos de la primera fijación, sobre todo en aquellos modelos posicionados en el centro de la imagen. Para futuros experimentos, se considera mejor dejar un hueco en el centro de la imagen.

Al contrario de Burlamaqui & Dong (2017), se han encontrado métricas que proporcionan información que puede ser útil en la evaluación de los *affordances*, aunque podría deberse a que su estudio se realizó con otra tipología de productos variados con funciones diferentes (pisapapeles, vaso, pala...). Las métricas relacionadas con las fijaciones y visitas TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV en todas las AoIs presentan correlaciones positivas en todos los *affordances*. En todos los casos la correlación de la métrica NoV es menor, por lo que, de entre estas métricas, la discusión se centrará en TDoF%, NoF% y TDoV%, al considerar que son las métricas que mayor información pueden aportar en el análisis de los *affordances* de usabilidad.

Los mayores valores de las correlaciones de estas métricas están en la AoI Imagen Modelo. Por tanto, globalmente, tal y como se afirma en otros trabajos que analizan el comportamiento en la selección de producto (Fernández-Serrano et al., 2022; Orquin et al., 2021), cuando se selecciona finalmente un modelo, los valores en estas métricas son mayores, es decir, se observan más.

La Tabla 44 resume el resultado de las correlaciones (Tabla 43) y las gráficas de los valores medios de las métricas (Figuras 54-56) en cada *affordance* por AoI.

Tabla 44. Resumen de los resultados de las correlaciones y las gráficas de los valores medios de las métricas por AoI.

	En AoI Colocación sobre tapa	En AoI Agarre	La AoI que se observa depende del modelo
<b>Resultado correlaciones:</b>	<b>ROBUSTEZ</b>	<b>COMODIDAD</b>	
<b>A mayor valoración, mayor observación (Tabla 43)</b>	<b>ADHERENCIA SOBRE TAPA</b>	<b>FACILIDAD DE AGARRE</b> <b>ESFUERZO</b> <b>FACILIDAD DE USO</b>	
<b>Resultado valores medios de las métricas (Figuras 54-56):</b>	<b>ROBUSTEZ</b>	<b>COMODIDAD</b>	<b>FACILIDAD DE AGARRE</b>
<b>Mayores fijaciones y visitas</b>	<b>ADHERENCIA SOBRE TAPA</b>		<b>ESFUERZO</b> <b>FACILIDAD DE USO</b>

Con estos resultados se podría confirmar una de las conclusiones del trabajo de Burlamaqui y Dong (2017), que afirma que los participantes de su estudio percibieron con éxito el *affordance* evaluado mirando solo algunos de los elementos del producto. Por tanto, observando ciertas AoIs en los modelos, el *affordance* podría ser percibido. Según los resultados de Federico y Brandimonte (2019), que establecen que el tiempo de duración de las fijaciones era mayor en las zonas de manipulación del producto que en el resto de producto, se podría comparar con los resultados de los *affordances* de comodidad, facilidad de agarre, esfuerzo y facilidad de uso. En

estos *affordances* ocurre lo esperable y que confirma la conclusión anterior, siendo, en general, la AoI Agarre más observada que el resto de AoIs. En la adherencia sobre la tapa también se confirma la afirmación anterior, puesto que la AoI Colocación sobre tapa es la más observada.

En resumen, se puede establecer que los modelos mejor valorados en cada *affordance* reciben mayor atención (mayores valores de TDoF%, NoF% y TDoV%) y que las métricas TtFF% y DoFF% no ayudan en el análisis de los *affordances* de usabilidad. La creación de AoIs en las zonas que representan diferentes funciones en cada modelo ha permitido comprobar que, según qué *affordance* y qué modelo está siendo evaluado, se observa una zona u otra.

## 7. Conclusión

En conclusión, en este análisis se ha comprobado la utilidad de la tecnología ET como herramienta para el análisis de los *affordances* de usabilidad de los DA para manipulación en AVD (OE2), evaluando qué elementos de diseño funcionan como *signifiers* (OE2.1), e identificando qué métricas del ET ayudan en su evaluación (OE2.2).

Los valores de DoI% permitieron determinar qué *affordances* se tarda más en evaluar, para establecer cuáles son mejor transmitidos a través de la imagen. Los *affordances* de robustez y facilidad de agarre obtuvieron los valores más bajos, es decir, son los que mejor se transmiten a través del ET mediante imágenes de DA. El esfuerzo y la facilidad de agarre parecen ser *affordances* más complejos de evaluar. Las métricas de amplitud media de sacadas (AAoS) y amplitud total de sacadas (TAoS) permitieron establecer un patrón de comportamiento a la hora de evaluar los *affordances* de usabilidad. Se determinó que los *affordances* más difíciles de evaluar requieren de muchos barridos con la mirada, pero menores amplitudes (menor ángulo de apertura), mientras que, en aquellos que son más fáciles de evaluar a partir de imágenes, se realizan recorridos más largos.

Asignar puntuaciones a cada modelo ha permitido comprobar qué modelos son mejor valorados en cada *affordance*, y cómo afecta la goma en la zona de agarre como *signifier* (OE2.1). Se determinó que los *affordances* pueden ser evaluados a través de imágenes con el ET, y que en todos los *affordances* la goma añadida en la zona de agarre actuó como un *signifier* que mejoró positivamente la valoración en la mayoría de modelos.

La tecnología ET también ha permitido realizar el análisis de los *signifiers* en cada modelo que explican cada uno de los *affordances* (OE2.2), utilizando únicamente los datos registrados en el primer estímulo (pregunta sobre el mejor modelo). Según las métricas (algunas de ellas según el criterio de escalado establecido) del tiempo transcurrido hasta la primera fijación (TtFF%), duración de la primera fijación (DoFF%), tiempo total de fijación (TDoF%), tiempo total de visita (TDoV%), número de fijaciones (NoF%) y número de visitas (NoV) por *affordance* y AoI, los mapas de calor y la evaluación ergonómica, en líneas generales, se puede establecer que:

- En general, los modelos mejor valorados son los que obtienen mayores valores de TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV. Y ocurre lo contrario con los modelos peor valorados.

- La métrica TtFF% no establece un patrón concreto y depende del *affordance* que está siendo evaluado. En esta conclusión se deben tener en cuenta las limitaciones del experimento por cómo están posicionados los modelos en la imagen, puesto que los modelos posicionados en el centro recibían las primeras fijaciones según los *Gaze Plots*. En los *affordances* de robustez y comodidad, el TtFF% es menor en los modelos mejor valorados y mayor en los peores. En el resto de *affordances* no ocurre lo mismo.
- Los valores de la métrica DoFF% no aportan un patrón que permita establecer unos resultados para los mejor y peor valorados, de nuevo teniendo en cuenta las limitaciones del experimento.
- En general, los resultados de la evaluación ergonómica fueron similares a los de la evaluación en el ET, salvo en aquellos modelos en los que se hizo alguna modificación en el material, que sí afectó en la evaluación.
- La creación de AoIs ha permitido realizar un análisis de las zonas de interés de cada modelo a la hora de evaluar cada *affordance*, junto con los mapas de calor. A la hora de evaluar la comodidad y la facilidad de agarre, se observa más la AoI Agarre. Para evaluar la robustez y la adherencia sobre la tapa se observa la AoI Colocación sobre tapa. Y para evaluar el esfuerzo y la facilidad de uso se observan ambas AoIs.
- Elementos de diseño como la goma, el material, el espesor, la forma del modelo, el tamaño y el número de elementos son *signifiers* que ayudan a explicar cada uno de los *affordances*. La Tabla 45 resume los elementos de diseño que actúan como *signifiers* en cada *affordance*.

Tabla 45. Elementos de diseño que actúan como *signifiers* por *affordance*.

<i>Affordance</i>	<i>Signifier</i>					
	Goma	Material	Espesor	Forma	Tamaño	Número de elementos
Robustez	✓	✓	✓			
Comodidad	✓	✓		✓		
Facilidad de agarre	✓			✓		
Adherencia sobre la tapa		✓		✓		
Esfuerzo		✓		✓	✓	
Facilidad de uso				✓		✓

Finalmente, las métricas del ET han permitido establecer si existen o no correlaciones con las valoraciones de los DA para manipulación (OE2.2). Se ha podido determinar que:

- Los mayores valores de correlación positiva y significativa entre las valoraciones y las métricas del ET están en TDoF%, NoF% y TDoV%.
- Existe correlación positiva con la métrica NoV, pero con valores por debajo de los resultantes de TDoF%, NoF% y TDoV%.

- No hay correlación significativa con las métricas TtFF% y DoFF%, por tanto, se considera que son métricas que no aportan información útil en el análisis de los *affordances* de usabilidad.
- Según qué *affordance* está siendo evaluado, se observa una AoI u otra. Los resultados de las correlaciones por AoIs refuerzan los resultados del análisis cualitativo, siendo similares a los de las AoIs más observadas por *affordance*: en comodidad y facilidad de agarre, la AoI Agarre; en robustez y adherencia sobre la tapa, la AoI Colocación sobre tapa; y en esfuerzo y facilidad de uso los resultados de las métricas han permitido priorizar la AoI Agarre frente a la AoI Colocación sobre tapa.

# Capítulo VI

**Análisis III: Análisis preliminar sobre los patrones de comportamiento en la toma de decisiones**

# 1. Objetivos

El objetivo principal de este análisis (OE3) es explorar la utilidad de la tecnología ET como herramienta para identificar y evaluar patrones de comportamiento y comportamientos de duda en la toma de decisiones, en particular en la selección entre modelos de DA de acuerdo a identificar diferentes *affordances*. Este objetivo se particulariza en:

- OE3.1. Identificar las métricas del ET que permiten evaluar y predecir los patrones de comportamiento en la toma de decisiones.



## 2. Introducción

En este capítulo se realiza un análisis preliminar para evaluar los patrones de comportamiento en la toma de decisiones, y en particular tratar de detectar posibles comportamientos de duda. La idea de realizar este análisis surge tras la observación de algunos resultados de los Análisis I y II de la tesis, y también por las diferentes aplicaciones del ET utilizadas habitualmente en investigación, como el estudio del comportamiento en la toma de decisiones, detalladas en el Capítulo II del estado del arte. En los Análisis I y II se partió de la hipótesis de que un modelo es menos intuitivo cuando los tiempos de decisión (DoI%) son mayores, y que cuando un *affordance* se transmite peor, los tiempos también son mayores. Estos patrones se pueden relacionar con un comportamiento de duda, al considerar que es más difícil tomar la decisión sobre un modelo poco intuitivo, o sobre un *affordance* mal transmitido a través de la imagen. Además, en ambos análisis se observó que, a menor valor de DoI%, el valor de las métricas de sacadas era mayor en AAoS y menor en TAoS, es decir, que existía un comportamiento de los participantes que indicaba que a mayor rapidez de respuesta se realizaban pocos barridos con la mirada, pero de mayor amplitud. Al comprobar dicho comportamiento a través de los *Gaze Plots* en el Análisis II, se observó que en el *affordance* peor transmitido a través del ET se realizaban repetidas visitas al texto, posiblemente porque el participante dudaba en la selección y volvía a leer la pregunta para asegurarse de nuevo sobre qué estaba evaluando.

En el estado del arte se ha detallado que son numerosos los estudios que han comprobado la utilidad del ET en el análisis del comportamiento en la toma de decisiones. Una de las conclusiones más estudiada y validada es la que establece que la opción seleccionada es la más observada en cuanto a fijaciones y visitas (Bialkova et al., 2020; Fernández-Serrano et al., 2022; Orquin et al., 2021; Rojas et al., 2020). Otros trabajos como el de Wang et al. (2020) estudiaron la relación entre la toma de decisiones y el diseño de producto, analizando las fijaciones y los movimientos sacádicos, encontrando diferencias significativas entre la valoración del producto y el tiempo y número de fijaciones y sacadas. Sin embargo, en este análisis de la tesis no se estudia el diseño del producto (el diseño de producto ya se ha estudiado en los capítulos anteriores), sino que se analiza, durante la selección de producto, el comportamiento de duda. Estudios más recientes (Palacios-Ibáñez et al., 2023) profundizan más en el análisis de las preferencias del usuario en la toma de decisiones, utilizando tiempos de fijación, visitas y tiempos hasta la primera fijación, logrando predecir la decisión de los participantes analizando el comportamiento de la mirada durante los últimos 3 segundos previos a la selección.

En definitiva, tras los resultados obtenidos en los análisis anteriores y la búsqueda bibliográfica, se consideró que el diseño del experimento del ET de los estímulos de P6 para la selección de modelos (la evaluación de los *affordances* de usabilidad, en el Análisis II), era de interés para explorar las métricas del ET que permiten estudiar los patrones de comportamiento en la toma de decisiones. No obstante, en este capítulo se realiza un análisis preliminar a partir del estudio de ET realizado al considerar las siguientes limitaciones. Por un lado, como se ha comentado en el Análisis II, la posición que ocupaban los modelos en la imagen podría afectar al recorrido de la mirada de los participantes. Por otro lado, se han utilizado solo los datos de las métricas disponibles en el *software* comercial de Tobii Pro X2-60, lo cual no ha permitido realizar un análisis en profundidad sobre los datos referentes a las últimas fijaciones y visitas previas a la selección. Con todo ello, a continuación se plantean las hipótesis de este análisis.

En primer lugar, tras comprobar el comportamiento de los participantes según el análisis de las métricas generales del estímulo atendiendo a los tiempos de decisión y movimientos sacádicos, se plantea la primera hipótesis (H1): a menor tiempo de respuesta, menor es la duda en la decisión, realizando pocos barridos con la mirada, pero de mayor amplitud.

En segundo lugar, profundizando más en las métricas generales del estímulo, para el análisis de los comportamientos de duda se considera de interés estudiar la cantidad de movimientos que hace un participante con la mirada en un estímulo cuando está dudando durante la selección. Para ello se establece la segunda hipótesis (H2): el número de sacadas entre elementos diferentes entre los que se decide es mayor cuando existe un comportamiento de duda.

Y, en tercer lugar, tras corroborar que la opción seleccionada es la más observada, se analizarán las métricas del ET que permiten estudiar el número y tiempo de fijaciones y visitas en cada zona del estímulo. En consecuencia, se establece la tercera hipótesis (H3): las métricas del ET de fijaciones y visitas son potencialmente útiles para el análisis del comportamiento de duda en la toma de decisiones. En este análisis se descartan las métricas referentes a las primeras fijaciones basándose en los resultados obtenidos en los anteriores análisis a consecuencia de las limitaciones del diseño del experimento.

En conclusión, en este capítulo se realiza un análisis preliminar para identificar comportamientos de duda en la toma de decisiones, teniendo en cuenta las limitaciones del diseño del experimento del ET.

## 3. Análisis

### 3.1. Datos utilizados

Para este análisis se consideraron los datos registrados de 47 participantes (29 mujeres y 18 hombres,  $23.60 \pm 4.72$  años de edad) durante la valoración de 2 *affordances* del experimento de ET: la robustez (P6.1), en primer lugar, y la facilidad de uso (P6.6), en segundo lugar. Se preguntó primero por la robustez porque, al ser uno de los *affordances* mejor transmitidos a través del ET, se consideró que esto podría facilitar la comprensión del experimento. En cada *affordance* solo se preguntó por el mejor modelo y por el segundo mejor, porque se consideró que los datos registrados en estos estímulos eran suficientes para el análisis del comportamiento en la toma de decisiones. Ninguno de los 47 participantes de este experimento participó en el experimento completo del ET de los anteriores análisis, y por tanto, los modelos los observaban y valoraban por primera vez. Tras el registro con el ET, se preguntó a los participantes si habían dudado en la selección del mejor y el segundo mejor modelo para crear 2 grupos de participantes para el análisis: los que no habían dudado durante la selección, y los que sí lo habían hecho.

Para este análisis no se escalaron las métricas como en los anteriores. El motivo es que en los anteriores análisis se evaluaba el diseño de producto, no el comportamiento individual de cada participante, por tanto, se consideró que era apropiado escalar las métricas para obtener información global de todos los participantes. En este análisis sí interesaba conocer cómo se comportaban los participantes en la selección, es decir, que, si un participante precisaba de más tiempo que otro en cada selección, quedara reflejado en los datos de las métricas.

Debido a que en el Análisis II se observó en los *Gaze Plots* que se visitaba repetidamente el texto, se creó la AoI Texto, una AoI rectangular que cubría el texto situado en la parte inferior del estímulo, con un *padding* de entre 15 mm y 25 mm.

Se utilizaron los datos de las métricas DoI, AAoS y TAoS de cada estímulo (selección del mejor modelo y del segundo mejor). De la métrica NoS se utilizaron los datos resultantes de la diferencia de las sacadas totales del estímulo menos las sacadas de la AoI Imagen Modelo (que contenía los modelos entre los que se debía elegir) y de la AoI Texto, para obtener datos de los movimientos sacádicos entre unas AoIs y otras. Para las métricas TDoF, NoF, TDoV, y NoV, se utilizaron los datos de la AoI Imagen Modelo, pero en este caso, no se agruparon en función del diseño del DA, sino de la selección que se había hecho de ellos: del modelo seleccionado como el mejor, del

seleccionado como el segundo mejor, de los 4 modelos restantes (haciendo una media), y de la AoI Texto.

### 3.2. Análisis de datos

Se calculó el porcentaje de participantes pertenecientes a cada grupo (no he dudado, sí he dudado) para comprobar que los grupos estaban equilibrados para el análisis.

Para verificar el efecto que tiene el orden en que se mostró y se preguntó cada *affordance* con el comportamiento de duda, en primer lugar, se representaron gráficamente las medias e intervalo de confianza del 95% de las métricas DoI, AAoS y TAoS (que son las que proporcionaban información sobre el comportamiento general de los participantes en el estímulo) de los 2 grupos (no he dudado, sí he dudado), separando por *affordance* y por pregunta (selección del mejor modelo y del segundo mejor). Seguidamente, se realizó la prueba no paramétrica de Scheirer–Ray–Hare (tras comprobar que no se cumplían los supuestos de homogeneidad de las varianzas). Se usaron como variables dependientes las métricas DoI, TAoS y AAoS, y como factores el *affordance* (robustez y facilidad de uso), la pregunta (selección del mejor modelo y del segundo mejor) y el grupo (no he dudado, sí he dudado), más sus interacciones, para contrastar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ellos.

Para corroborar la H1, se utilizaron los datos de las métricas DoI, AAoS y TAoS de los 2 *affordances* conjuntamente durante la selección del mejor modelo y del segundo mejor para poder obtener conclusiones generales sobre el comportamiento durante la duda. Para comprobar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los que no habían dudado y los que sí, se comprobó si los datos de las métricas cumplían con los supuestos de homogeneidad de las varianzas, y se realizó, en cada caso, un ANOVA (cuando sí se cumplen los supuestos), o la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis (cuando no), usando como variable dependiente las métricas, y como factor no he dudado/sí he dudado.

Para corroborar la H2, se utilizaron los datos de la métrica NoS durante la selección del mejor modelo y del segundo mejor. Se representaron gráficamente las medias e intervalo de confianza del 95% de NoS de los dos grupos, separando por *affordance* y por pregunta. Tras comprobar que no se cumplían los supuestos del ANOVA, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis de los 2 *affordances* conjuntamente para cada pregunta, usando como variable dependiente NoS, y como factor no he dudado/sí he dudado para comprobar si existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los que no habían dudado y los que sí.

Finalmente, para corroborar la H3, se realizó un análisis análogo al anterior, pero utilizando las métricas TDoF, NoF, TDoV, y NoV por AoI (AoI Segundo mejor modelo, AoI Mejor modelo, AoI Resto de modelos, y AoI Texto) para su representación gráfica y como variables dependientes del análisis no paramétrico.

## 4. Resultados

El porcentaje de participantes que dudó durante la selección del mejor modelo fue del 60.64 %, y de los que dudaron durante la selección del segundo mejor fue del 44.68 %. Se considera que los grupos están equilibrados para el análisis.

A continuación, se muestran los resultados del efecto del orden durante la selección y de las 3 hipótesis planteadas.

### 4.1. Efecto del orden durante la selección

La Figura 64 muestra los gráficos de los intervalos de confianza al 95 % para las medias de DoI, AAoS y TAoS para la selección del mejor modelo y del segundo mejor por *affordance*, para cada grupo (no he dudado, sí he dudado). Los resultados de la prueba no paramétrica de Scheirer–Ray–Hare sobre DoI, TAoS y AAoS, con factores *affordance*, pregunta y grupo (e interacciones), muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre: los *affordances* en DoI y TAoS; las preguntas (selección del mejor modelo y del segundo mejor) en DoI, TAoS y AAoS; y en ningún caso hay diferencias significativas entre los grupos de los que no dudaron y los que sí. En cuanto a las interacciones, solo existen diferencias significativas en la interacción *affordance*-pregunta en DoI y TAoS.

Aunque en la prueba no paramétrica de varios factores no existan diferencias significativas en función de si dudan o no, los gráficos de la Figura 64 dejan entrever que, considerando solo las métricas durante la selección del segundo mejor modelo, sí que parece que pueda haber diferencias, lo cual se contrasta en el siguiente apartado para la H1.

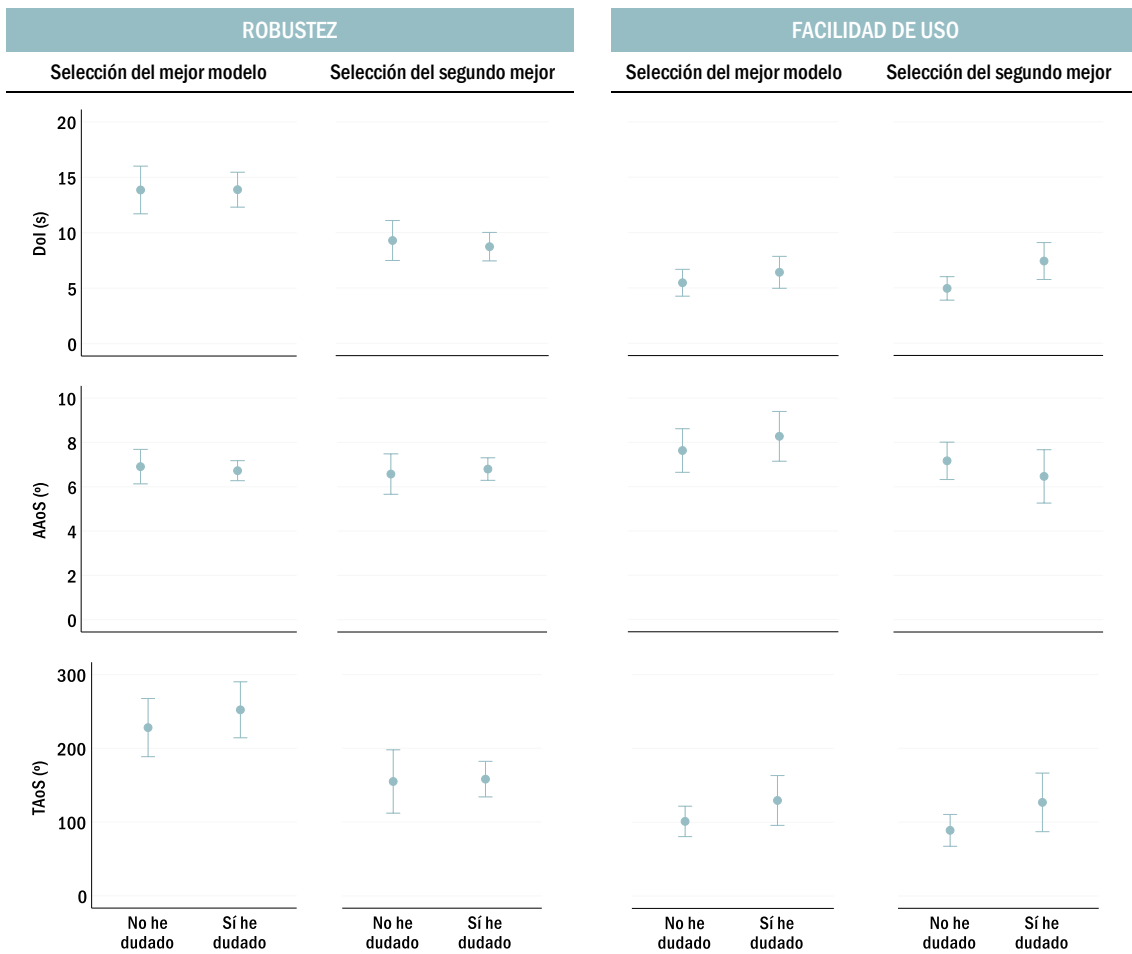


Figura 64. Intervalos de confianza (95 %) de las medias de DoI, AAoS y TAoS para la selección del mejor y del segundo mejor modelo por affordance, para cada grupo.

## 4.2. Hipótesis 1

Se realizó un ANOVA para los datos de las métricas DoI y AAoS durante la selección del mejor modelo, y AAoS y TAoS durante la selección del segundo mejor. Para los datos de DoI durante la selección del segundo mejor, y TAoS durante la selección del mejor se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis. En ninguna de las métricas se encontraron diferencias significativas entre grupos en la selección del mejor modelo, pero sí en algunas métricas durante la selección del segundo mejor (como se apuntaba tras los resultados de la Figura 64). Por tanto, se añade la Tabla 46, que muestra las medias de las métricas DoI, AAoS y TAoS solo durante la selección del segundo mejor modelo, separando los resultados por grupo (no he dudado/sí he dudado), y subrayando los valores con diferencias significativas entre grupos, encontradas en DoI y TAoS.

Tabla 46. Valores de la media de DoI, AAoS y TAoS por grupo durante la selección del segundo mejor modelo. Se subrayan los valores con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Métricas	No he dudado	Sí he dudado
Dol (s)	<u>5.21</u>	<u>6.91</u>
AAoS (°)	7.41	7.37
TAoS (°)	<u>95.15</u>	<u>128.17</u>

### 4.3. Hipótesis 2

La Figura 65 muestra los gráficos de los intervalos de confianza al 95 % para las medias de NoS para la selección del mejor y del segundo mejor por *affordance*, para cada grupo (no he dudado, sí he dudado). El resultado de la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis para NoS indica que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre grupos solo durante la selección del segundo mejor modelo. De nuevo no hay diferencias durante la selección del mejor.

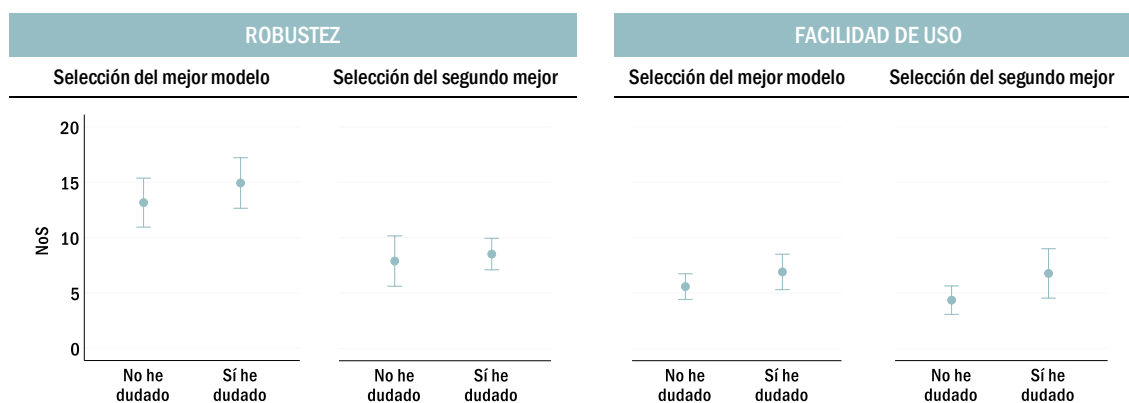


Figura 65. Intervalos de confianza (95 %) de las medias de NoS para la selección del mejor y del segundo mejor modelo por *affordance*, para cada grupo.

### 4.4. Hipótesis 3

Las Figuras 66 y 67 muestran los gráficos de los intervalos de confianza al 95 % para las medias de TDoF, NoF, TDoV y NoV durante la selección del mejor modelo y del segundo mejor por *affordance*, para cada grupo (no he dudado, sí he dudado), mostrando los resultados por AoI (AoI Mejor modelo, AoI Segundo mejor modelo, AoI Resto de modelos, y AoI Texto). Y en la Tabla 47 se muestran las medias de TDoF, NoF, TDoV, y NoV por AoI durante la selección del segundo mejor modelo, y el resultado de la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis en donde se confirma que hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre grupos en algunos casos, que se indican con los valores subrayados.

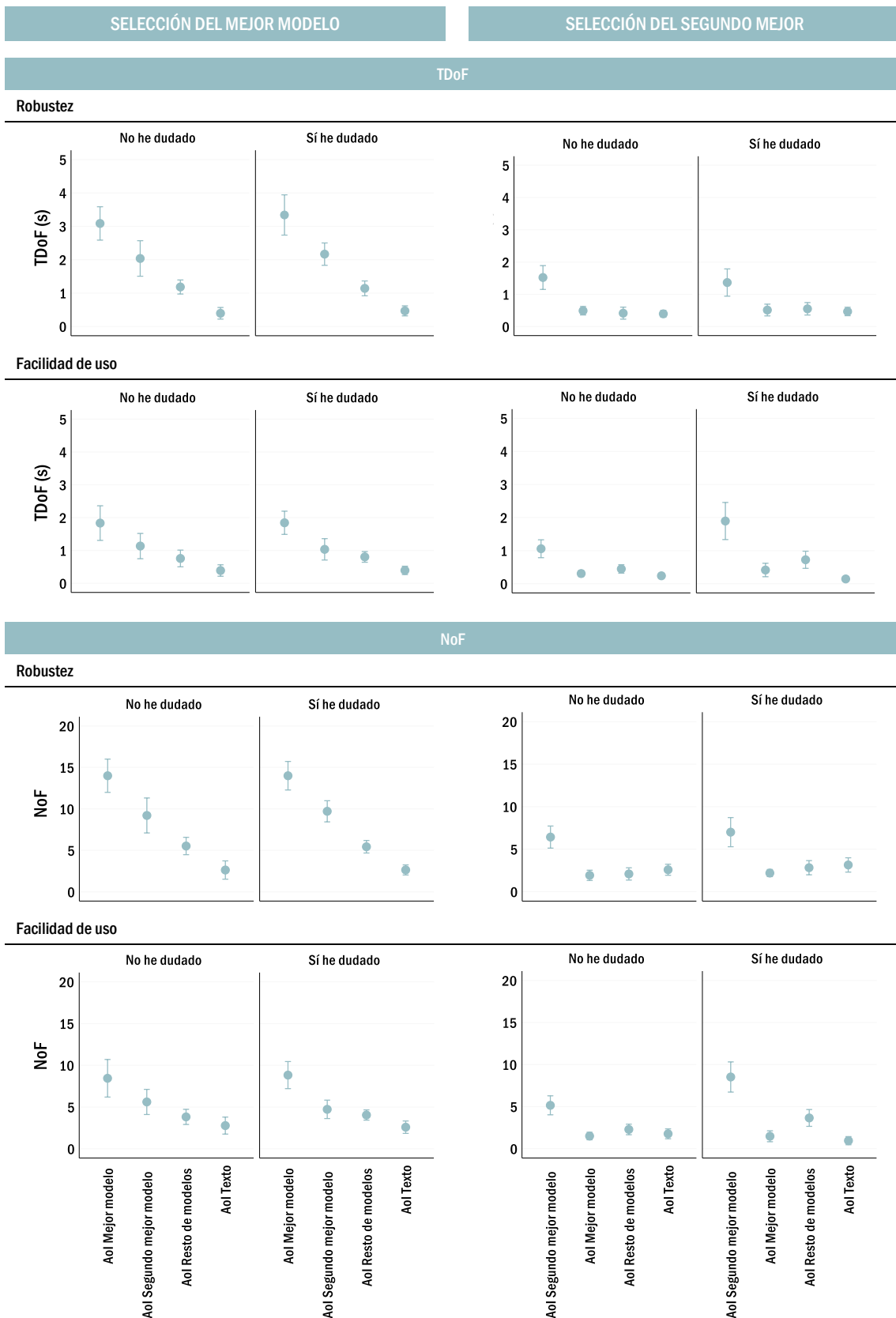


Figura 66. Intervalos de confianza (95 %) de las medias de TDoF (en segundos) y NoF (número) por AoI para cada affordance y cada grupo.



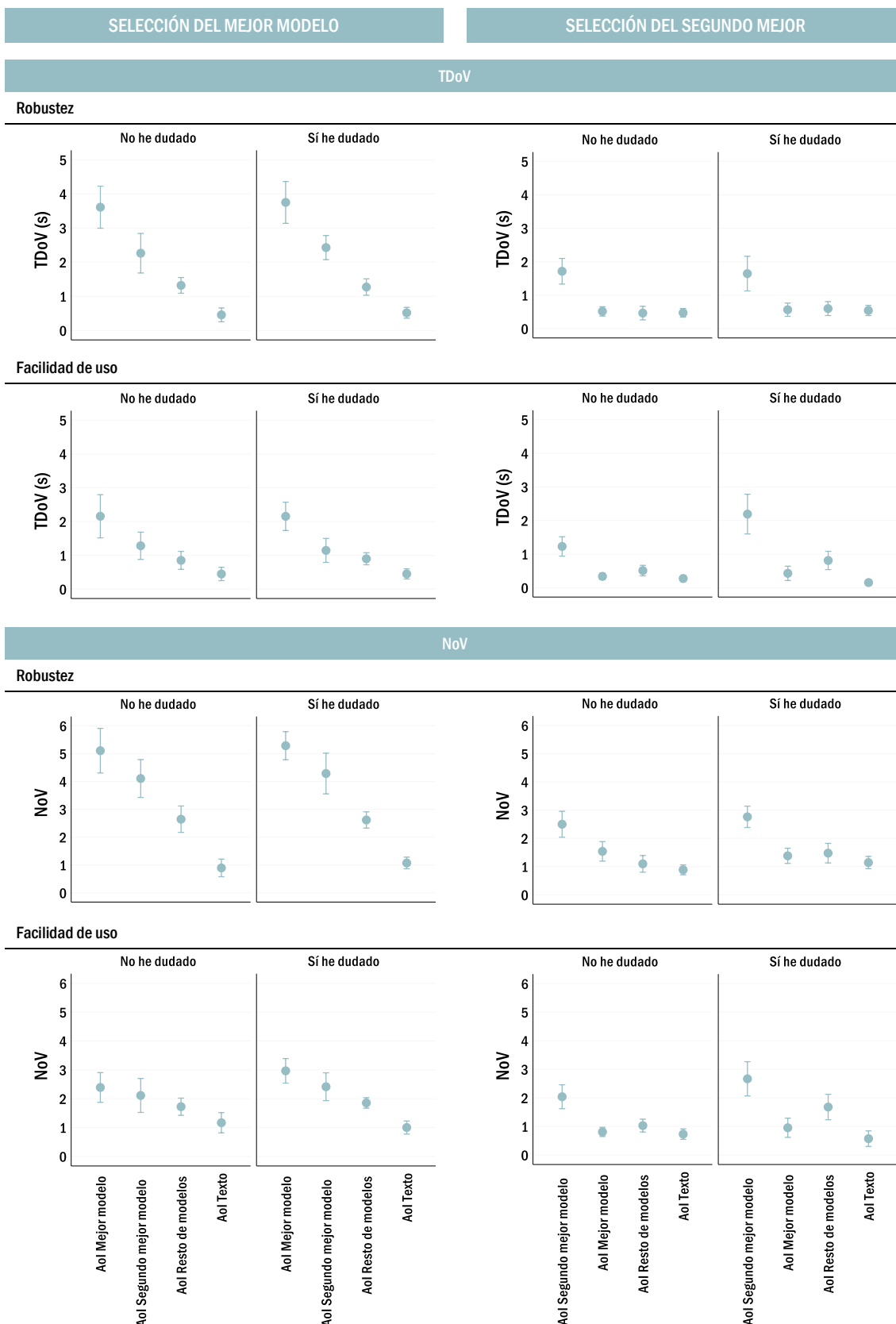


Figura 67. Intervalos de confianza (95 %) de las medias de TDoV (en segundos) y NoV (número) por AoI para cada affordance y cada grupo.

*Tabla 47. Valores de la media de TDoF, NoF, TDoV y NoV por AoI para el grupo de los que no han dudado (ND) y los que sí (SD) durante la selección del segundo mejor modelo. Se subrayan los valores con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).*

Métricas	AoI Segundo mejor modelo		AoI Mejor modelo		AoI Resto de modelos		AoI Texto	
	ND	SD	ND	SD	ND	SD	ND	SD
TDoF	1.29	1.63	0.40	0.46	<u>0.43</u>	<u>0.64</u>	0.32	0.31
NoF	<u>5.79</u>	<u>7.76</u>	1.71	1.83	<u>2.19</u>	<u>3.24</u>	2.17	2.05
TDoV	1.47	1.92	0.43	0.50	<u>0.49</u>	<u>0.71</u>	0.37	0.35
NoV	<u>2.27</u>	<u>2.71</u>	1.17	1.17	<u>1.06</u>	<u>1.58</u>	0.81	0.86

## 5. Discusión

Según los resultados de la representación gráfica de las métricas DoI, TAOs y AAoS, en la Figura 64 se observa que los valores de la media de las métricas son similares en función de si han dudado o no en los primeros estímulos mostrados, y mayores en el *affordance* de robustez. Teniendo en cuenta el orden en el que se mostró y evaluó cada *affordance* (primero la robustez y segundo la facilidad de uso), y que era la primera vez que los participantes observaban y valoraban los modelos, se puede interpretar que el comportamiento inicial de los participantes fue el de hacer un barrido inicial observando todos los modelos por igual porque necesitaban conocer cada modelo antes de poder valorarlo. De hecho, este podría ser un motivo por el que los tiempos van siendo menores en los siguientes estímulos, por tanto, se entiende que los participantes ya no necesitan tiempo para conocer los modelos, y el tiempo lo dedican básicamente al proceso de toma de decisión. Este comportamiento se ve reflejado en la Figura 68, que muestra los *Gaze Plots* de un sujeto que dudó durante la selección del mejor modelo en el primer *affordance* mostrado, y dudó durante la selección del segundo mejor en el segundo *affordance*. En la primera imagen (izquierda de la figura) se muestra cómo el participante realiza un barrido por todos los modelos. En la segunda imagen (derecha) el participante se centra en observar solo 2 modelos y el texto.

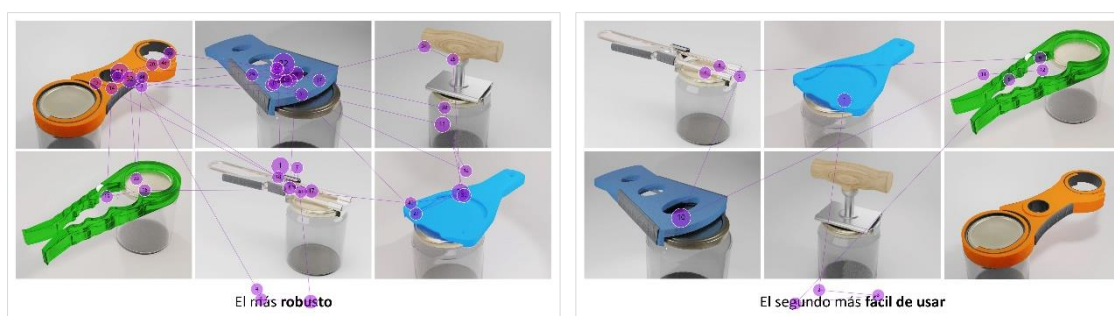


Figura 68. *Gaze Plots* de un sujeto que dudó en la selección del mejor modelo durante el primer *affordance* (izquierda), y en la selección del segundo mejor durante el segundo *affordance* (derecha).

Según las pruebas no paramétricas de varios factores sobre las métricas DoI, TAOs y AAoS, se observa que el comportamiento de los participantes en la respuesta depende de si se trata de la selección del mejor modelo o del segundo mejor, y solo en las métricas DoI y TAOs el comportamiento depende del *affordance* que se está valorando. Además, no se han observado diferencias en las métricas en función de si los participantes han dudado o no, en ninguna de las dos preguntas y en ninguno de

los dos *affordances*. No obstante, agrupando los datos de los estímulos de cada *affordance* para hacer el análisis únicamente sobre la selección del mejor y del segundo mejor modelo (sin distinción del *affordance*), se comprobó que sí lo tenía, como se explica a continuación.

En primer lugar, la H1 indicaba que, a menor tiempo de respuesta, menor era la duda en la decisión, realizando pocos barridos con la mirada, pero de mayor amplitud. Para corroborarla, se han analizado los datos de las métricas DoI, AAoS y TAoS durante la selección del mejor modelo y del segundo mejor. En la selección del mejor modelo no hay diferencias en ningún caso, lo cual se puede atribuir a que los participantes dedicaron más tiempo a observar y conocer los modelos que al proceso de comparación/selección. Cuando se preguntó por el segundo mejor, los participantes ya conocían los modelos, así que probablemente el tiempo invertido (el DoI) fue en su mayoría para comparar/seleccionar, siendo más factible detectar (si las hay) las dudas en la selección. Aunque en la métrica AAoS no hay diferencias significativas entre grupos, el valor de la media es menor cuando dudan, así que la H1 se podría aceptar solo durante la selección del segundo mejor modelo. Por tanto, se corrobora que, cuando existe duda en la selección, el tiempo de decisión es mayor (DoI), se realizan pocos barridos con la mirada (el AAoS es menor) pero de mayor amplitud (el TAoS es mayor). No obstante, para trabajos futuros la H1 se podría tratar de corroborar durante la selección del mejor modelo haciendo un filtrado de datos para descartar aquellos que pertenecen al intervalo de tiempo de observación para conocer los modelos, y centrar el análisis en los instantes previos a la selección. Otra posibilidad sería realizar un nuevo experimento cambiando el diseño de los estímulos, mostrando en una primera diapositiva los modelos para observar/conocer, y en las siguientes preguntar ya por la selección del mejor y del segundo mejor.

En segundo lugar, con la H2 se ha establecido que el número de sacadas entre elementos diferentes entre los que se decide es mayor cuando existe un comportamiento de duda. Estos movimientos sacádicos son los realizados entre los diferentes modelos y el texto que explicaba la pregunta, ubicado en la parte inferior de la imagen. La H2 se acepta solo durante la selección del segundo mejor modelo, siendo el NoS de los que sí dudaron mayor que el de los que no. De nuevo, se plantea que esta hipótesis podría ser corroborada durante la selección del mejor modelo utilizando los instantes previos a la selección.

En las Figuras 66 y 67 se comprueba que, tal y como se indica en la literatura (Bialkova et al., 2020; Fernández-Serrano et al., 2022; Orquin et al., 2021; Rojas et al., 2020), la opción seleccionada es la que recibe mayores fijaciones y visitas. De hecho, por cómo se planteó el experimento (preguntando por la selección del mejor modelo y del segundo mejor), se observa que, durante la selección del mejor modelo, el modelo seleccionado es el que recibe mayores fijaciones y visitas, pero, además, el modelo que será seleccionado después (el segundo mejor modelo), es el siguiente en recibir la mayor atención, con valores de la media por encima del resto de modelos.

Y, finalmente, en la H3 se ha considerado que las métricas del ET de fijaciones y visitas son potencialmente útiles para el análisis del comportamiento de duda en la toma de decisiones. Al igual que en las anteriores hipótesis, esta hipótesis solo puede ser corroborada durante la selección del segundo mejor modelo, y no se podría aceptar en todos los casos. Según el resultado de las pruebas no paramétricas, existen diferencias significativas en las métricas NoF y NoV entre los que dudaron y los que no en la atención prestada al modelo seleccionado como el segundo mejor. Estas 2 métricas sí serían potencialmente útiles para aceptar la H3, pero concretando que solo en la atención prestada al modelo seleccionado, siendo los valores de la media mayores para los que dudaron. Aunque no hay diferencias significativas entre grupos en las fijaciones y visitas del modelo que había sido seleccionado previamente como el mejor, en las Figuras 66 y 67 se comprueba que sigue recibiendo atención, lo cual podría ser porque se toma como referencia para la decisión. Se creó la AoI Texto al comprobar que los participantes visitaban repetidamente el texto, lo cual podría reflejar un comportamiento de duda, pero los resultados reflejan que no hay diferencias significativas en ninguna de las métricas entre los que no dudaron y los que sí. Con respecto a la atención prestada al resto de modelos, existen diferencias entre los que dudaron y los que no en todas las métricas (TDoF, NoF, TDoV y NoV), siendo los valores de la media mayores en los que dudaron. Esto puede ser debido a que, cuando se duda en la selección, se observa más el resto de modelos, probablemente para realizar una comparativa que ayude a tomar la decisión.

## 6. Conclusión

En conclusión, en este análisis se ha explorado la utilidad de la tecnología ET como herramienta para el análisis de los patrones de comportamiento y comportamientos de duda en la toma de decisiones (OE3).

Se realizó un experimento de Eye-Tracker (ET) en el que se mostraban diferentes productos y se pedía a los participantes que seleccionaran el mejor modelo y el segundo mejor en función de la robustez y la facilidad de uso. Al finalizar el experimento con el ET, se preguntó a los participantes si habían dudado o no durante la selección, lo cual permitió crear 2 grupos para el análisis en función de su respuesta.

Los resultados permitieron comprobar que existían limitaciones en el experimento, como la posición que ocupaban los modelos en la imagen, que afectaba al recorrido de la mirada, y que se usaron solo las métricas disponibles en el *software* comercial Tobii Pro X2-60 de ET. Por tanto, las hipótesis planteadas solo se pudieron validar con los resultados obtenidos durante la selección del segundo mejor modelo. Probablemente, con el mismo *software*, pero diferente diseño de estímulos, algunas limitaciones se podrían haber solucionado.

Las métricas de tiempo de duración del intervalo (DoI), amplitud media de sacadas (AAoS) y amplitud total de sacadas (TAoS), han permitido comprobar que, cuando hay comportamiento de duda en la selección, el tiempo de decisión es mayor (DoI), y en los movimientos sacádicos hay pocos barridos con la mirada (menor valor de AAoS), pero de mayor amplitud (mayor valor de TAoS).

La métrica del número de sacadas (NoS) incluía los datos solo de los movimientos sacádicos entre AoIs (que cubrían la imagen de cada modelo y el texto), y excluía el número de sacadas dentro de cada AoI. Esta métrica ha permitido comprobar que se realizan más sacadas entre AoIs cuando hay duda que cuando no la hay.

Finalmente, se ha comprobado que las métricas de tiempo total de fijación (TDoF), número de fijaciones (NoF), tiempo total de visita (TDoV), y número de visitas (NoV) solo son potencialmente útiles para el análisis de los comportamientos de duda cuando se observan determinadas zonas de interés en el estímulo. Por tanto, se considera que son útiles cuando los datos equivalen a la atención prestada al resto de modelos que no se seleccionan en ningún caso, y, en concreto, NoF y NoV sí son de utilidad cuando la atención se centra en los modelos seleccionados.

# Capítulo VII

## Conclusión

# 1. Conclusiones

Las conclusiones que se derivan de los resultados de la tesis se han detallado en cada uno de los 3 análisis del experimento y se resumen a continuación. Las conclusiones se agrupan en 3 bloques: (i) conclusiones relacionadas con la evaluación del diseño de producto, estudiando los elementos de diseño que funcionan como *signifiers* y los *affordances* de usabilidad; (ii) conclusiones sobre las métricas del ET que permiten evaluar el diseño de productos; (iii) conclusiones sobre los patrones de comportamiento en la toma de decisiones.

## 1.1. Evaluación del diseño de producto: *affordances* y *signifiers*

El experimento de la tesis ha permitido establecer cómo de intuitivo es un producto según sus elementos de diseño que funcionan como *signifiers*, y evaluar *affordances* de usabilidad, como la robustez, la comodidad, la facilidad de agarre, la adherencia, el esfuerzo y la facilidad de uso.

Se ha determinado que la goma, como cabría esperar, actúa como un *signifier* que ayuda a localizar la zona de agarre de un producto, pero también favorece la valoración de la robustez y la comodidad. Se ha comprobado que cuando la forma de un producto es similar a la del objeto al que se debe acoplar, el producto es más intuitivo (como por ejemplo una forma circular que se acople a una tapa de un tarro), y que un producto es más intuitivo cuando su forma resulta familiar para el usuario, es decir, cuando se puede relacionar con funciones conocidas. También se ha comprobado que hay *signifiers* que, por familiaridad, los participantes los relacionan con otras funciones que no son las que realmente deben explicar, como por ejemplo elementos metálicos afilados, que habitualmente solo se relacionan con la acción de cortar, pero que también pueden tener otras funciones.

Finalmente, se ha comprobado que *signifiers* como el material, el espesor de la zona de agarre o de la zona de colocación sobre la tapa, la forma del modelo, el tamaño y el número de elementos ayudan a explicar los *affordances* de usabilidad evaluados.

## 1.2. Métricas del ET para la evaluación de producto

Se ha constatado que el ET es una herramienta útil para el análisis del diseño intuitivo de producto y los *affordances* de usabilidad, y que la creación de áreas de



interés (AoIs) ha permitido analizar las zonas de interés cuando los participantes evalúan el diseño de producto.

En los análisis de la tesis se han utilizado las métricas disponibles en el *software* Tobii Pro X2-60: DoI (duración del intervalo) para obtener los tiempos de decisión sobre el diseño intuitivo o *affordance* de cada estímulo; AAoS (amplitud media de sacadas) y TAOs (amplitud total de sacadas) para obtener datos sobre los movimientos sacádicos en cada estímulo durante la decisión; TtFF (tiempo transcurrido hasta la primera fijación) y DoFF (duración de la primera fijación) para los datos de las primeras fijaciones en las AoIs; y TDoF (tiempo total de fijaciones), NoF (número de fijaciones), TDoV (tiempo total de visitas), y NoV (número de visitas) para los datos de fijaciones y visitas en cada AoI. Para analizar el diseño intuitivo de producto y los *affordances* de usabilidad se consideró apropiado recalcular algunas de las métricas en valores porcentuales para hacer comparables los datos de diferentes participantes, como son: DoI%, TtFF%, DoFF%, TDoF%, NoF% y TDoV%.

Se ha comprobado que los valores de DoI% son menores (cuesta menos tomar la decisión) cuando un modelo es más intuitivo o un *affordance* se transmite mejor a través de una imagen. Además, en ambos casos, se comprobó que a menor valor de DoI%, el valor de las métricas de sacadas era mayor en AAoS y menor en TAOs, es decir, que existía un comportamiento de los participantes que indicaba que a mayor rapidez de respuesta se realizaban pocos barridos con la mirada, pero de mayor amplitud.

Para el análisis del diseño intuitivo, las respuestas correctas de cada pregunta y los resultados de la métrica DoI% permitieron realizar una clasificación de los modelos de más a menos intuitivos. Con respecto a las primeras fijaciones, se ha comprobado que en los modelos más intuitivos el TtFF% es menor y el DoFF% es mayor, es decir, en los modelos más intuitivos es más rápido detectar la zona que explica su función, pero los participantes se quedan observándola durante más tiempo. Cuando un modelo es más intuitivo, la observación a nivel general tiene menores valores de TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV.

Comprobar qué modelos son mejor valorados en cada *affordance* ha permitido relacionar las puntuaciones con las métricas del ET. Se comprobó que las métricas relacionadas con las primeras fijaciones (TtFF% y DoFF%) no aportaban información útil para el análisis de los *affordances* de usabilidad debido a las limitaciones en el diseño del experimento: la posición de los modelos en la imagen provocaba que los modelos posicionados en el centro recibieran antes las primeras fijaciones. Finalmente, se ha establecido que las métricas de fijaciones y visitas (TDoF%, NoF%, TDoV% y NoV) sí son de utilidad para el análisis de los *affordances* al comprobar que los modelos mejor valorados son los que obtienen mayores fijaciones y visitas, y que existe correlación positiva y significativa entre las valoraciones y esas métricas.

### 1.3. Patrones de comportamiento en la toma de decisiones

En el análisis de los patrones de comportamiento se realizó un análisis preliminar debido a las limitaciones del experimento, puesto que se comprobó que la posición que ocupaban los modelos en la imagen afectaba al recorrido de la mirada de los participantes, y que se usaron solo los datos de las métricas disponibles en el *software* Tobii Pro X2-60 de ET.

Se ha explorado qué métricas del ET pueden ser potencialmente útiles para analizar los comportamientos de duda en la toma de decisiones. Se utilizaron las métricas DoI, AAoS, TAoS, NoS (número de sacadas), TDoF, NoF, TDoV y NoV. En este análisis no se escalaron las métricas porque interesaba conocer cómo se comportaban los participantes en la selección, es decir, que si un participante precisaba de más tiempo que otro en cada selección, quedara reflejado en los datos de las métricas.

Se ha podido observar que los participantes necesitan un tiempo para conocer todos los modelos, previamente a la toma de decisión en sí, por lo que es necesario aislar el período de interés final de comparar y seleccionar para poder obtener resultados sobre el comportamiento de duda. En consecuencia, las hipótesis planteadas solo se pudieron validar con los resultados obtenidos durante la selección del segundo mejor modelo, en donde ya conocían previamente los modelos.

Se comprobó que, cuando hay duda en la selección de modelos, el tiempo de decisión es mayor (DoI), y se realizan pocos barridos con la mirada (menor valor de AAoS), pero de mayor amplitud (mayor valor de TAoS). También se comprobó que, cuando los participantes dudaban en la selección, se realizaron más movimientos sacádicos (mayor valor de NoS) entre las diferentes AoIs que cubrían cada uno de los modelos o el texto que explicaba la pregunta. Y, finalmente, se comprobó que las métricas TDoF, NoF, TDoV y NoV son potencialmente útiles cuando la atención se centra en el resto de modelos que no se seleccionan en ningún caso, y, en concreto NoF y NoV son también de utilidad cuando la atención se centra en los modelos seleccionados.

## 2. Replicabilidad y futuras investigaciones

La metodología se ha establecido y explicado paso a paso con el objetivo de asegurar una replicabilidad del estudio por otros investigadores, y con la garantía de obtener resultados similares con diferentes participantes, pero bajo los mismos criterios de selección.

Para trabajos futuros se podrían buscar métricas de ET adicionales para abordar el estudio de los *affordances* de los DA, se podrían considerar AoIs más específicas para obtener un efecto más detallado de diferentes *signifiers*, y se podrían analizar en profundidad los datos registrados a través del ET, más allá de las métricas disponibles en el *software* comercial, para analizar intervalos de tiempo concretos (como por ejemplo el análisis del comportamiento de los participantes durante los últimos instantes previos a tomar la decisión).

Dada la posible variabilidad en los participantes y a la cantidad de datos registrados, sería interesante incorporar otras técnicas de análisis multivariante para hacer clústeres e intentar clasificar a los participantes.

Los participantes reportaron no tener ninguna patología de mano, aspecto que no fue relevante para la finalidad del estudio, considerando que la patología no sería un factor que afectara a los resultados. No obstante, para trabajos futuros sí se considerarían personas mayores, con patología de mano, e incluso con limitaciones cognitivas, con el objetivo de obtener resultados que puedan tener un impacto real en la calidad de vida de esta tipología de sujetos.

## 3. Lecciones aprendidas del ET

Utilizar el ET para la fase experimental de la tesis ha sido un reto al ser la primera vez que me enfrentaba a esta tecnología como investigador. Al inicio de la tesis, la revisión bibliográfica me permitió conocer a nivel teórico cómo usar el ET y las posibles limitaciones que podrían aparecer. Pero, posteriormente, diseñar el

experimento, llevarlo a cabo y analizar los resultados fue lo que me hizo entender y aprender realmente cómo funciona la tecnología ET, y con ello descubrir y afrontar las limitaciones del experimento.

Como se ha descrito en la tesis, algunas de las decisiones tomadas durante el diseño del experimento del ET se tradujeron en limitaciones. En primer lugar, una decisión problemática está relacionada con el punto azul utilizado para establecer un origen en el recorrido de la mirada de los participantes. Durante el experimento, tras observar el punto azul, se colocó en la siguiente diapositiva y justo en la misma posición un estímulo que iba a ser evaluado. Esto afectó a los tiempos de las primeras fijaciones, ya que, inevitablemente, ese estímulo era lo primero que observaban los participantes.

En segundo lugar, otra de las lecciones aprendidas surge del diseño de la última parte del experimento del ET, diseñada principalmente para el análisis de los *affordances* de usabilidad de producto. Tras observar y analizar algunos de los resultados obtenidos, se planteó otro análisis adicional para estudiar comportamientos de duda durante la toma de decisiones. Para ello, se decidió extraer parte del experimento del ET (solo para valorar las preguntas del mejor y el segundo mejor modelo de algunos *affordances*), para que otros participantes realizaran una prueba más reducida, centrada solo en la selección de producto. Pero el problema fue que los nuevos participantes observaban por primera vez los modelos en la diapositiva en la que debían seleccionar el mejor. Si previamente a la selección se hubiera mostrado a los participantes los elementos que iban a evaluar, probablemente esto hubiera permitido analizar exclusivamente los tiempos durante la selección, sin tener en cuenta el tiempo dedicado a observar y conocer.

Y, finalmente, otra de las lecciones aprendidas a tener en cuenta para futuras investigaciones es referente a las métricas utilizadas. El problema fue utilizar para el análisis los datos de solo algunas de las métricas disponibles en el *software* comercial. Se seleccionaron al ser las usadas habitualmente en investigación. Pero el programa dispone de un listado de métricas mucho más extenso, y que probablemente serán de utilidad para seguir investigando en el campo del diseño de producto. Además, también se podría valorar la opción de acceder a los datos en “crudo” mediante programación y así poder cuantificar las interpretaciones subjetivas hechas en la tesis sobre los mapas de calor y los *Gaze Plots*.

# Referencias

- Agost, M. J., & Vergara, M. (2014). Relationship between meanings, emotions, product preferences and personal values. Application to ceramic tile floorings. *Applied Ergonomics*, *45*(4), 1076–1086.
- Ajani, T., & Stork, E. (2013). Creating a Semantic Differential Scale for Measuring Users' Perceptions and Attitudes toward Emerging Technologies. *Proceedings of the Conference for Information Systems Applied Research*, 1–7.
- Amaral, D. S., Duarte, A. L. B. P., Barros, S. S., Cavalcanti, S. V., Ranzolin, A., Leite, V. M. M., Dantas, A. T., Oliveira, A. S. C. R. C., Santos, P. S., Silva, J. C. A., & Marques, C. D. L. (2018). Assistive devices: an effective strategy in non-pharmacological treatment for hand osteoarthritis—randomized clinical trial. *Rheumatology International*, *38*(3), 343–351.
- Arden, N., & Nevitt, M. C. (2006). Osteoarthritis: Epidemiology. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*, *20*(1), 3–25.
- Aros, M., & Narváez, G. (2009). El Diferencial Semántico para la disciplina del diseño una herramienta para la evaluación de productos. *XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, 1679–1690.
- Asghar, S., Torrens, G., & Harland, R. (2018). Cross-Cultural Influences on the Semantics Ascribed to Assistive Technology Product and Its Envisaged User. *The Asian Conference on Media, Communication & Film*.
- Asghar, S., Torrens, G., Iftikhar, H., & Harland, R. G. (2019). Cultural blindness: Eye-tracking trial of visual attention towards assistive technology (AT) product, by students from the UK and Pakistan. *International Association of Societies of Design Research Conference*.
- Bauer, S. M., Elsaesser, L. J., & Arthanat, S. (2011). Assistive technology device classification based upon the World Health Organization's, International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, *6*(3), 243–259.
- Berni, A., MacCioni, L., & Borgianni, Y. (2020). An Eye-Tracking supported investigation into the role of forms of representation on design evaluations and affordances of original product features. *Design Society: Design Conference*, *1*, 1607–1616.
- Bialkova, S., Grunert, K. G., & van Trijp, H. (2020). From desktop to supermarket shelf: Eye-tracking exploration on consumer attention and choice. *Food Quality and Preference*, *81*, 103839.
- Bin, Q., Suihuai, Y., & Weiping, H. (2014). Product Cognitive Style Based on Kansei Engineering and Visual Track Experiments. *Journal of Applied Sciences*, *13*(12), 2341–2345.

- Bobos, P., Nazari, G., Szekeres, M., Lalone, E. A., Ferreira, L., & MacDermid, J. C. (2019). The effectiveness of joint-protection programs on pain, hand function, and grip strength levels in patients with hand arthritis: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Hand Therapy, 32*(2), 194–211.
- Boiani, J. A. M., Barili, S. R. M., Medola, F. O., & Sandnes, F. E. (2019). On the non-disabled perceptions of four common mobility devices in Norway: A comparative study based on semantic differentials. *Technology and Disability, 31*(1–2), 15–25.
- Brazil, W., & Caulfield, B. (2017). What makes an effective energy efficiency label? Assessing the performance of energy labels through eye-tracking experiments in Ireland. *Energy Research and Social Science, 29*, 46–52.
- Bula-Oyola, E., Belda-Lois, J.-M., Porcar-Seder, R., & Page, A. (2022). Aspects determining adherence to wrist-hand orthoses in patients with peripheral neuropathies. *MedRxiv, 34*(4), 247–260.
- Bürdek, B. E. (1994). *Diseño : Historia, teoría y práctica del diseño industrial*. Gustavo Gili.
- Burlamaqui, L., & Dong, A. (2017). Eye gaze experiment into the recognition of intended affordances. *ASME Design Engineering Technical Conference, 7*.
- Callaway, F., & Griffiths, T. L. (2019). Attention in value-based choice as optimal sequential sampling. *PsyArXiv*, 1–12.
- Carmeli, E., Patish, H., & Coleman, R. (2003). The Aging Hand. *The Journals of Gerontology: Series A, 58*(2), 146–152.
- Carneiro, L., Oliveira, T., Noriega, P., & Rebelo, F. (2016). Can the context stigmatize the assistive technology? A preliminary study using virtual environments. *Advances in Intelligent Systems and Computing, 485*, 289–297.
- Carter, B. T., & Luke, S. G. (2020). Best practices in eye tracking research. *International Journal of Psychophysiology, 155*, 49–62.
- Castiello, U. (2005). The neuroscience of grasping. *Nature Reviews Neuroscience, 6*(9), 726–736.
- Chang, Y.-M., Chu, C.-P., & Ma, M.-Y. (2013). Exploring the Visual Cognitive Features on the Design of Car Based on the Theory of Eye-Tracking Technology. *Przegląd Elektrotechniczny, 89*(1).
- Chen, K. (2020). Why do older people love and hate assistive technology? An emotional experience perspective. *Ergonomics, 63*(12), 1463–1474.
- Cherubino, P., Martinez-Levy, A. C., Caratù, M., Cartocci, G., Di Flumeri, G., Modica, E., Rossi, D., Mancini, M., & Trettel, A. (2019). Consumer behaviour through the eyes of neurophysiological measures: State of the art and future trends. *Computational Intelligence and Neuroscience, 3*(2), 1–41.
- Christensen, A. D., & Bishu, R. R. (2000). Hand tools design: Are biomechanical criteria the same as aesthetic criteria? A preliminary study. *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 44*(28), 574–577.
- Company, P., Vergara, M., & Mondragón, S. (2005). Contributions to product semantics taxonomy. *AEIPRO*.

- Crilly, N., Moultrie, J., & Clarkson, P. J. (2004). Seeing things: Consumer response to the visual domain in product design. *Design Studies*, 25(6), 547–577.
- Crostack, H. A., Kern, C., & Refflinghaus, R. (2010). The suitability of Kano's method for the requirements of the cutlery industry: Results of a case study associated with an approach to widen Kano's theory. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 2(3), 352–368.
- Dahaghin, S., Bierma-Zeinstra, S. M. A., Ginai, A. Z., Pols, H. A. P., Hazes, J. M. W., & Koes, B. W. (2005). Prevalence and pattern of radiographic hand osteoarthritis and association with pain and disability (the Rotterdam study). *Annals of the Rheumatic Diseases*, 64(5), 682–687.
- de Boer, I. G., Peeters, A. J., Ronday, H. K., Mertens, B. J. A., Huizinga, T. W. J., & Vliet Vlieland, T. P. M. (2009). Assistive devices: Usage in patients with rheumatoid arthritis. *Clinical Rheumatology*, 28(2), 119–128.
- Duchowski, A. T. (2003). Eye Tracking Methodology: Theory and Practice. In *London: Springer-Verlag*.
- Duruöz, M. T. (2014). Hand Function. A Practical Guide to Assessment. In M. T. Duruöz (Ed.), *Hand Function*. Springer New York.
- Federico, G., & Brandimonte, M. A. (2019). Tool and object affordances: An ecological eye-tracking study. *Brain and Cognition*, 135, 103582.
- Fernández-Serrano, P., Tarancón, P., Bonet, L., & Besada, C. (2022). Consumers' Visual Attention and Choice of 'Sustainable Irrigation'-Labeled Wine: Logo vs. Text. *Agronomy*, 12(3), 685.
- Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. In U. R. Shaw, and J. Bransford, eds., Lawrence Erlbaum, Hillsdale (Ed.), *Perceiving, Acting and Knowing: Toward an Ecological Psychology* (pp. 67–82).
- Goldberg, J. H., & Helfman, J. I. (2010). Comparing information graphics: A critical look at eye tracking. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 71–78.
- Gracia-Ibáñez, V., Agost, M. J., Bayarri-Porcar, V., Granell, P., Vergara, M., & Sancho-Bru, J. L. (2022). Hand kinematics in osteoarthritis patients while performing functional activities. *Disability and Rehabilitation*, 45(7), 1124–1130.
- Graham, D. J., Orquin, J. L., & Visschers, V. H. M. (2012). Eye tracking and nutrition label use: A review of the literature and recommendations for label enhancement. *Food Policy*, 37(4), 378–382.
- Guo, F., Li, M., Hu, M., Li, F., & Lin, B. (2019). Distinguishing and quantifying the visual aesthetics of a product: An integrated approach of eye-tracking and EEG. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 71, 47–56.
- He, S. jun, Zhi, J. yi, Du, Y., & Feng, S. (2023). Effects of design features of train electronic guidance interface on visual search, behavior, and usability. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 93, 103387.
- Hermann, R. P., Phalangas, A. C., Mahoney, R. M., & Alexander, M. A. (1999). Powered Feeding Devices: An Evaluation of Three Models. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(10), 1237–1242.

- Hsu, C. C., Fann, S. C., & Chuang, M. C. (2017). Relationship between eye fixation patterns and Kansei evaluation of 3D chair forms. *Displays*, *50*, 21–34.
- Jarque-Bou, N. J., Vergara, M., Sancho-Bru, J. L., Gracia-Ibanez, V., & Roda-Sales, A. (2020). Hand Kinematics Characterization while Performing Activities of Daily Living through Kinematics Reduction. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, *28*(7), 1556–1565.
- Jones, G., Cooley, H. M., & Bellamy, N. (2001). A cross-sectional study of the association between Heberden's nodes, radiographic osteoarthritis of the hands, grip strength, disability and pain. *Osteoarthritis and Cartilage*, *9*(7), 606–611.
- Jordan, P. W. (2000). Designing Pleasurable Products. In *Designing Pleasurable Products*. CRC Press.
- Kim, S. H., Dong, Z., Xian, H., Upatising, B., & Yi, J. S. (2012). Does an eye tracker tell the truth about visualizations?: Findings while investigating visualizations for decision making. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *18*(12), 2421–2430.
- Kjeken, I., Dagfinrud, H., Slatkowsky-Christensen, B., Mowinckel, P., Uhlig, T., Kvien, T. K., & Finset, A. (2005). Activity limitations and participation restrictions in women with hand osteoarthritis: Patients' descriptions and associations between dimensions of functioning. *Annals of the Rheumatic Diseases*, *64*(11), 1633–1638.
- Kjeken, I., Darre, S., Smedslund, G., Hagen, K. B., & Nossum, R. (2011). Effect of assistive technology in hand osteoarthritis: A randomised controlled trial. *Annals of the Rheumatic Diseases*, *70*(8), 1447–1452.
- Köhler, M., Falk, B., & Schmitt, R. (2015). Applying Eye-Tracking in Kansei Engineering Method for Design Evaluations in Product Development. *International Journal of Affective Engineering*, *14*(3), 241–251.
- Kuo, C. C., Kung, H. Y., Wu, H. C., & Wang, M. J. (2020). Developing a hand sizing system for a hand exoskeleton device based on the Kansei Engineering method. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1–13.
- Kuo, J. Y., Chen, C. H., Koyama, S., & Chang, D. (2021). Investigating the relationship between users' eye movements and perceived product attributes in design concept evaluation. *Applied Ergonomics*, *94*, 103393.
- Landsmeer, J. M. F. (1962). Power grip and precision handling. *Annals of the Rheumatic Diseases*, *21*(2), 164–170.
- Lim, J. Z., Mountstephens, J., & Teo, J. (2020). Emotion recognition using eye-tracking: Taxonomy, review and current challenges. *Sensors (Switzerland)*, *20*(8), 2384.
- Lucaites, K. M., & Pagano, C. C. (2018). Affordance perception by users of assistive walking devices. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, *3*, 1744–1748.
- Ma, H. I., Hwang, W. J., Chen-Sea, M. J., & Sheu, C. F. (2008). Handle size as a task constraint in spoon-use movement in patients with Parkinson's disease. *Clinical Rehabilitation*, *22*(6), 520–528.
- Maleki-Ghahfarokhi, A., Azghani, M.-R., & Dianat, I. (2022). Effects of handle characteristics of manual hand tools on maximal torque exertions: a literature review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, *28*(3), 1387–1402.



- Mann, W. C., Hurren, D., & Tomita, M. (1993). Comparison of assistive device use and needs of home-based older persons with different impairments. *The American Journal of Occupational Therapy. : Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 47(11), 980–987.
- Maslow, A., & Lewis, K. J. (1987). Maslow's hierarchy of needs. In *Salenger Incorporated* (pp. 987–990).
- McDonald, S. S., Levine, D., Richards, J., & Aguilar, L. (2016). Effectiveness of adaptive silverware on range of motion of the hand. *PeerJ*, 4, 1667.
- Mestranda, F. R., Mestrando, G. H. C., Mestrando, J. C. R. P., & Doutoranda, L. F. A. (2011). Intuitividade em produto de uso doméstico - um estudo de caso com ralador de queijo. *10º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento Em Design, São Luís (MA)*.
- Mondragón, S. (2011). *Tesis: Aportaciones de la semántica del producto al diseño de herramientas*.
- Mondragón, S., Company, P., & Vergara, M. (2005). Semantic Differential applied to the evaluation of machine tool design. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(11), 1021–1029.
- Mondragón, S., & Vergara, M. (2008). Ingeniería Kansei. Una potente metodología aplicada al diseño emocional. *Faz*, 2, 46–59.
- Nagamachi, M. (1995). Kansei engineering: A new ergonomic consumer-oriented technology for product development. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(1), 3–11.
- Nordenskiöld, U., Grimby, G., & Dahlin-Ivanoff, S. (1998). Questionnaire to evaluate the effects of assistive devices and altered working methods in women with rheumatoid arthritis. *Clinical Rheumatology*, 17(1), 6–16.
- Norman. (2003). Designing Emotions Pieter Desmet. *The Design Journal*, 6(2), 60–62.
- Norman. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic books.
- Noronha, B., & Accoto, D. (2021). Exoskeletal Devices for Hand Assistance and Rehabilitation: A Comprehensive Analysis of State of the Art Technologies. *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, 3(2), 525–538.
- Orquin, J. L., Lahm, E. S., & Stojic, H. (2021). The Visual Environment and Attention in Decision Making. *Psychological Bulletin*, 147(6), 597–617.
- Orquin, J. L., & Mueller Loose, S. (2013). Attention and choice: A review on eye movements in decision making. *Acta Psychologica*, 144(1), 190–206.
- Osgood, C. E., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. H. (1957). *The measurement of meaning*. (47). University of Illinois press.
- Palacios-Ibáñez, A., Marín-Morales, J., Contero, M., & Alcañiz, M. (2023). Predicting Decision-Making in Virtual Environments: An Eye Movement Analysis with Household Products. *Applied Sciences*, 13(12), 7124.
- Pape, T. L. B., Kim, J., & Weiner, B. (2002). The shaping of individual meanings assigned to assistive technology: A review of personal factors. *Disability and Rehabilitation*, 24(1–3), 5–20.

- Petiot, J. F., & Yannou, B. (2004). Measuring consumer perceptions for a better comprehension, specification and assessment of product semantics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33(6), 507–525.
- Piqueras-Fizman, B., Velasco, C., Salgado-Montejo, A., & Spence, C. (2013). Using combined eye tracking and word association in order to assess novel packaging solutions: A case study involving jam jars. *Food Quality and Preference*, 28(1), 328–338.
- Polygerinos, P., Wang, Z., Galloway, K. C., Wood, R. J., & Walsh, C. J. (2015). Soft robotic glove for combined assistance and at-home rehabilitation. *Robotics and Autonomous Systems*, 73, 135–143.
- Quarante, D. (1992). *Diseño industrial 1*.
- Rebollar, R., Lidón, I., Martín, J., & Puebla, M. (2015). The identification of viewing patterns of chocolate snack packages using eye-tracking techniques. *Food Quality and Preference*, 39, 251–258.
- Renda, G., Jackson, S., & Allan, W. (2013). Cutlery, composition and canter: A method for investigating the stigmatising effect of assistive cutlery design. *Proceedings of the 2nd European Design 4 Health Conference 2013*, 211–222.
- Renda, G., Jackson, S., Kuys, B., & Whitfield, T. W. A. (2016). The cutlery effect: do designed products for people with disabilities stigmatise them? *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 11(8), 661–667.
- Roda-Sales, A., Vergara, M., Sancho-Bru, J. L., Gracia-Ibáñez, V., & Jarque-Bou, N. J. (2019a). Effect of assistive devices on hand and arm posture during activities of daily living. *Applied Ergonomics*, 76, 64–72.
- Roda-Sales, A., Vergara, M., Sancho-Bru, J. L., Gracia-Ibáñez, V., & Jarque-Bou, N. J. (2019b). Effect on hand kinematics when using assistive devices during activities of daily living. *PeerJ*, 7, 7806.
- Rogers, J. C., & Holm, M. B. (1992). Assistive technology device use in patients with rheumatic disease: a literature review. *The American Journal of Occupational Therapy*, 46(2), 120–127.
- Rojas, J. C., Contero, M., Bartomeu, N., & Guixeres, J. (2015). Using Combined Bipolar Semantic Scales and Eye-Tracking Metrics to Compare Consumer Perception of Real and Virtual Bottles. *Packaging Technology and Science*, 28(12), 1047–1056.
- Rojas, J. C., Marín-Morales, J., Ausín Azofra, J. M., & Contero, M. (2020). Recognizing Decision-Making Using Eye Movement: A Case Study With Children. *Frontiers in Psychology*, 11, 2542.
- Rosen, B. G., Eriksson, L., & Bergman, M. (2016). Kansei, surfaces and perception engineering. *Surface Topography: Metrology and Properties*, 4(3), 033001.
- Santos, A. V. F., & Silveira, Z. C. (2020). AT-d8sign: methodology to support development of assistive devices focused on user-centered design and 3D technologies. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 42(5), 260.
- Scheirer, J., S. Ray, W., & Hare, N. (1976). The Analysis of Ranked Data Derived from Completely Randomized Factorial Designs. *International Biometric Society*, 32(2), 429–434.

- Schütte, S. (2005). Engineering Emotional Values in Product Design: Kansei Engineering in Development. In *Engineering*.
- Shipham, I., & Pitout, S. J. (2003). Rheumatoid arthritis: hand function, activities of daily living, grip strength and essential assistive devices. *Curationis*, *26*(3), 98–106.
- Singh, J., & Sarkar, P. (2022). Visual Product Assessment by Using the Eye-Tracking Equipment to Study the Effect of Product Shapes on consumer's Thinking. *International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Material Science*, 149–158.
- Sinha, N. (2023). *Non-parametric alternative of 2-way ANOVA (ScheirerRayHare)*. MATLAB Central File Exchange. Recuperado.
- Skymne, C., Dahlin-Ivanoff, S., Claesson, L., & Eklund, K. (2012). Getting used to assistive devices: Ambivalent experiences by frail elderly persons. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, *19*(2), 194–203.
- Stamm, T. A., Pieber, K., Crevenna, R., & Dorner, T. E. (2016). Impairment in the activities of daily living in older adults with and without osteoporosis, osteoarthritis and chronic back pain: A secondary analysis of population-based health survey data. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *17*(1).
- Tao, G., Charm, G., Kabacińska, K., Miller, W. C., & Robillard, J. M. (2020). Evaluation Tools for Assistive Technologies: A Scoping Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *101*(6), 1025–1040.
- Tobii Pro AB. (2019). *User's manual Tobii Pro Lab*.
- Torrems, G., Storer, I., Asghar, S., Welsh, R., & Hurn, K. (2019). Social camouflage: A survey of 143 students of their preference for assistive technology cutlery and the visual mechanisms being influenced. *Ergonomics & Human Factors (EHF)*.
- Vaes, K. (2019). Design for Empowerment, the Stigma-Free Design Toolkit. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *824*, 1012–1030.
- Vaes, K., Stappers, P. J., Standaert, A., & Desager, K. (2012). Contending stigma in product design using insights from social psychology as a stepping stone for design strategies. *8th International Conference on Design and Emotion: Out of Control - Proceedings*.
- van Dam, K., Gielissen, M., Bles, R., van der Poel, A., & Boon, B. (2023). The impact of assistive living technology on perceived independence of people with a physical disability in executing daily activities: a systematic literature review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 1–10.
- Vergara, M., Gracia-Ibáñez, V., & Sancho-Bru, J. L. (2015). Evaluation of hand functionality during activities of daily living (ADL): A review. In *Activities of Daily Living (ADL): Cultural Differences, Impacts of Disease and Long-Term Health Effects* (pp. 103–131).
- Vergara, M., & Mondragón, S. (2008). Ingeniería Kansei. Una potente metodología aplicada al diseño emocional. *Faz*, *2*, 46–59.
- Vergara, M., Sancho-Bru, J. L., Gracia-Ibáñez, V., & Pérez-González, A. (2014). An introductory study of common grasps used by adults during performance of activities of daily living. *Journal of Hand Therapy*, *27*(3), 225–234.
- Voorbij, A. I. M., & Steenbekkers, L. P. A. (2002). The twisting force of aged consumers when opening a jar. *Applied Ergonomics*, *33*(1), 105–109.






- Waechter, S., Sütterlin, B., & Siegrist, M. (2015). Desired and undesired effects of energy labels - An eye-tracking study. *PloS One*, *10*(7), 0134132.
- Wang, Y., Yu, S., Ma, N., Wang, J., Hu, Z., Liu, Z., & He, J. (2020). Prediction of product design decision Making: An investigation of eye movements and EEG features. *Advanced Engineering Informatics*, *45*, 101095.
- Weeks-Levy, C., Sadarangani, G., & Menon, C. (2020). Perceptions of senior citizens on the use and desired features of a wristband for maintaining, strengthening, and regaining hand and finger function. *Cogent Engineering*, *7*(1), 1719572.
- Welmer, A. K., Holmqvist, L. W., & Sommerfeld, D. K. (2008). Limited fine hand use after stroke and its association with other disabilities. *Journal of Rehabilitation Medicine*, *40*(8), 603–608.
- Wielandt, T., McKenna, K., Tooth, L., & Strong, J. (2006). Factors that predict the post-discharge use of recommended assistive technology (AT). *Disability & Rehabilitation: Assistive Technology*, *1*(1–2), 29–40.
- Wielandt, T., McKenna, K., Tooth, L., & Strong, J. (2006). Factors that predict the post-discharge use of recommended assistive technology (AT). *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, *1*(1–2), 29–40.
- World Health Organization. (2001). *World Health Organization (WHO). ICF: International classification of functioning, disability and health*.
- Yen, W. T., Sommerich, C., Lavender, S., Flinn, S., & Sanders, E. (2013). Product physical interface design characteristics for older adults with hand use limitations: Laboratory study. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 96–100.
- Yen, W. T., Sommerich, C. M., Lavender, S. A., Flinn, S. R., & Sanders, E. B. N. (2016). Evaluation of jar lid design characteristics by older women with hand use limitations. *Applied Ergonomics*, *52*, 177–184.
- Yoxall, A., Gonzalez, V., Best, J., Rodriguez-Falcon, E. M., & Rowson, J. (2019). As you like it: Understanding the relationship between packing design and accessibility. *Packaging Technology and Science*, *32*(10), 496–507.
- Yusif, S., Soar, J., & Hafeez-Baig, A. (2016). Older people, assistive technologies, and the barriers to adoption: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, *94*, 112–116.
- Zhou, J., Guo, G., Liu, F., Dong, Y., Li, H., Lin, L., & Yang, F. (2014). A multi-dimensional method for evaluating a product's conceptual schemes. *South African Journal of Industrial Engineering*, *25*(3), 184–198.



# Anexo I

Este anexo define en detalle las 9 tipologías de agarre propuestas por el grupo de Biomecánica y Ergonomía de la Universitat Jaume I.

# Taxonomía del agarre

Tabla AI. 1. Taxonomía del agarre propuesta en (Vergara et al., 2014).

Agarre	Descripción	Imagen
Cilíndrico	La palma de la mano está implicada en el agarre. El pulgar se encuentra en posición opuesta al resto de los dedos (en abducción o neutral).	
Oblicuo Palmar	Es una variación del agarre cilíndrico. De nuevo la palma está implicada, pero el pulgar está en movimiento de aducción.	
Gancho	La palma y el pulgar no están implicados en el agarre, tan solo el resto de los dedos, que son quienes realizan la fuerza.	
Lumbrical	La palma no está implicada en el agarre sino el pulgar y los dedos.	
Fuerza de precisión intermedia	El pulgar y el dedo índice son los que estabilizan el agarre, mientras que la palma está parcialmente implicada.	

Pinza	Agarre que se realiza entre el pulgar y la yema de los dedos.	
Pinza lateral	Se usa la parte lateral de los dedos y en ocasiones también el pulgar.	
Pinza especial	Están implicados en el agarre el pulgar, la parte lateral de algún dedo, y la yema de otro u otros dedos.	
No prensil	Se manipulan los objetos sin que exista un agarre.	

# Anexo II

Este anexo muestra los modelos de dispositivos de apertura encontrados tras la búsqueda de información para la posterior selección de modelos para el experimento. En la imagen están sombreados los modelos finalmente seleccionados para el estudio.



# Modelos de dispositivos para apertura

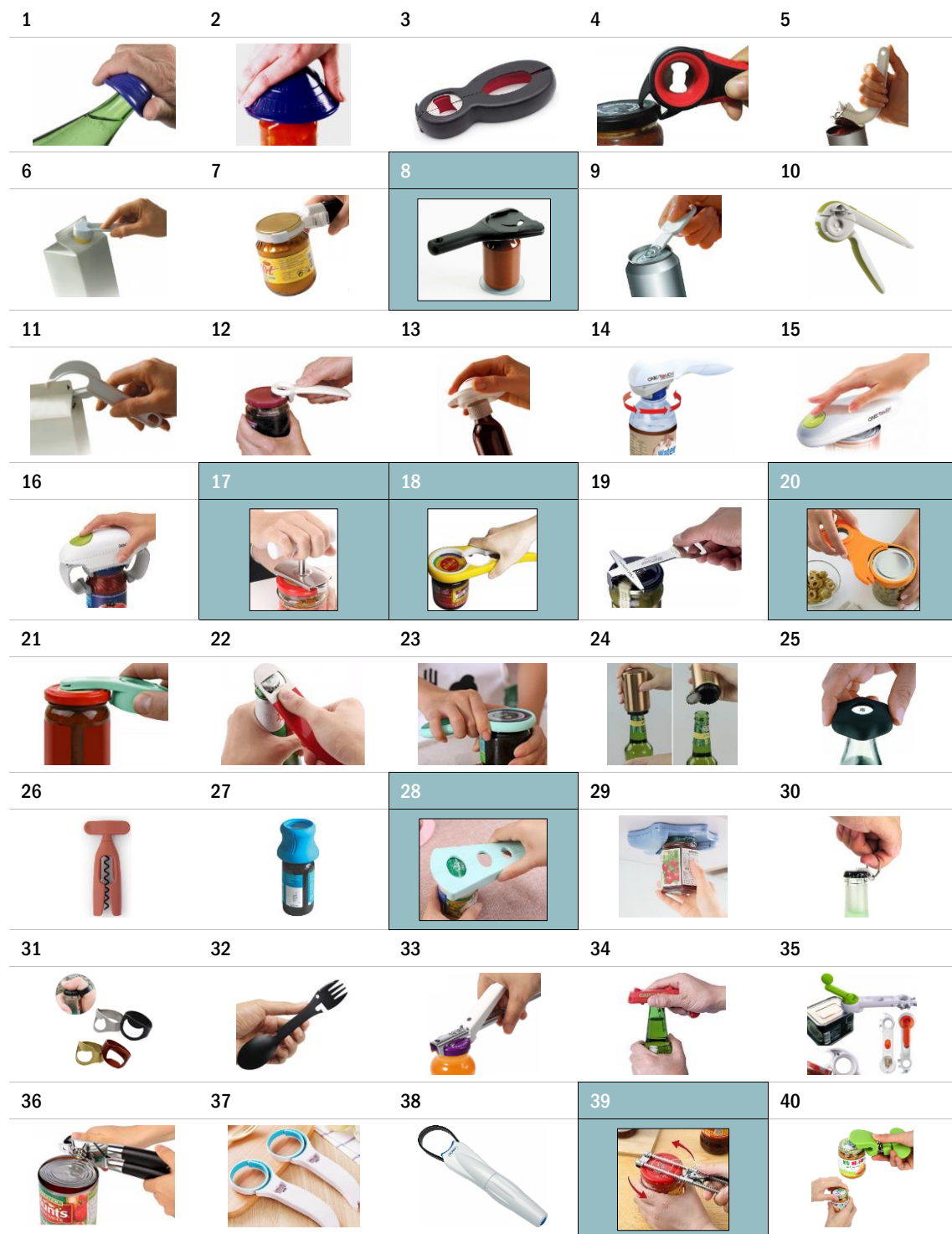


Figura AII. 1. Modelos de dispositivos de apertura. Sombreados los modelos seleccionados para la tesis. Clicando en cada imagen se accede a información del modelo o del vendedor.

# Anexo III

Este anexo muestra todas las diapositivas creadas para la experimentación con el ET de los dos proyectos A y B para cada pregunta, según la línea temporal establecida.

# Diapositivas de los proyectos A y B

## Instrucciones generales

**Instrucciones**

Vas a observar unas series de imágenes de diferentes productos. En cada una de las series deberás responder a una pregunta que será planteada al principio. Algunas son de respuesta múltiple, y deberás responder verbalmente al instructor, y otras de valoración sobre el producto, en las que deberás clicar sobre la imagen. En cada una de las preguntas serás informado previamente acerca de lo que debes hacer.

Debes saber que:

- Puedes abandonar el estudio en cualquier momento sin necesidad de dar explicaciones.
- Si en algún momento sientes fatiga o molestias en la vista, debes informar inmediatamente al instructor.

Podrás avanzar a la siguiente diapositiva pulsando cualquier tecla, excepto antes de empezar cada serie, en que serás en el centro de la pantalla un punto azul. Egi tu mirada en él y automáticamente empezará a ver las imágenes de los productos.

PROYECTO A
PROYECTO B

P1

A continuación, se irán mostrando imágenes de varios productos. Observa el producto y responde a la pregunta: **¿para qué lo usas?**

Puedes seleccionar **uno o varias** respuestas de entre las siguientes:

para  
barridos  
(barrido)

para  
barridos  
(limpiar)

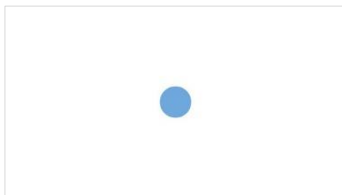
para  
barridos  
(limpiar)

para  
barridos  
(limpiar)

para  
barridos  
(limpiar)

para  
barridos  
(limpiar)

En este caso debes **responder verbalmente** al instructor.  
Pulsa cualquier tecla para pasar a la siguiente imagen.



**¿para qué lo usas?**

A barridos (barrido)

B barridos (limpiar)

C barridos (limpiar)

D barridos

E para (limpiar)

F para (limpiar)

G hacer otra cosa (clicar)

**¿para qué lo usas?**

A barridos (barrido)

B barridos (limpiar)

C barridos (limpiar)

D barridos

E para (limpiar)

F para (limpiar)

G hacer otra cosa (clicar)

**¿para qué lo usas?**

A barridos (barrido)

B barridos (limpiar)

C barridos (limpiar)

D barridos

E para (limpiar)

F para (limpiar)

G hacer otra cosa (clicar)

**¿para qué lo usas?**

A barridos (barrido)

B barridos (limpiar)

C barridos (limpiar)

D barridos

E para (limpiar)

F para (limpiar)

G hacer otra cosa (clicar)

**¿para qué lo usas?**

A barridos (barrido)

B barridos (limpiar)

C barridos (limpiar)

D barridos

E para (limpiar)

F para (limpiar)

G hacer otra cosa (clicar)

**¿para qué lo usas?**

A barridos (barrido)

B barridos (limpiar)

C barridos (limpiar)

D barridos

E para (limpiar)

F para (limpiar)

G hacer otra cosa (clicar)

**¿para qué lo usas?**

A barridos (barrido)

B barridos (limpiar)

C barridos (limpiar)

D barridos

E para (limpiar)

F para (limpiar)

G hacer otra cosa (clicar)

**¿para qué lo usas?**

A barridos (barrido)

B barridos (limpiar)

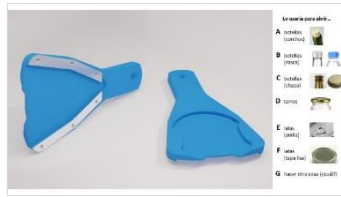
C barridos (limpiar)

D barridos

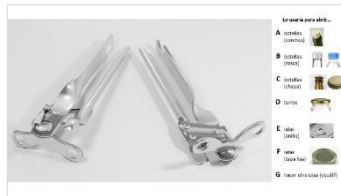
E para (limpiar)

F para (limpiar)

G hacer otra cosa (clicar)



Proyecto A/B

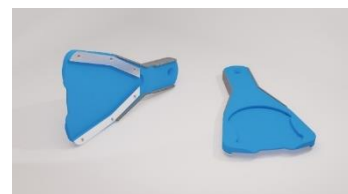
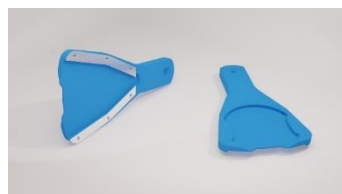
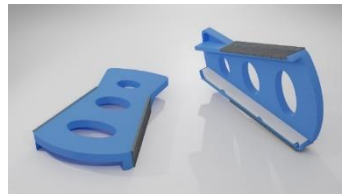
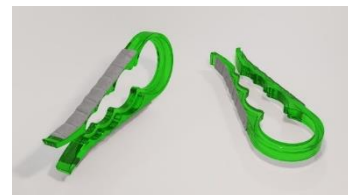
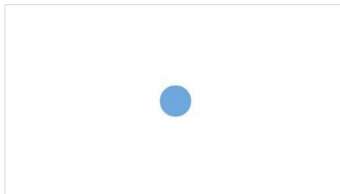


## PROYECTO A

## PROYECTO B

P2

A continuación, se mostrarán algunos de los productos anteriores.  
 Todos pueden ser agarrados con una sola mano.  
 Observa el producto y haz un clic sobre la parte del producto por donde lo agarrarías (de cualquiera de los productos de la imagen).  
 Pulsa cualquier tecla para pasar a la siguiente imagen.

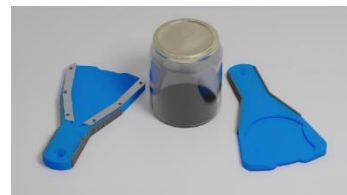
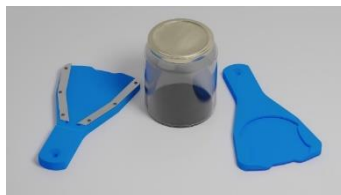
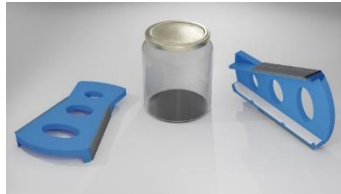


## PROYECTO A

## PROYECTO B

## P3

Todos los productos anteriores se utilizan para abrir tarros.  
Observe de nuevo los productos y haz **un solo clic** en la zona del abretarro que **colocarias sobre la tapa del tarro**.  
Pulsa cualquier tecla para pasar a la siguiente imagen.



PROYECTO A

PROYECTO B

P4

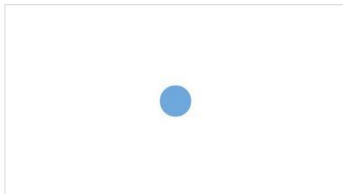
Para utilizar el abridor con una sola mano, ¿qué tipo de esfuerzo harías?

Puedes seleccionar una o varias respuestas de entre las siguientes:

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)

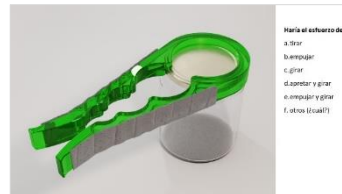
En este caso debes responder verbalmente al instructor.

Pulsa cualquier tecla para pasar a la siguiente imagen.



Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)



Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)



Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)



Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)



Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)



Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)



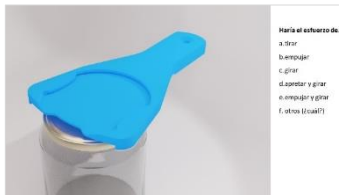
Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)



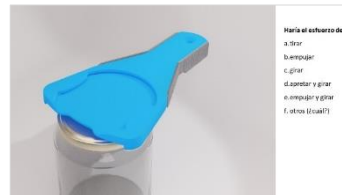
Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)



Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)



Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)



Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)



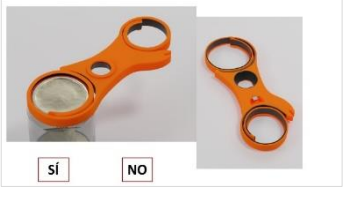
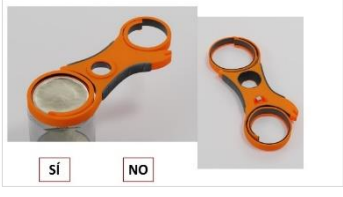
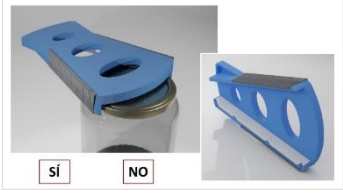
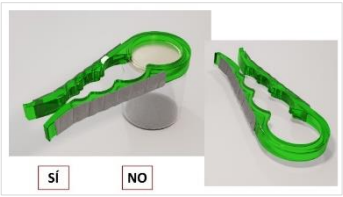
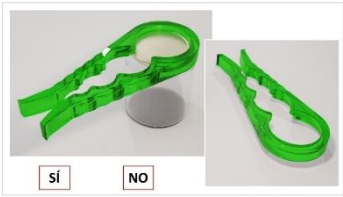
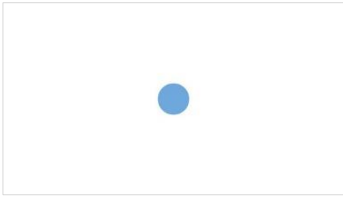
Haría el esfuerzo de...

- a. tirar
- b. empujar
- c. girar
- d. apretar y girar
- e. empujar y girar
- f. otros (¿cuál?)

PROYECTO A                      PROYECTO B

P5

Volverás a ver los mismos productos de antes.  
 Debes contestar haciendo **un solo clic** en SÍ o en NO a la pregunta ¿crees que el producto puede abrir diferentes tamaños de tarros?  
 Pulsa cualquier tecla para pasar a la siguiente imagen.



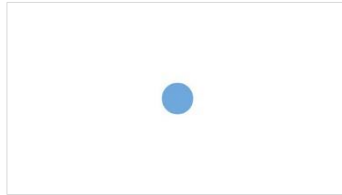


## P6

Observa de nuevo los abretarros y vota según se indica en cada caso. Si vas a preguntar cosas como:  
 Elige aquel que consideres:  
 - más bonito  
 - el segundo más bonito

Haz un solo clic sobre la imagen de aquel que consideres...

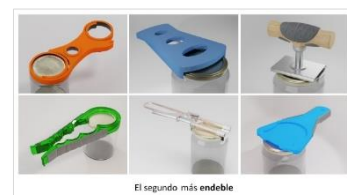
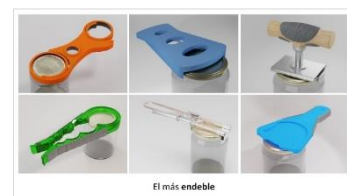
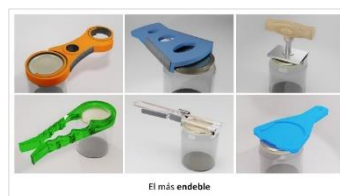
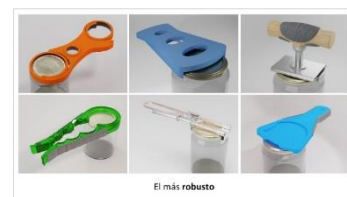
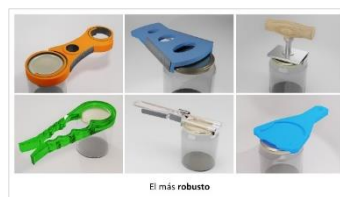
Pulsa cualquier tecla para pasar a la siguiente imagen.



## PROYECTO A

## PROYECTO B

## P6.1



## PROYECTO A

## PROYECTO B

## P6.2



## PROYECTO A

## PROYECTO B

P6.3



## PROYECTO A

## PROYECTO B

## P6.4



## PROYECTO A

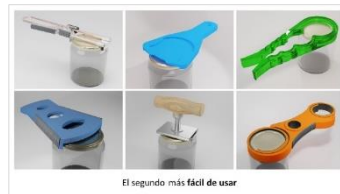
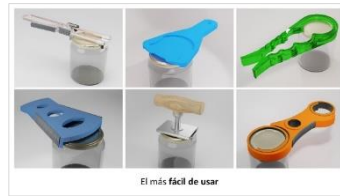
## PROYECTO B

P6.5



PROYECTO A	PROYECTO B
------------	------------

P6.6



Agradecimientos

Gracias por participar.

# Anexo IV

Este anexo incluye las hojas de control utilizadas en los experimentos y el consentimiento informado para los participantes.

# Hojas de control

## CHECKLIST (Experimento ET)

FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_ ID Sujeto: \_\_\_\_\_

1. Información al sujeto y firma de consentimiento

2. Recogida de datos característicos

Edad: \_\_\_\_\_ Género: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ Estatura: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

Ejercicio/Deporte: \_\_\_\_\_ ¿Cuál?: \_\_\_\_\_

Mano Dominante: \_\_\_\_\_

¿Tiene alguna patología de mano? \_\_\_\_\_

Algo adicional a reseñar: \_\_\_\_\_

3. Inicio programa Tobii

Crear nuevo sujeto: Nombre = ID Sujeto

4. Selección de Proyecto

Proyecto A

Proyecto B

5. Instrucciones de calibración y calibración

**Instructor:** "El primer paso es calibrar tu mirada en la pantalla del ordenador. Cuando veas el punto en la pantalla, sigue su movimiento con la mirada, sin mover la cabeza."

6. Lectura de instrucciones del experimento

Tras la lectura por parte del sujeto de las instrucciones del experimento, el instructor debe recordar que:

**Instructor:** "Recuerda que, antes de empezar cada serie, verás en el centro de la pantalla un punto azul. En ese instante no debes hacer clic con el ratón. Lo que debes hacer es mirar fijamente a ese punto durante 2 segundos y automáticamente el programa pasará a la siguiente diapositiva. Para el resto de diapositivas, sí debes hacer clic con el ratón. El clic te servirá para pasar a la siguiente diapositiva y también como indicador de respuesta para clicar en la zona de la que se pregunta previamente, según cada caso."

7. Preguntas INTUITIVO – REGISTRO ET (Checklist en página 2)

8. Preguntas USABILIDAD (P6)

El instructor debe verbalizar cada una de las valoraciones mostradas en pantalla.













El sujeto realiza la selección haciendo clic sobre el producto (recordar que, para pasar a la siguiente diapositiva el sujeto debe hacer clic con el ratón).

9. EVALUACIÓN ERGONÓMICA (Checklist en página 3)



## PREGUNTAS INTUITIVO – REGISTRO ET

P1. Lo usaría para abrir:

		A Corcho	B Rosca	C Chapa	D Tarros	E Lata anilla	F Lata tapa lisa	G Otra cosa
M1								
M2								
M3								
M4								
M5								
M6								
M7								
M8								
M9								
M10								
M11								
M12								

P2. Por dónde lo agarraría  
(Clic sobre la zona)P3. Dónde colocaría la tapa del tarro  
(Clic sobre la zona)

P4. Qué tipo de esfuerzo haría:

P5. Tamaños

		A Tirar	B Empujar	C Girar	D Apretar y girar	E Empujar y girar	F Otros	SÍ	NO
M1									
M2									
M3									
M4									
M5									
M6									

P6. Usabilidad  
(Clic sobre el modelo)







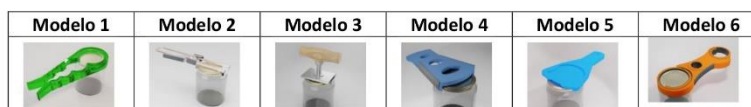
EVALUACIÓN ERGONÓMICA						
						
	1	2	3	4	5	6
NO APERTURA (marcar si no consigue realizar la apertura del tarro)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1. ¿Te lo imaginabas así? (Sí/No)	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No
2. ¿Conocías antes alguno de estos productos o similares? (Sí/No)	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No
3. ¿Utilizas productos similares en casa? ¿Por qué? (Razones de no uso) ¿Cómo es?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Primera selección aleatoria: ¿Por qué has elegido ese?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Segunda selección aleatoria: ¿Por qué has elegido ese?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ORDEN 1º: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 - <input type="checkbox"/> ORDEN 2º: 2 / 4 / 6 / 1 / 3 / 5 - <input type="checkbox"/> ORDEN 3º: 3 / 5 / 1 / 2 / 4 / 6 - <input type="checkbox"/> ORDEN 4º: 4 / 6 / 2 / 1 / 3 / 5						
6. Ordena los productos del más fácil (1º) al más difícil de usar (6º).						
7. Ordena los productos del que más fácil has entendido el funcionamiento (1º) al más difícil (6º).						
8. Ordena los productos del más seguro (1º) al más inseguro/menos seguro (6º).						
9. Ordena los productos del más robusto (1º) al más endeble/menos robusto (6º).						
10. Ordena los productos del más cómodo (1º) al más incómodo/menos cómodo (6º).						
11. Ordena los productos del que menos fuerza requiere (1º) al que más (6º).						
12. ¿Alguno se te ha resbalado de las manos o de la tapa? ¿Cuál? ¿Y algún otro? (N: Nada; P: Poco; M: Mucho)	N / P / M	N / P / M	N / P / M	N / P / M	N / P / M	N / P / M
13. ¿Alguno se te ha clavado al usarlo? ¿Cuál? ¿Y algún otro? (N: Nada; P: Poco; M: Mucho)	N / P / M	N / P / M	N / P / M	N / P / M	N / P / M	N / P / M
14. Valora la zona de agarre de cada producto, ¿te gustaría que fuera más ancha o más estrecha? (N: No; A: Más ancha; E: Más estrecha)	N / A / E	N / A / E	N / A / E	N / A / E	N / A / E	N / A / E
15. (Continua de la pregunta 14) ¿Te gustaría que fuera más larga o más corta? (N: No; L: Más larga; C: Más corta)	N / L / C	N / L / C	N / L / C	N / L / C	N / L / C	N / L / C
16. ¿Con alguno te has sentido decepcionado o frustrado al usarlo? (N: Nada; P: Poco; M: Mucho)	N / P / M	N / P / M	N / P / M	N / P / M	N / P / M	N / P / M
17. De todos los productos utilizados para abrir, ¿cuál consideras que es el mejor (M)?, ¿y el peor (P)?	M / P	M / P	M / P	M / P	M / P	M / P
18. ¿Qué mejorarías del producto elegido como mejor?						
19. Valoración global del producto: puntúa del 0 al 10 cada producto, siendo 0 la nota más baja, 5 el aprobado y 10 la mejor						
20. Información de precios: Si tuvieras que comprar alguno, ¿cuál te comprarías? ¿Y algún otro?	6,00€	6,25€	9,09€	14,35€	15,93€	8,30€
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura AIV. 1. Hojas de control del experimento para la recopilación de datos del sujeto, la anotación de la respuesta verbal durante el ET y las anotaciones de respuesta de la evaluación ergonómica.

**CHECKLIST EXPERIMENTO ET: Patrones de comportamiento**


1. He dudado a la hora de seleccionar el más robusto (Sí/No)
2. Entre qué modelos has dudado
3. He dudado a la hora de seleccionar el segundo más robusto (Sí/No)
4. Entre qué modelos has dudado
5. He dudado a la hora de seleccionar el más fácil de usar (Sí/No)
6. Entre qué modelos has dudado
7. He dudado a la hora de seleccionar el segundo más fácil de usar (Sí/No)
8. Entre qué modelos has dudado




S	1		2						3		4						5		6						7		8						
	SÍ	NO	1	2	3	4	5	6	SÍ	NO	1	2	3	4	5	6	SÍ	NO	1	2	3	4	5	6	SÍ	NO	1	2	3	4	5	6	
1																																	
2																																	
3																																	
4																																	
5																																	
6																																	
7																																	
8																																	
9																																	
10																																	
11																																	
12																																	
13																																	
14																																	
15																																	
16																																	
17																																	
18																																	
19																																	
20																																	
21																																	
22																																	
23																																	
24																																	
25																																	
26																																	
27																																	
28																																	
29																																	
30																																	
31																																	
32																																	
33																																	
34																																	
35																																	

Figura AIV. 2. Hoja de control para la recopilación de datos del experimento parcial del ET de las preguntas P6.1 y P6.6.

# Consentimiento informado



UNIVERSITAT JAUME I  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
GRUPO DE BIOMECÁNICA Y ERGONOMÍA



**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

---

Título del ensayo:

**“Estudio del uso intuitivo y la funcionalidad de productos para manipulación”**

Yo (nombre y apellidos): \_\_\_\_\_

- He leído la hoja de información que se me ha entregado.
- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.

He hablado con: \_\_\_\_\_

- Comprendo que mi participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo retirarme del estudio:
  1. Cuando quiera.
  2. Sin tener que dar explicaciones.
- Me comprometo a no decir nada del experimento a otras personas hasta que éste finalice.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Fecha y firma del participante \_\_\_\_\_ Fecha y firma del investigador \_\_\_\_\_

*Figura AIV. 3. Consentimiento informado para firmar el participante y el investigador previo al experimento.*

### INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE

Le proponemos la participación de manera voluntaria en el estudio de investigación "Estudio del uso intuitivo y la funcionalidad de productos para manipulación" que es parte del proyecto de investigación "EL DISEÑO INCLUSIVO EN PRODUCTOS PARA MANIPULACIÓN: ANÁLISIS DE LAS DEMANDAS BIOMECÁNICAS, AFECTIVAS Y COGNITIVAS". Dicho proyecto cuenta con el informe favorable de la Comisión Deontológica de la Universidad Jaume I.

#### PROPOSITO DEL PROYECTO:

En este proyecto se pretende desarrollar y aplicar metodologías específicas para el análisis de aspectos afectivos y cognitivos en el diseño de productos para manipulación, y combinarlos con el análisis biomecánico de la postura y fuerza, implementando como resultado final una metodología holística de evaluación que pueda servir a los diseñadores para crear productos más inclusivos, de fácil utilización y mejor aceptados por el usuario.

#### INVESTIGADOR PRINCIPAL:

Margarita Vergara Monedero. Tel. 964 728121 (vvergara@uji.es)

#### DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO:

El estudio se realizará en el despacho I10-2104-D3. La duración prevista de cada sesión será de 40 minutos, aproximadamente. Si usted estuviera de acuerdo en participar en el estudio, se le realizarán las pruebas marcadas con una X:

- Medida de la máxima fuerza que puede realizar con la mano en diferentes posturas que le serán indicadas, mediante un dinamómetro.
- Test para comprobar su destreza manual durante la manipulación de elementos pequeños (Block/block test, Purdue Pegboard test).
- Registro de la cinemática de la mano y muñeca durante la realización/simulación de AVD, mediante guante instrumentado y goniómetros.

- Análisis de la movilidad articular de la mano y muñeca, mediante guante instrumentado, y/o goniómetros durante la realización de movimientos que le irá indicando el operador.
- Test de capacidad visual/cognitiva según las instrucciones que le dé el operador.
- Registro de las presiones de contacto durante la utilización de productos de la vida diaria, mediante guante instrumentado Grip Versatek o iinger IHS.
- Registro del seguimiento de la mirada mientras visualiza diferentes objetos y responde a varias preguntas sobre ellos, mediante dispositivo de eye-tracker de pantalla.
- Registro de seguimiento de la mirada mediante gafas de eye-tracker mientras utiliza algunos objetos y realiza el test de capacidad visual/cognitiva según las instrucciones que le dé el operador.

El estudio será grabado en video para poder analizar con posterioridad las diferentes acciones realizadas.

#### CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS PARTICIPANTES:

Para participar en el estudio usted debe cumplir todo lo marcado con una X<sup>1</sup>:

- Tener más de 18 años.
- No haber sido intervenido quirúrgicamente de miembro superior y no padecer ni haber padecido patologías en las manos.
- No tener o estar operado de alguna lesión ocular (como cataratas).

#### BENEFICIOS DE LA PARTICIPACIÓN:

Los sujetos participantes no obtienen beneficios directos de su participación. Pero los resultados del estudio podrían derivarse en un beneficio para la sociedad. Además, por su participación en el estudio no se derivarán gastos adicionales. Todas las personas participantes tienen derecho, si lo solicitan, a ser informados sobre los resultados generales del estudio.

<sup>1</sup> En los casos en que se graba, los estudios de Eye-tracker en pantalla no será necesario grabar y los del espacio de funcionamiento tampoco. La finalidad también no tiene carácter de investigación científica sino que se trata de un tipo de productos que se utilizan o requieren de un usuario concreto de la mano para que se ajuste a los espacios de registro previstos.

#### RIESGOS DEL ESTUDIO:

El estudio no genera riesgos importantes conocidos. Si notara cansancio o dolor bastará con que lo indique y podrá descansar hasta que se sienta mejor o abandonar el ensayo.

#### CONFIDENCIALIDAD:

Los investigadores se comprometen a que todos los datos obtenidos del estudio serán utilizados únicamente con fines científicos. Se comunica la protección de su intimidad y la imposibilidad de identificación del participante en comunicaciones o publicaciones científicas que se deriven del análisis de los resultados del ensayo. Las fotografías o videos que se tomen durante la prueba, tendrán de enfocar únicamente las manos y brazos de los sujetos, con el fin de mantener el anonimato de los mismos. Estos pueden ser vistos posteriormente por personal de este grupo de investigación, o incluso por otros investigadores en distintos foros. En ningún caso se divulgarán imágenes que pudieran revelar su identidad.

#### FINANCIACIÓN Y CONFLICTO DE INTERESES<sup>2</sup>:

- Este trabajo de investigación está financiado por la Universidad Jaume I (preferencia en caso de ser aceptado), y no existe conflicto de intereses.
- Este trabajo de investigación forma parte la tesis doctoral de Vicent Bayarri y no está financiado por ningún organismo, y no existe conflicto de intereses.

Para obtener más información o en caso de urgencia diríjase a:

Margarita Vergara Monedero. Tel. 964 728121 (vvergara@uji.es)

Vicent Bayarri. Tel. 964 720167 (vbayarri@uji.es)

<sup>2</sup> Se indica la que corresponde.

#### PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES:

Me han informado que el Grupo de Investigación "Biomecánica y Ergonomía" de la Universidad Jaume I realizará el tratamiento de mis datos personales de acuerdo al Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) 2016/679.

Información básica sobre protección de datos	
Responsable del tratamiento	Universidad Jaume I - Grupo de Investigación "Biomecánica y Ergonomía"
Finalidad del tratamiento	Investigación científica. Evaluación de dispositivos de asistencia para analizar su usabilidad.
Legitimación	La legitimación se basa en el consentimiento según disposiciones artísticas L.O. 15/1999 y art. 6º RGPD y, adicionalmente, en el interés público establecido en el artículo 17 de la Ley Orgánica 3/2018, que el 25 de diciembre se observará con carácter de ley.
Destinatarios	No se venden datos a terceros partes salvo que sea obligación legal. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación, supresión y portabilidad, y de limitación o oposición al tratamiento dirigido a la Secretaría General de CUI mediante el Registro Electrónico (https://www.jcyl.es/registro-electronico/registro-electronico) o, personalmente, en la Oficina de Atención al Ciudadano (Atención al Ciudadano), situada en el Área Universitaria - locales 14-15.
Información adicional	Puede consultar la información adicional y actualizar sobre este tratamiento de datos a <a href="http://www.uji.es/protecciondatos/usuarios/25-08/1/">http://www.uji.es/protecciondatos/usuarios/25-08/1/</a>

¿Quién es el responsable del tratamiento de sus datos?  
 Identidad: Margarita Vergara Monedero  
 Universidad Jaume I  
 Escuela Superior de Tecnología | Oficina Coordinadora  
 Grupo de Investigación de Biomecánica y Ergonomía  
 Director actual: Avda de Vicent Sos Barón, s/n 12071 Castellón de la Plana  
 Teléfono: +34 964 728122  
 Correo electrónico: vvergara@uji.es  
 Delegado de Protección de Datos  
 Contacto: DPO@protecciondatos@uji.es

¿Con qué finalidad tratamos sus datos personales?  
 Investigación científica. Evaluación de dispositivos de asistencia para analizar su usabilidad.

¿Cuánto tiempo conservaremos sus datos?  
 Los datos almacenados solo se mantendrán en su base de datos de finalizar el proyecto.

¿Cuál es la legitimación para el tratamiento de sus datos?  
 La legitimación se basa en el consentimiento según disposiciones artísticas L.O. 15/1999 y art. 6º RGPD y, adicionalmente, en el interés público establecido en el artículo 17 de la Ley Orgánica 3/2018, que el 25 de diciembre se observará con carácter de ley.

¿A qué destinatarios se comunican sus datos?  
 No se venden datos a terceros partes salvo que sea obligación legal. Los datos agrupados formarán parte de informes públicos y otras comunicaciones que serán divulgados en que aparezca y requiera dicho uso.

¿Cuáles son sus derechos?  
 • Cuando se permite a tener derecho a obtener confirmación sobre si en la UJI estamos tratando datos personales que le conciernen, o no.  
 • Los personas interesadas tienen derecho a acceder a sus datos personales, así como a solicitar la

rectificación de los datos inexactos o, en su caso, solicitar la supresión, entre otros motivos, cuando los datos ya no sean necesarios para los fines para los que se recogieron.

- En determinadas circunstancias previstas en el artículo 18 del RGPD, los interesados pueden solicitar la limitación del tratamiento de sus datos. En tales casos, únicamente se conservarán los datos estrictamente necesarios para el cumplimiento de obligaciones legales.
- En virtud del derecho a la portabilidad, los interesados tienen derecho a obtener sus datos personales en un formato estructurado de uso común y lectura mecánica y transferirlos a otro responsable.
- En determinadas circunstancias previstas en el artículo 21 del RGPD, los interesados pueden solicitar la oposición al tratamiento, siempre que no haya motivos legítimos imperiosos para el tratamiento o para ejercer o defender reclamaciones.
- En caso de que el tratamiento esté legitimado por el consentimiento de la persona interesada, esta tiene el derecho a retirar dicho consentimiento en cualquier momento, sin que esto afecte a la legalidad del tratamiento previo a su retirada.

La persona firmada o, en el caso de menores de 14 años, los titulares de la patria potestad, pueden ejercer sus derechos ante la Secretaría General de la Universidad Jaume I en donde el Registro Electrónico (https://www.jcyl.es/registro-electronico/registro-electronico) o, personalmente, en la Oficina de Información y Registro (InfoCampa), situada en el Área Universitaria - Locales 14-15. Puede obtener información adicional sobre sus derechos y presentar una reclamación, si la considera oportuna, ante la Agencia Española de Protección de Datos.

Categoría de los datos personales:  
 Datos sensibles:  
 Datos no sensibles:  
 Datos biológicos:

Figura AIV. 4. Hojas de información al participante que debía leer previo a la firma del consentimiento informado.

# Anexo V

Este anexo presenta los resultados por pregunta de la evaluación ergonómica y experiencia de uso de los 6 modelos reales de DA para abrir tarros. Se añade al principio del Anexo una figura con las imágenes de los 6 modelos reales para facilitar la comprensión del análisis.

# Resultados de la evaluación ergonómica

Tabla AV. 1. Preguntas evaluación ergonómica y experiencia de uso.

Preguntas	
0	El participante no logra abrir el tarro con el dispositivo
1	¿Te lo imaginabas así?
2	¿Conocías antes alguno de estos productos o similares?
3	¿Utilizas productos similares en casa? ¿Por qué? ¿Cómo es?
4	Primera selección aleatoria: ¿Por qué has elegido ese?
5	Segunda selección aleatoria: ¿Por qué has elegido ese?
6	Ordena los productos del más fácil (1º) al más difícil de usar (6º)
7	Ordena los productos del que más fácil has entendido el funcionamiento (1º) al más difícil (6º)
8	Ordena los productos del más seguro (1º) al más inseguro/menos seguro (6º)
9	Ordena los productos del más robusto (1º) al más endeble/menos robusto (6º)
10	Ordena los productos del más cómodo (1º) al más incómodo/menos cómodo (6º)
11	Ordena los productos del que menos fuerza requiere (1º) al que más (6º)
12	¿Alguno se te ha resbalado de las manos o de la tapa? ¿Cuál? ¿Y algún otro?
13	¿Alguno se te ha clavado al usarlo? ¿Cuál? ¿Y algún otro?
14	Valora la zona de agarre de cada producto, ¿te gustaría que fuera más ancha o más estrecha?
15	(Zona de agarre) ¿Te gustaría que fuera más larga o más corta?
16	¿Con alguno te has sentido decepcionado o frustrado al usarlo?
17	De todos los productos utilizados para abrir, ¿cuál consideras que es el mejor?, ¿y el peor?
18	¿Qué mejorarías del producto elegido como mejor?
19	Valoración global del producto: puntúa del 0 al 10 cada producto, siendo 0 la nota más baja, 5 el aprobado y 10 la mejor
20	Si tuvieras que comprar alguno, ¿cuál te comprarías? ¿Y algún otro? (Mostrando la tabla de precios de cada modelo)

## MODELOS



Figura AV. 1. Imágenes de los 6 modelos reales.

Tabla AV. 2. Porcentaje de sujetos que sí abrieron el tarro con cada modelo.

Modelos					
1	2	3	4	5	6
100	96.67	95	95	90	100

Tabla AV. 3. Resultados de la pregunta 1: '¿Te lo imaginabas así?'. La tabla muestra el porcentaje de sujetos que sí imaginaban igual el modelo renderizado con el real.

Modelos					
1	2	3	4	5	6
35	45	38.33	50	33.33	40

Tabla AV. 4. Resultados de la pregunta 2 y 3: '¿Conocías antes alguno de estos productos o similares?, ¿Utilizas productos similares en casa? ¿Por qué? ¿Cómo es?'. La tabla muestra el porcentaje de sujetos que conocían el producto y lo usaban o no.

	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
SÍ lo conoce NO lo usa	45	5	5	16.67	11.67	8.33
SÍ lo conoce SÍ lo usa	5	0	0	16.67	3.33	1.67

Tabla AV. 5. Resultados en porcentajes de la pregunta 4: 'Primera selección aleatoria: ¿Por qué has elegido ese?'. La tabla muestra el porcentaje de modelos seleccionados (% por fila), y el listado de motivos de selección y el porcentaje de veces que ha sido utilizado dicho motivo (% por columna).

	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
Primera selección	26.7	11.7	25	18.3	0	18.3
Parece el más intuitivo	56.25	0	0	9.09	0	9.09
Tiene curiosidad por su forma y funcionamiento	12.50	100	60	9.09	0	81.82
Lo conoce y/o usa	0	0	0	45.45	0	0
Considera que es cómodo de agarrar	12.50	0	0	9.09	0	9.09
Por preferencias estéticas	12.50	0	20	9.09	0	0
Por el orden que se mostraban en la mesa	6.25	0	20	18.18	0	0



Tabla AV. 6. Resultados en porcentajes de la pregunta 5: 'Segunda selección aleatoria: ¿Por qué has elegido ese?'. La tabla muestra el porcentaje de modelos seleccionados (% por fila), y el listado de motivos de selección y el porcentaje de veces que ha sido utilizado dicho motivo (% por columna).

	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
Segunda selección	20	20	11.7	20	11.7	16.7
Parece el más intuitivo	50	0	0	33.33	0	20
Tiene curiosidad por su forma y funcionamiento	16.67	91.67	57.14	0	71.43	60
Lo conoce y/o usa	8.33	0	14.29	16.67	0	0
Considera que es cómodo de agarrar	0	0	14.29	0	0	0
Por preferencias estéticas	16.67	8.33	0	8.33	0	20
Por el orden que se mostraban en la mesa	8.33	0	14.29	41.67	28.57	0

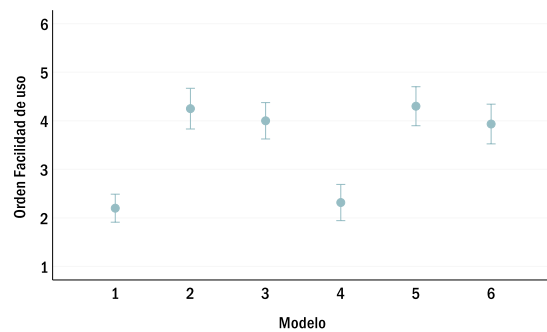


Figura AV. 2. Resultados de la pregunta 6: 'Ordena los productos del más fácil (1°) al más difícil de usar (6°)'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias de la puntuación de 'Facilidad de uso'.

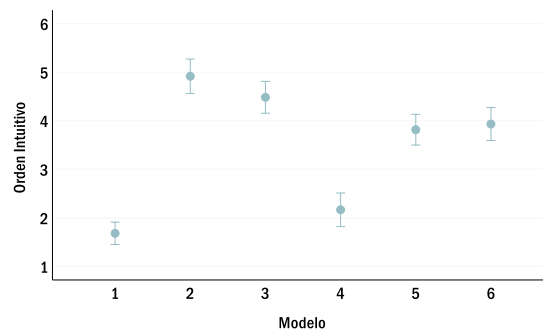
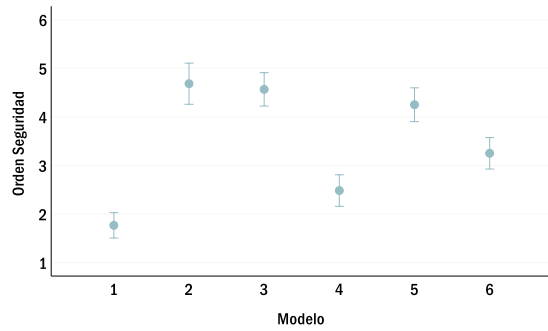
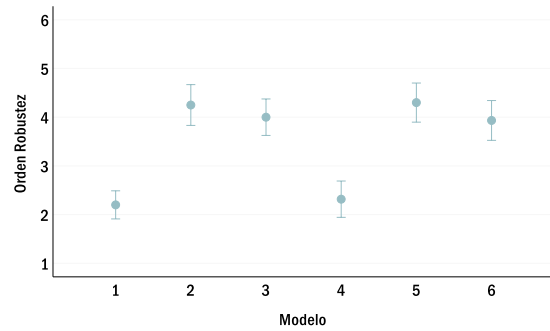


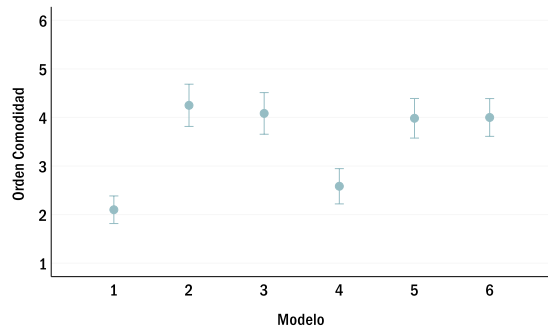
Figura AV. 3. Resultados de la pregunta 7: 'Ordena los productos del que más fácil has entendido el funcionamiento (1°) al más difícil (6°)'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias de la puntuación del uso intuitivo.



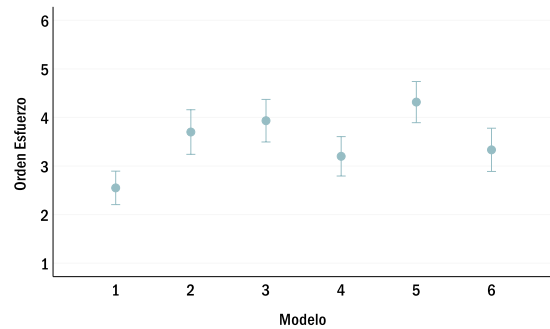
*Figura AV. 4. Resultados de la pregunta 8: 'Ordena los productos del más seguro (1°) al más inseguro/menos seguro (6°)'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias de la puntuación de la seguridad.*



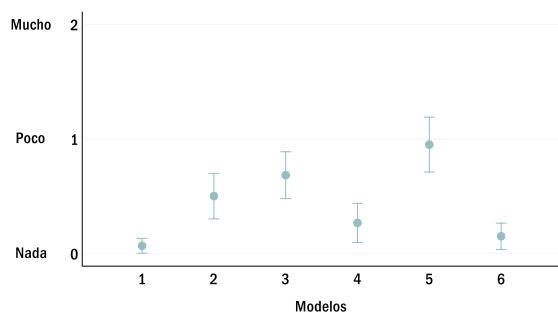
*Figura AV. 5. Resultados de la pregunta 9: 'Ordena los productos del más robusto (1°) al más endeble/menos robusto (6°)'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias la puntuación de 'Robustez'.*



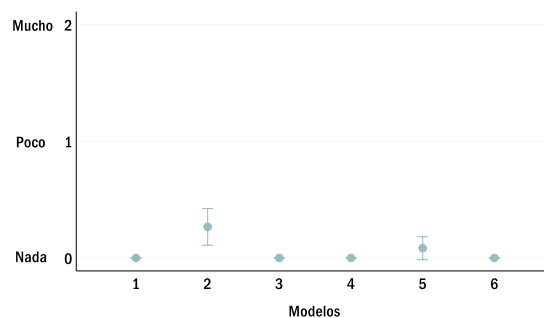
*Figura AV. 6. Resultados de la pregunta 10: 'Ordena los productos del más cómodo (1°) al más incómodo/menos cómodo (6°)'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias de la puntuación de 'Comodidad'.*



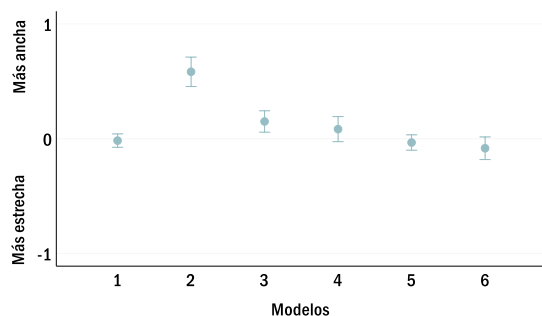
*Figura AV. 7. Resultados de la pregunta 11: 'Ordena los productos del que menos fuerza requiere (1°) al que más (6°)'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias de la puntuación de 'Esfuerzo'.*



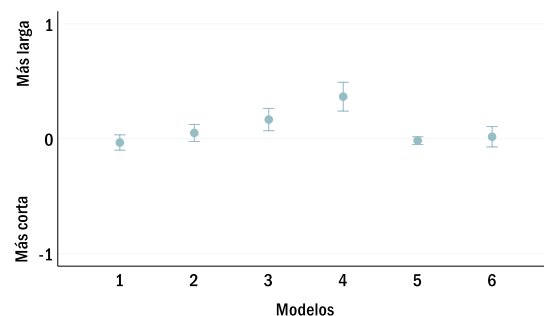
*Figura AV. 8. Resultados de la pregunta 12: '¿Alguno se te ha resbalado de las manos o de la tapa?'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias de la valoración de la adherencia sobre la tapa, considerando que el modelo resbala mucho (2), poco (1), o nada (0).*



*Figura AV. 9. Resultados de la pregunta 13: '¿Alguno se te ha clavado al usarlo?'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias de la valoración de si el producto se ha quedado clavado sobre el tarro, considerando respuestas de mucho (2), poco (1), o nada (0).*



*Figura AV. 10. Resultados de la pregunta 14: 'Valora la zona de agarre de cada producto, ¿te gustaría que fuera más ancha o más estrecha?'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias la valoración de la zona de agarre, considerando que debería ser más ancha (1), o más estrecha (-1).*



*Figura AV. 11. Resultados de la pregunta 15: 'Valora la zona de agarre de cada producto, ¿te gustaría que fuera más larga o más corta?'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias la valoración de la zona de agarre, considerando que debería ser más larga (1), o más corta (-1).*

Tabla AV. 7. Resultados de la pregunta 16: '¿Con alguno te has sentido decepcionado o frustrado al usarlo?'. Porcentaje de resultados del nivel de decepción del uso del modelo.

Nivel de decepción	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
Nada	93.33	68.33	71.67	93.33	75	76.67
Poco	6.67	16.67	15	0	10	16.67
Mucho	0	15	13.33	6.67	15	6.67

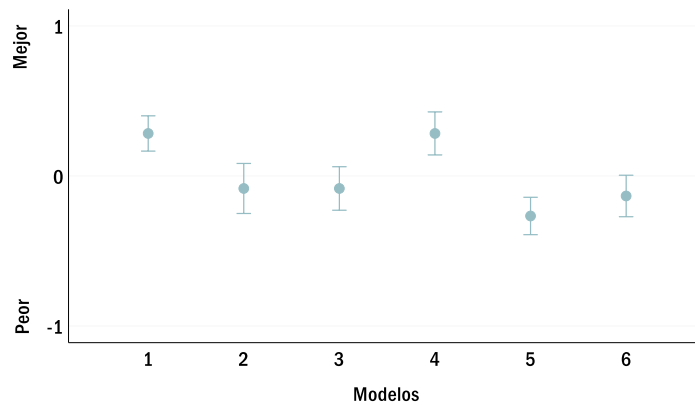
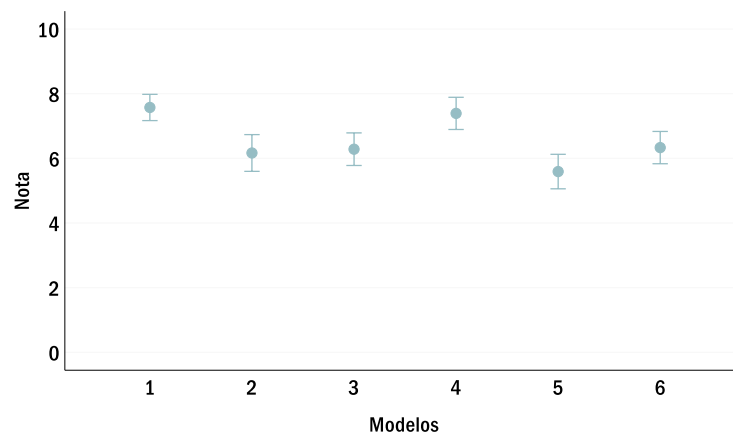


Figura AV. 12. Resultados de la pregunta 17: 'De todos los productos utilizados para abrir, ¿cuál consideras que es el mejor?, ¿y el peor?'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias de la puntuación del mejor (1) y el peor (-1) modelo.

Tabla AV. 8. Resultados en porcentajes de la pregunta 18: '¿Qué mejorarías del producto elegido como mejor?'. La tabla muestra el listado de motivos y el porcentaje de veces que ha sido utilizado dicho motivo (% por columna).

	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
Nada	32.29	30	28.57	20	100	20
El tamaño, que fuera más pequeño	0	0	0	0	0	40
Añadir goma para mejorar la adherencia con la tapa	0	0	14.29	10	0	0
Añadir goma en la zona de agarre	11.76	10	0	20	0	20
Añadir un mango en la zona de agarre	0	0	0	5	0	0
Que la zona de agarre sea más ancha	11.76	40	28.57	5	0	20
Que la zona de agarre sea más larga	0	0	14.29	15	0	0
Que sea ajustable a diferentes tamaños de tarro	17.65	0	0	15	0	0
Que sea más fácil de ajustar a la tapa	11.76	10	0	0	0	0
Mejoras estéticas	11.76	10	14.29	0	0	0
Añadir más funciones	0	0	0	10	0	0



*Figura AV. 13. Resultados de la pregunta 19: 'Valoración global del producto: puntúa del 0 al 10 cada producto, siendo 0 la nota más baja, 5 el aprobado y 10 la mejor'. Intervalos de confianza (95 %) para las medias de la puntuación.*

*Tabla AV. 9. Resultados de la pregunta 20: 'Si tuvieras que comprar alguno, ¿cuál te comprarías?'. La tabla muestra el porcentaje de sujetos que sí comprarían el modelo.*

Modelos					
1	2	3	4	5	6
51.67	30	21.67	28.33	6.67	25

# Anexo VI

Este anexo muestra resultados descriptivos de las métricas del ET: AAoS, TAoS, TtFF, DoFF, TDoF, TDoV, NoF y NoV para cada pregunta y modelo. El color oscuro de los degradados de color en las tablas representa el valor mayor. En cada tabla se especifica si los degradados de menor a mayor se corresponden a los valores por cada métrica o por la tabla completa.

# Análisis I: Estadísticos descriptivos

## P1: ¿Para qué lo usarías?

Tabla AVI. 1. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AAoS y TAoS. Degradado de color por métrica.

Métrica	Modelos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AAoS	5.85 (1.28)	5.57 (0.97)	5.97 (1.27)	6.37 (1.38)	6.65 (1.43)	6.02 (1.27)	6.27 (1.25)	6.21 (1.37)	5.65 (1.44)	6.11 (1.15)	6.21 (1.39)	6.28 (1.19)
TAoS	267.75 (142.29)	365.89 (232.83)	295.31 (173.08)	305.60 (188.45)	327.55 (186.55)	297.69 (203.45)	246.38 (134.23)	290.18 (205.34)	223.41 (169.11)	290.02 (157.64)	311.07 (204.24)	312.97 (226.21)

Tabla AVI. 2. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AoI Modelo. Degradado de color por métrica.

AoI MODELO												
Métrica	Modelos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TtFF	0.19 (0.23)	0.21 (0.42)	0.31 (0.50)	0.12 (0.20)	0.33 (0.60)	0.16 (0.39)	0.34 (0.41)	0.34 (0.88)	0.28 (0.47)	0.46 (0.49)	0.24 (0.28)	0.28 (0.26)
DoFF	0.24 (0.11)	0.23 (0.12)	0.19 (0.10)	0.22 (0.10)	0.19 (0.08)	0.22 (0.11)	0.19 (0.10)	0.21 (0.09)	0.22 (0.13)	0.18 (0.07)	0.20 (0.10)	0.23 (0.14)
TDoF	6.73 (4.34)	12.96 (7.92)	9.72 (6.50)	8.49 (5.76)	8.28 (5.33)	7.82 (5.87)	5.65 (3.99)	9.23 (8.03)	8.45 (7.42)	5.43 (4.01)	8.66 (6.35)	6.09 (5.62)
TDoV	8.44 (5.10)	16.77 (9.80)	12.77 (8.50)	11.16 (6.97)	11.28 (7.31)	10.07 (7.29)	7.38 (6.14)	12.10 (10.82)	10.83 (9.80)	6.62 (4.84)	11.46 (8.41)	7.48 (6.83)
NoF	31.78 (16.05)	60.43 (34.15)	47.02 (30.83)	41.72 (26.10)	41.83 (26.25)	37.58 (25.01)	27.12 (15.62)	44.52 (38.66)	40.30 (35.65)	27.30 (17.72)	41.38 (27.75)	28.43 (23.63)
NoV	6.63 (3.06)	8.37 (4.95)	6.72 (3.17)	7.27 (4.86)	7.52 (4.14)	7.38 (4.25)	7.35 (3.67)	7.28 (5.07)	6.47 (4.49)	9.55 (4.95)	9.38 (5.23)	10.40 (5.87)

Tabla AVI. 3. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TtFF para la P1.  
Degradado de color por tabla.

TtFF	Modelos											
Aol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Agarre	0.31 (0.43)	0.43 (0.53)	1.26 (3.22)	0.56 (0.53)	0.70 (1.19)	0.48 (1.36)	2.92 (3.31)	0.72 (1.39)	1.39 (1.83)	1.16 (1.40)	1.72 (2.99)	0.75 (1.08)
Colocación sobre Tapa	0.31 (0.24)	1.08 (0.83)	0.57 (0.58)	0.36 (0.83)	0.91 (1.20)	0.58 (0.99)						
Ajuste sobre Tapa		0.44 (0.95)	3.27 (3.53)									
Engranaje / Mecanismo			1.00 (0.93)									
Abre Botellas	3.75 (5.59)					1.24 (2.00)	0.55 (0.53)					0.41 (0.39)
Abre Chapas						4.65 (5.06)	4.95 (5.33)	6.30 (8.28)		2.76 (2.84)		5.59 (5.19)
Abre Corchos									1.48 (1.34)	2.50 (3.26)		
Abre Latas						6.41 (6.15)		1.13 (1.01)				
Cuchilla										4.36 (3.80)		
Soporte para Plato											0.37 (0.27)	
Antideslizante Plato											1.33 (1.19)	



Tabla AVI. 4. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica DoFF para la P1. Degradado de color por tabla.

DoFF	Modelos											
Aol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Agarre	0.23 (0.11)	0.21 (0.11)	0.19 (0.09)	0.18 (0.09)	0.20 (0.08)	0.23 (0.12)	0.17 (0.07)	0.22 (0.09)	0.17 (0.10)	0.17 (0.09)	0.18 (0.09)	0.18 (0.11)
Colocación sobre Tapa	0.22 (0.11)	0.20 (0.09)	0.18 (0.09)	0.21 (0.10)	0.19 (0.09)	0.20 (0.10)						
Ajuste sobre Tapa		0.24 (0.12)	0.21 (0.11)									
Engranaje / Mecanismo			0.20 (0.10)									
Abre Botellas	0.23 (0.12)					0.20 (0.10)	0.20 (0.11)					0.22 (0.15)
Abre Chapas						0.24 (0.18)	0.19 (0.10)	0.29 (0.21)		0.21 (0.09)		0.20 (0.15)
Abre Corchos									0.21 (0.13)	0.19 (0.07)		
Abre Latas						0.23 (0.16)		0.22 (0.10)				
Cuchilla										0.23 (0.12)		
Soporte para Plato											0.20 (0.09)	
Antideslizante Plato											0.23 (0.13)	

Tabla AVI. 5. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TDoF para la P1. Degradado de color por tabla.

TDoF	Modelos											
Aol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Agarre	4.61 (3.16)	5.61 (3.30)	1.44 (1.22)	2.86 (2.37)	3.07 (1.97)	4.22 (3.75)	1.25 (1.38)	3.23 (3.46)	2.25 (2.46)	1.90 (1.62)	1.56 (1.24)	3.81 (3.82)
Colocación sobre Tapa	4.66 (3.07)	5.88 (4.29)	8.30 (5.80)	5.61 (3.55)	4.58 (3.19)	3.99 (2.86)						
Ajuste sobre Tapa		9.00 (6.14)	2.05 (1.92)									
Engranaje / Mecanismo			4.30 (2.98)									
Abre Botellas	1.15 (0.91)					2.10 (1.84)	3.55 (2.29)					3.47 (2.62)
Abre Chapas						1.18 (1.68)	0.94 (1.62)	1.36 (1.96)		1.78 (1.59)		1.25 (1.57)
Abre Corchos									2.82 (2.77)	1.09 (1.17)		
Abre Latas						0.61 (0.91)		3.94 (3.73)				
Cuchilla										1.05 (1.33)		
Soporte para Plato											7.16 (5.28)	
Antideslizante Plato											3.16 (2.69)	

Tabla AVI. 6. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TDoV para la P1.  
Degradado de color por tabla.

TDoV	Modelos											
Aol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Agarre	5.39 (3.58)	6.49 (3.71)	1.55 (1.36)	3.23 (2.70)	3.44 (2.18)	5.01 (4.50)	1.40 (1.55)	3.70 (4.05)	2.49 (2.79)	2.15 (1.87)	1.72 (1.37)	4.61 (4.70)
Colocación sobre Tapa	5.65 (3.59)	6.80 (5.07)	10.67 (7.56)	6.92 (4.10)	5.66 (4.08)	4.84 (3.46)						
Ajuste sobre Tapa		10.62 (7.08)	2.26 (2.28)									
Engranaje / Mecanismo			5.06 (3.45)									
Abre Botellas	1.20 (0.98)					2.34 (2.10)	4.47 (3.96)					3.91 (2.88)
Abre Chapas						1.22 (1.72)	1.00 (1.71)	1.44 (2.08)		1.99 (1.81)		1.40 (1.77)
Abre Corchos									3.21 (3.37)	1.17 (1.30)		
Abre Latas						0.67 (1.14)		4.70 (4.86)				
Cuchilla										1.09 (1.42)		
Soporte para Plato											9.10 (6.77)	
Antideslizante Plato											3.53 (3.06)	

Tabla AVI. 7. Valores en número de la media y (SD) de los datos de la métrica NoF para la P1.  
Degradado de color por tabla.

NoF	Modelos											
Aol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Agarre	21.33 (10.93)	26.83 (13.77)	7.20 (5.76)	14.55 (11.06)	14.92 (9.13)	19.00 (14.23)	6.33 (5.56)	14.82 (14.20)	11.43 (11.61)	10.07 (7.38)	8.38 (5.96)	18.93 (17.40)
Colocación sobre Tapa	22.37 (11.65)	26.93 (18.96)	39.88 (27.23)	27.82 (16.20)	22.93 (16.06)	20.63 (13.94)						
Ajuste sobre Tapa		40.28 (25.35)	9.33 (8.54)									
Engranaje / Mecanismo			20.10 (13.27)									
Abre Botellas	5.27 (3.68)					9.80 (8.09)	17.30 (9.83)					15.75 (10.51)
Abre Chapas						4.10 (4.24)	3.88 (5.29)	4.85 (6.59)		9.05 (7.44)		5.55 (6.13)
Abre Corchos									13.23 (13.30)	5.55 (4.62)		
Abre Latas						2.62 (4.06)		18.87 (19.32)				
Cuchilla										4.48 (5.24)		
Soporte para Plato											33.50 (23.13)	
Antideslizante Plato											13.90 (11.53)	

Tabla AVI. 8. Valores en número de la media y (SD) de los datos de la métrica NoV para la P1.  
Degradado de color por tabla.

NoV	Modelos											
Aol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Agarre	8.62 (3.35)	11.57 (5.69)	5.08 (3.32)	8.12 (5.28)	8.10 (4.73)	8.67 (5.42)	4.02 (2.91)	6.93 (4.62)	7.52 (6.46)	6.48 (3.94)	5.32 (3.27)	9.00 (5.88)
Colocación sobre Tapa	8.73 (4.31)	11.23 (6.02)	7.85 (3.59)	10.80 (6.36)	10.27 (6.04)	9.00 (5.54)						
Ajuste sobre Tapa		14.80 (7.77)	5.97 (3.98)									
Engranaje / Mecanismo			8.27 (4.74)									
Abre Botellas	4.08 (2.68)					6.15 (4.44)	7.48 (3.81)					8.42 (5.33)
Abre Chapas						3.13 (3.14)	2.67 (3.02)	3.08 (3.64)		5.07 (3.54)		3.27 (3.07)
Abre Corchos									6.73 (5.78)	4.15 (2.83)		
Abre Latas						1.80 (2.43)		7.62 (5.56)				
Cuchilla										3.05 (2.74)		
Soporte para Plato											10.37 (5.99)	
Antideslizante Plato											8.95 (6.62)	

## P2: ¿Por dónde lo agarrarías?

Tabla AVI. 9. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AAoS y TAoS. Degradado de color por métrica.

Métrica	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
AAoS	5.48 (1.90)	5.20 (1.22)	6.58 (3.07)	6.05 (1.91)	5.30 (1.53)	5.07 (1.55)
TAoS	54.09 (39.15)	87.50 (49.53)	35.49 (19.67)	76.64 (56.04)	54.63 (54.62)	69.28 (62.76)

Tabla AVI. 10. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AoI Modelo. Degradado de color por métrica.

Métrica	Modelos											
	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
TtFF	0.08 (0.13)	0.20 (0.20)	0.29 (0.31)	0.38 (0.96)	0.19 (0.16)	0.19 (0.20)	0.17 (0.19)	0.13 (0.16)	0.34 (0.16)	0.29 (0.30)	0.07 (0.14)	0.10 (0.18)
DoFF	0.19 (0.13)	0.20 (0.09)	0.23 (0.12)	0.20 (0.10)	0.18 (0.10)	0.20 (0.08)	0.22 (0.09)	0.24 (0.15)	0.23 (0.09)	0.19 (0.09)	0.20 (0.16)	0.21 (0.15)
TDoF	3.25 (1.58)	2.81 (1.63)	5.49 (3.61)	4.20 (2.38)	1.56 (0.66)	1.65 (0.80)	4.87 (3.47)	3.45 (1.69)	3.40 (2.63)	2.73 (3.36)	4.45 (3.20)	3.61 (2.84)
TDoV	4.22 (2.49)	3.58 (2.16)	6.70 (4.25)	5.41 (2.85)	1.97 (0.70)	1.99 (1.00)	6.41 (4.29)	4.46 (2.56)	4.02 (3.04)	3.39 (4.81)	5.69 (3.86)	4.51 (3.53)
NoF	13.93 (7.77)	11.34 (5.40)	23.45 (11.89)	18.50 (10.84)	6.81 (2.75)	7.40 (3.30)	20.72 (12.69)	14.68 (8.82)	13.54 (9.93)	10.66 (13.24)	19.40 (12.46)	14.61 (9.86)
NoV	1.71 (1.05)	1.69 (1.11)	2.52 (1.48)	1.73 (1.08)	1.44 (0.70)	1.37 (0.49)	1.68 (1.11)	1.73 (0.94)	2.04 (1.35)	1.83 (1.58)	1.57 (0.73)	1.54 (0.92)

Tabla AVI. 11. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TtFF para la P2.  
Degradado de color por tabla.

TtFF	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	0.25 (0.26)	0.42 (0.40)	0.45 (0.52)	0.45 (0.97)	0.86 (0.48)	0.65 (0.46)	0.35 (0.27)	0.30 (0.24)	0.75 (0.50)	0.51 (0.56)	0.32 (0.53)	0.29 (0.44)
Goma		0.95 (0.68)		1.11 (1.30)		0.76 (0.42)		1.35 (1.00)		0.97 (0.82)		0.93 (0.98)

Tabla AVI. 12. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica DoFF para la P2.  
Degradado de color por tabla.

DoFF	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	0.22 (0.19)	0.22 (0.13)	0.25 (0.11)	0.22 (0.13)	0.21 (0.15)	0.23 (0.15)	0.22 (0.11)	0.21 (0.13)	0.24 (0.13)	0.21 (0.08)	0.23 (0.14)	0.22 (0.13)
Goma		0.27 (0.19)		0.23 (0.14)		0.24 (0.17)		0.25 (0.20)		0.30 (0.23)		0.23 (0.15)

Tabla AVI. 13. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TDoF para la P2.  
Degradado de color por tabla.

TDoF	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	2.33 (1.31)	2.23 (1.46)	3.55 (2.09)	3.41 (1.74)	1.05 (0.53)	1.18 (0.68)	3.33 (3.18)	2.56 (1.32)	2.14 (1.78)	2.04 (2.32)	2.92 (1.67)	2.86 (2.61)
Goma		1.05 (1.01)		1.03 (0.84)		1.09 (0.60)		1.07 (0.85)		0.82 (1.09)		1.25 (1.99)

Tabla AVI. 14. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TDoV para la P2. Degradado de color por tabla.

TDoV	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	2.82 (1.90)	2.64 (1.71)	4.11 (2.37)	4.25 (1.97)	1.22 (0.55)	1.29 (0.75)	3.91 (3.59)	3.06 (1.73)	2.38 (1.94)	2.32 (2.73)	3.37 (1.88)	3.36 (3.09)
Goma		1.12 (1.05)		1.10 (0.90)		1.16 (0.65)		1.19 (0.98)		0.86 (1.20)		1.35 (2.18)

Tabla AVI. 15. Valores en número de la media y (SD) de los datos de la métrica NoF para la P2. Degradado de color por tabla.

NoF	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	9.39 (5.47)	8.55 (4.59)	15.00 (7.33)	14.43 (6.94)	4.00 (2.00)	4.60 (2.72)	12.72 (9.38)	10.50 (5.91)	7.32 (4.91)	7.14 (8.51)	11.87 (6.07)	11.07 (8.31)
Goma		4.00 (2.78)		4.23 (3.00)		4.03 (2.33)		4.23 (3.61)		2.45 (3.59)		4.18 (4.64)

Tabla AVI. 16. Valores en número de la media y (SD) de los datos de la métrica NoV para la P2. Degradado de color por tabla.

NoV	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	3.43 (2.30)	2.59 (1.05)	4.62 (2.09)	3.43 (1.68)	1.37 (0.56)	1.70 (0.92)	4.20 (2.69)	3.41 (2.17)	2.93 (1.74)	2.76 (3.20)	3.93 (2.26)	2.64 (1.54)
Goma		2.38 (1.27)		2.43 (1.57)		1.60 (0.77)		2.45 (2.06)		1.83 (2.56)		2.14 (2.19)



### P3: ¿Qué zona del abre tarros se debe colocar sobre la tapa del tarro?

Tabla AVI. 17. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AAoS y TAoS. Degradado de color por métrica.

Métrica	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
AAoS	5.55 (2.39)	5.79 (1.87)	6.16 (2.56)	6.70 (2.55)	7.25 (2.18)	6.56 (2.60)
TAoS	41.93 (29.86)	66.57 (41.93)	61.01 (45.95)	68.57 (58.52)	85.67 (67.43)	54.81 (43.43)

Tabla AVI. 18. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AoI Modelo. Degradado de color por métrica.

AoI MODELO												
Métrica	Modelos											
	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
TtFF	0.36 (0.36)	0.36 (0.28)	0.52 (0.46)	0.48 (0.38)	0.48 (0.28)	0.66 (0.57)	0.46 (0.29)	0.48 (0.29)	0.53 (0.73)	0.38 (0.24)	0.53 (0.48)	0.58 (0.61)
DoFF	0.17 (0.11)	0.18 (0.09)	0.18 (0.09)	0.18 (0.08)	0.20 (0.10)	0.20 (0.12)	0.18 (0.08)	0.19 (0.09)	0.16 (0.11)	0.18 (0.07)	0.20 (0.14)	0.23 (0.22)
TDoF	1.80 (0.95)	2.03 (1.36)	3.01 (1.70)	3.29 (1.48)	3.01 (2.74)	2.23 (1.30)	2.67 (2.00)	3.25 (2.94)	2.58 (2.32)	3.37 (3.27)	1.96 (1.31)	2.13 (1.05)
TDoV	2.26 (1.29)	2.51 (1.74)	3.69 (1.94)	4.16 (2.08)	3.66 (3.22)	2.91 (1.87)	3.28 (2.26)	4.00 (3.56)	3.28 (3.26)	4.36 (4.36)	2.44 (1.61)	2.63 (1.23)
NoF	8.36 (5.14)	8.62 (5.77)	11.93 (6.00)	13.30 (6.45)	11.37 (8.72)	10.27 (6.45)	10.20 (6.79)	13.36 (11.47)	12.11 (12.56)	15.93 (16.29)	8.60 (5.74)	9.54 (4.73)
NoV	1.86 (1.08)	2.03 (1.18)	2.14 (1.22)	2.53 (1.20)	2.07 (1.30)	2.03 (1.45)	2.20 (1.71)	2.14 (0.94)	2.39 (1.42)	2.00 (1.00)	1.60 (0.77)	2.18 (1.09)

Tabla AVI. 19. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TtFF para la P3.  
Degradado de color por tabla.

TtFF	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	0.97 (1.15)	0.61 (0.70)	0.61 (0.59)	0.52 (0.43)	1.00 (0.32)	1.15 (1.25)	0.89 (0.91)	0.87 (0.68)	1.61 (1.44)	2.29 (2.34)	0.76 (0.65)	0.92 (0.99)
Goma		0.89 (0.98)		1.57 (1.01)		1.07 (1.12)		1.58 (0.84)		2.78 (2.83)		1.50 (1.35)
Colocación sobre Tapa	0.61 (0.35)	0.89 (0.86)	1.00 (0.54)	1.20 (0.74)	0.52 (0.33)	0.87 (0.65)	0.75 (0.52)	0.74 (0.39)	0.64 (0.72)	0.49 (0.34)	0.91 (0.57)	1.13 (1.11)
Tarro	0.18 (0.27)	0.16 (0.41)	0.24 (0.40)	0.22 (0.31)	0.25 (0.33)	0.32 (0.73)	0.21 (0.49)	0.36 (0.77)	0.21 (0.32)	0.42 (1.37)	0.21 (0.37)	0.49 (0.80)
Tapa Tarro	0.72 (0.55)	1.13 (1.23)	1.45 (1.83)	1.58 (1.31)	0.73 (0.60)	1.12 (1.86)	1.01 (0.89)	1.35 (1.53)	2.05 (2.27)	2.06 (2.75)	1.08 (0.83)	1.54 (1.01)

Tabla AVI. 20. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica DoFF para la P3.  
Degradado de color por tabla.

DoFF	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	0.12 (0.07)	0.17 (0.06)	0.17 (0.08)	0.18 (0.07)	0.18 (0.10)	0.17 (0.09)	0.18 (0.08)	0.20 (0.10)	0.17 (0.07)	0.16 (0.08)	0.19 (0.13)	0.16 (0.10)
Goma		0.20 (0.11)		0.21 (0.12)		0.17 (0.10)		0.19 (0.10)		0.20 (0.09)		0.16 (0.08)
Colocación sobre Tapa	0.19 (0.12)	0.23 (0.13)	0.22 (0.08)	0.19 (0.09)	0.21 (0.11)	0.20 (0.12)	0.18 (0.11)	0.19 (0.09)	0.19 (0.11)	0.18 (0.07)	0.19 (0.14)	0.26 (0.24)
Tarro	0.23 (0.10)	0.18 (0.12)	0.20 (0.10)	0.20 (0.12)	0.20 (0.10)	0.24 (0.11)	0.22 (0.11)	0.22 (0.11)	0.18 (0.08)	0.23 (0.13)	0.22 (0.12)	0.20 (0.12)
Tapa Tarro	0.20 (0.11)	0.18 (0.12)	0.23 (0.09)	0.16 (0.08)	0.18 (0.12)	0.25 (0.13)	0.21 (0.11)	0.25 (0.06)	0.20 (0.07)	0.20 (0.11)	0.24 (0.16)	0.20 (0.10)

Tabla AVI. 21. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TDoF para la P3.  
Degradado de color por tabla.

TDoF	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	0.25 (0.32)	0.56 (0.71)	0.76 (0.69)	1.29 (0.88)	0.09 (0.20)	0.16 (0.19)	0.98 (0.76)	1.49 (2.16)	0.13 (0.19)	0.20 (0.36)	0.52 (1.01)	0.51 (0.44)
Goma		0.09 (0.12)		0.18 (0.26)		0.12 (0.18)		0.62 (1.26)		0.21 (0.31)		0.12 (0.16)
Colocación sobre Tapa	1.32 (0.77)	1.06 (0.67)	2.24 (1.39)	2.00 (1.35)	2.87 (2.75)	2.05 (1.24)	2.12 (1.63)	2.07 (1.43)	2.04 (1.86)	2.55 (2.38)	1.30 (0.81)	1.51 (0.83)
Tarro	0.43 (0.58)	0.41 (0.43)	0.35 (0.27)	0.55 (0.53)	0.49 (0.42)	0.55 (0.58)	0.62 (0.77)	0.49 (0.42)	0.50 (0.41)	0.43 (0.33)	0.36 (0.32)	0.64 (0.86)
Tapa Tarro	0.17 (0.53)	0.15 (0.27)	0.08 (0.16)	0.20 (0.44)	0.18 (0.22)	0.27 (0.44)	0.21 (0.38)	0.10 (0.17)	0.20 (0.32)	0.12 (0.23)	0.09 (0.15)	0.30 (0.58)

Tabla AVI. 22. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TDoV para la P3.  
Degradado de color por tabla.

TDoV	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	0.28 (0.41)	0.65 (0.84)	0.89 (0.83)	1.53 (1.13)	0.10 (0.22)	0.18 (0.21)	1.09 (0.85)	1.67 (2.44)	0.13 (0.20)	0.21 (0.38)	0.56 (1.13)	0.56 (0.52)
Goma		0.09 (0.12)		0.19 (0.28)		0.13 (0.20)		0.64 (1.28)		0.21 (0.32)		0.12 (0.17)
Colocación sobre Tapa	1.51 (0.91)	1.20 (0.69)	2.60 (1.61)	2.30 (1.59)	3.48 (3.24)	2.68 (1.83)	2.48 (1.78)	2.51 (1.83)	2.51 (2.41)	3.13 (2.98)	1.52 (0.98)	1.72 (0.98)
Tarro	0.46 (0.63)	0.44 (0.46)	0.39 (0.32)	0.60 (0.58)	0.54 (0.46)	0.60 (0.63)	0.68 (0.86)	0.53 (0.46)	0.55 (0.46)	0.46 (0.37)	0.39 (0.36)	0.82 (1.23)
Tapa Tarro	0.19 (0.58)	0.16 (0.27)	0.08 (0.16)	0.21 (0.46)	0.18 (0.22)	0.28 (0.46)	0.21 (0.39)	0.10 (0.17)	0.21 (0.34)	0.14 (0.25)	0.10 (0.16)	0.35 (0.75)

Tabla AVI. 23. Valores en número de la media y (SD) de los datos de la métrica NoF para la P3.  
Degradado de color por tabla.

NoF	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	1.82 (2.34)	2.72 (2.85)	4.07 (3.10)	6.43 (3.95)	0.48 (0.98)	1.07 (1.26)	4.08 (3.19)	5.64 (7.13)	0.75 (1.11)	1.17 (1.87)	2.53 (3.68)	2.75 (2.25)
Goma		0.45 (0.57)		0.83 (0.91)		0.77 (1.10)		1.82 (2.82)		1.14 (1.55)		0.64 (0.73)
Colocación sobre Tapa	5.43 (3.20)	4.31 (2.56)	7.79 (4.56)	6.77 (4.48)	10.74 (8.72)	9.07 (5.74)	7.72 (5.09)	9.23 (6.95)	9.61 (9.70)	11.69 (11.44)	5.43 (3.80)	6.32 (3.84)
Tarro	1.89 (2.02)	2.21 (1.86)	1.90 (1.37)	3.03 (2.39)	2.56 (2.21)	2.53 (2.27)	3.04 (3.82)	2.50 (2.04)	2.71 (2.09)	2.10 (1.68)	1.77 (1.30)	3.43 (4.63)
Tapa Tarro	0.79 (1.83)	0.79 (0.98)	0.38 (0.86)	1.03 (1.73)	0.85 (1.03)	1.20 (1.73)	0.92 (1.58)	0.50 (0.86)	1.07 (1.80)	0.69 (1.31)	0.43 (0.68)	1.50 (2.78)

Tabla AVI. 24. Valores en número de la media y (SD) de los datos de la métrica NoV para la P3.  
Degradado de color por tabla.

NoV	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
Agarre	1.25 (1.08)	1.59 (1.35)	2.10 (1.40)	2.97 (1.59)	0.37 (0.69)	0.83 (0.83)	2.44 (1.96)	2.73 (2.71)	0.68 (0.90)	0.86 (1.33)	1.70 (1.15)	1.96 (1.20)
Goma		0.45 (0.57)		0.70 (0.75)		0.63 (0.81)		1.36 (2.26)		0.97 (1.35)		0.61 (0.69)
Colocación sobre Tapa	2.21 (1.50)	2.17 (1.69)	2.55 (1.48)	2.77 (1.61)	2.11 (1.31)	1.97 (1.38)	2.56 (2.35)	3.00 (2.16)	3.00 (2.60)	3.21 (1.95)	1.97 (1.40)	2.46 (1.26)
Tarro	1.32 (1.19)	1.55 (1.27)	1.24 (0.79)	1.90 (1.16)	1.85 (1.43)	1.77 (1.43)	1.88 (1.67)	1.73 (1.08)	1.86 (1.15)	1.62 (0.98)	1.30 (0.84)	1.82 (1.56)
Tapa Tarro	0.54 (1.04)	0.69 (0.85)	0.34 (0.72)	0.80 (1.10)	0.81 (1.00)	0.93 (1.17)	0.84 (1.40)	0.50 (0.86)	0.82 (1.28)	0.48 (0.83)	0.40 (0.56)	1.00 (1.36)

## P4: ¿Qué tipo de esfuerzo harías?

Tabla AVI. 25. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AAoS y TAoS. Degradado de color por métrica.

Métrica	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
AAoS	5.12 (1.20)	5.38 (1.16)	5.39 (1.37)	5.35 (1.56)	6.39 (1.62)	5.94 (1.53)
TAoS	94.44 (74.04)	210.39 (175.22)	149.41 (102.93)	126.95 (97.02)	131.07 (75.62)	140.51 (78.55)

Tabla AVI. 26. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AoI Modelo. Degradado de color por métrica.

AoI MODELO						
Métrica	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
TtFF	0.04 (0.08)	0.10 (0.23)	0.20 (0.23)	0.11 (0.22)	0.17 (0.22)	0.12 (0.21)
DoFF	0.22 (0.11)	0.21 (0.10)	0.21 (0.10)	0.25 (0.11)	0.19 (0.11)	0.21 (0.10)
TDoF	3.14 (2.51)	7.65 (6.79)	4.65 (3.45)	4.74 (4.47)	3.42 (2.32)	4.95 (3.36)
TDoV	3.90 (3.12)	10.06 (8.57)	6.14 (4.59)	6.06 (5.36)	4.54 (3.19)	6.97 (6.09)
NoF	13.98 (10.11)	34.34 (29.63)	21.14 (14.17)	21.55 (16.58)	16.91 (10.47)	24.62 (17.17)
NoV	3.30 (2.14)	5.37 (3.30)	4.70 (3.01)	3.62 (2.02)	3.54 (2.44)	3.67 (1.91)

*Tabla AVI. 27. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TtFF para la P4. Degradado de color por tabla.*

TtFF	Modelos					
Aol	1	2	3	4	5	6
Agarre	0.21	2.60	2.60	2.29	4.26	0.50
	(0.60)	(2.77)	(3.29)	(2.81)	(3.94)	(1.52)
Colocación sobre Tapa	0.84	0.12	0.36	0.22	0.45	0.74
	(1.45)	(0.35)	(0.29)	(0.29)	(0.62)	(1.09)

*Tabla AVI. 28. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica DoFF para la P4. Degradado de color por tabla.*

DoFF	Modelos					
Aol	1	2	3	4	5	6
Agarre	0.21	0.23	0.18	0.22	0.21	0.21
	(0.11)	(0.13)	(0.09)	(0.11)	(0.08)	(0.10)
Colocación sobre Tapa	0.21	0.21	0.20	0.24	0.18	0.21
	(0.11)	(0.10)	(0.09)	(0.11)	(0.09)	(0.10)

*Tabla AVI. 29. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TDoF para la P4. Degradado de color por tabla.*

TDoF	Modelos					
Aol	1	2	3	4	5	6
Agarre	1.13	2.12	0.67	0.78	0.25	1.54
	(1.34)	(2.35)	(1.36)	(0.92)	(0.39)	(1.03)
Colocación sobre Tapa	1.95	5.30	3.54	3.63	2.01	2.77
	(1.55)	(5.11)	(2.61)	(3.91)	(1.71)	(2.16)

Tabla AVI. 30. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TDoV para la P4.  
Degradado de color por tabla.

TDoV	Modelos					
Aol	1	2	3	4	5	6
Agarre	1.30	2.56	0.74	0.86	0.26	1.78
	(1.67)	(3.07)	(1.57)	(1.02)	(0.41)	(1.32)
Colocación sobre Tapa	2.21	6.46	4.55	4.39	2.52	3.49
	(1.77)	(6.19)	(3.39)	(4.51)	(2.24)	(3.15)

Tabla AVI. 31. Valores en número de la media y (SD) de los datos de la métrica NoF para la P4.  
Degradado de color por tabla.

NoF	Modelos					
Aol	1	2	3	4	5	6
Agarre	5.61	9.85	3.23	3.81	1.07	8.26
	(5.97)	(11.54)	(5.57)	(4.81)	(1.46)	(6.35)
Colocación sobre Tapa	8.07	23.56	15.86	16.32	10.33	13.52
	(6.19)	(21.11)	(9.89)	(12.82)	(7.69)	(10.30)

Tabla AVI. 32. Valores en número de la media y (SD) de los datos de la métrica NoV para la P4.  
Degradado de color por tabla.

NoV	Modelos					
Aol	1	2	3	4	5	6
Agarre	2.98	3.93	2.25	2.60	0.86	4.81
	(2.14)	(3.32)	(2.80)	(2.86)	(1.06)	(3.46)
Colocación sobre Tapa	3.60	7.42	4.93	5.28	4.39	4.55
	(2.52)	(4.84)	(2.41)	(3.65)	(2.34)	(3.40)

## P5: ¿Crees que el producto puede abrir diferentes tamaños de tarros?

Tabla AVI. 33. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AAoS y TAoS. Degradado de color por métrica.

Métrica	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
AAoS	6.79 (2.92)	6.90 (2.25)	6.09 (1.79)	7.48 (2.27)	7.52 (2.21)	7.58 (2.28)
TAoS	66.20 (52.96)	66.27 (43.81)	126.54 (81.41)	75.66 (45.91)	101.69 (79.78)	76.17 (65.58)

Tabla AVI. 34. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AoI Modelo. Degradado de color por métrica.

AoI MODELO						
Métrica	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
TtFF	0.26 (0.30)	0.23 (0.21)	0.29 (0.24)	0.08 (0.14)	0.23 (0.32)	0.29 (0.38)
DoFF	0.20 (0.09)	0.20 (0.09)	0.20 (0.09)	0.27 (0.16)	0.20 (0.12)	0.19 (0.09)
TDoF	2.87 (3.72)	2.09 (1.85)	6.30 (5.86)	2.42 (1.42)	3.15 (2.42)	1.81 (1.25)
TDoV	3.58 (5.12)	2.60 (2.38)	7.98 (6.98)	3.15 (1.82)	4.22 (3.28)	2.33 (1.62)
NoF	12.58 (15.86)	10.14 (7.99)	26.28 (21.04)	12.21 (7.01)	16.44 (11.79)	9.53 (6.56)
NoV	2.16 (1.45)	2.51 (1.97)	2.95 (1.93)	2.40 (1.14)	2.49 (1.49)	2.24 (1.30)



Tabla AVI. 35. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AoI Colocación sobre Tapa. Degradado de color por métrica.

<i>AoI COLOCACIÓN SOBRE TAPA</i>						
Métrica	Modelos					
	1	2	3	4	5	6
TtFF	0.34 (0.30)	0.29 (0.26)	0.34 (0.29)	0.10 (0.18)	0.46 (0.68)	0.61 (0.30)
DoFF	0.21 (0.09)	0.21 (0.09)	0.22 (0.15)	0.28 (0.15)	0.20 (0.11)	0.21 (0.08)
TDoF	2.69 (3.59)	1.54 (1.30)	5.85 (5.52)	2.02 (1.15)	2.60 (2.05)	1.13 (0.92)
TDoV	3.33 (4.89)	1.80 (1.51)	7.33 (6.48)	2.46 (1.37)	3.33 (2.65)	1.38 (1.14)
NoF	11.65 (15.26)	7.42 (5.62)	24.32 (19.75)	9.96 (5.36)	13.35 (9.97)	5.90 (4.86)
NoV	2.26 (1.66)	2.97 (2.30)	3.93 (2.88)	3.38 (2.03)	3.58 (2.54)	2.64 (1.78)

## Análisis II: Estadísticos descriptivos

### P6: Evaluación de la usabilidad

Tabla AVI. 36. Valores de la media y (SD) de los datos de las métricas de AoI Modelo por affordance del primer estímulo evaluado. Degradado de color por affordance y por métrica.

AoI MODELO												
Métrica	Modelos											
	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
<b>ROBUSTEZ</b>												
TtFF	3.06 (1.86)	2.05 (1.46)	1.71 (1.45)	1.81 (1.72)	2.60 (1.52)	2.69 (1.37)	1.11 (0.72)	1.15 (0.75)	3.34 (1.75)	3.46 (1.62)	1.71 (1.29)	2.64 (2.15)
DoFF	0.19 (0.11)	0.20 (0.09)	0.22 (0.09)	0.22 (0.11)	0.20 (0.13)	0.24 (0.18)	0.20 (0.07)	0.20 (0.09)	0.18 (0.07)	0.21 (0.09)	0.19 (0.11)	0.19 (0.13)
TDoF	0.31 (0.27)	0.56 (0.79)	1.11 (2.04)	0.98 (1.15)	0.59 (0.85)	1.01 (1.13)	1.33 (1.57)	1.16 (0.77)	0.36 (0.42)	0.60 (1.06)	0.82 (1.94)	0.53 (0.54)
TDoV	0.35 (0.31)	0.59 (0.83)	1.18 (2.21)	1.06 (1.23)	0.63 (0.92)	1.09 (1.22)	1.44 (1.78)	1.25 (0.81)	0.38 (0.45)	0.67 (1.21)	0.90 (2.18)	0.59 (0.62)
NoF	1.89 (1.45)	2.41 (2.88)	4.76 (7.89)	4.19 (4.04)	2.78 (3.19)	4.10 (3.85)	5.66 (7.11)	4.81 (2.95)	1.74 (1.65)	3.24 (5.80)	3.97 (8.49)	2.96 (2.55)
NoV	1.33 (0.78)	1.52 (1.33)	2.41 (2.68)	2.15 (1.51)	1.48 (1.50)	2.14 (1.71)	3.17 (2.73)	2.74 (1.40)	1.26 (0.94)	1.72 (2.05)	1.93 (3.49)	1.56 (0.97)
<b>COMODIDAD</b>												
TtFF	1.47 (1.44)	1.63 (1.57)	5.20 (4.67)	3.61 (1.63)	2.99 (1.54)	2.82 (1.81)	2.58 (1.66)	3.08 (1.66)	2.13 (1.48)	2.46 (1.67)	1.33 (1.05)	2.23 (1.88)
DoFF	0.18 (0.10)	0.18 (0.10)	0.19 (0.10)	0.21 (0.10)	0.19 (0.09)	0.24 (0.20)	0.15 (0.09)	0.21 (0.10)	0.16 (0.09)	0.22 (0.11)	0.20 (0.08)	0.18 (0.10)
TDoF	1.22 (1.52)	1.44 (1.92)	0.22 (0.39)	0.66 (0.91)	0.70 (0.69)	1.12 (1.59)	0.65 (0.54)	0.89 (0.94)	0.38 (0.35)	0.43 (0.61)	0.82 (0.89)	1.11 (1.02)
TDoV	1.31 (1.66)	1.58 (2.20)	0.24 (0.41)	0.75 (1.06)	0.79 (0.80)	1.28 (1.84)	0.72 (0.61)	0.97 (1.03)	0.44 (0.44)	0.46 (0.64)	0.93 (1.03)	1.26 (1.14)
NoF	5.59 (6.06)	6.38 (8.11)	1.10 (1.63)	3.00 (4.26)	3.44 (3.20)	5.21 (7.02)	3.76 (2.77)	4.15 (3.47)	2.59 (2.39)	2.17 (2.42)	4.10 (4.13)	5.52 (4.48)
NoV	3.19 (2.39)	3.10 (2.32)	0.66 (0.90)	1.30 (1.88)	1.70 (1.27)	2.24 (2.75)	1.97 (1.12)	2.00 (1.27)	1.56 (1.19)	1.45 (1.35)	2.03 (1.64)	2.63 (1.98)

## FACILIDAD DE AGARRE

TtFF	3.95	3.76	3.43	3.07	2.26	1.72	2.67	2.18	2.68	2.31	2.56	2.62
	(2.85)	(1.66)	(1.70)	(1.84)	(1.55)	(1.25)	(2.14)	(1.54)	(2.83)	(1.87)	(1.45)	(1.65)
DoFF	0.17	0.19	0.18	0.16	0.20	0.24	0.20	0.19	0.16	0.22	0.15	0.17
	(0.07)	(0.09)	(0.10)	(0.08)	(0.07)	(0.14)	(0.11)	(0.15)	(0.08)	(0.08)	(0.08)	(0.10)
TDoF	0.49	0.67	0.33	0.65	0.84	1.25	0.66	0.60	0.47	0.70	0.57	1.08
	(0.95)	(0.62)	(0.39)	(0.73)	(0.92)	(1.09)	(0.70)	(0.48)	(0.71)	(0.74)	(0.64)	(1.15)
TDoV	0.53	0.74	0.36	0.74	0.89	1.40	0.72	0.66	0.52	0.75	0.63	1.23
	(1.08)	(0.71)	(0.43)	(0.86)	(0.96)	(1.35)	(0.80)	(0.53)	(0.78)	(0.81)	(0.72)	(1.32)
NoF	2.37	3.24	1.86	3.15	3.74	5.52	3.24	3.41	2.59	3.38	3.07	5.33
	(4.11)	(3.20)	(1.98)	(2.84)	(3.70)	(5.60)	(3.19)	(2.68)	(3.52)	(3.05)	(2.69)	(5.15)
NoV	1.15	1.62	1.10	1.41	2.26	3.10	1.72	1.93	1.67	2.10	1.66	2.15
	(1.10)	(1.42)	(1.05)	(0.93)	(1.99)	(2.11)	(1.10)	(1.30)	(2.17)	(1.18)	(1.01)	(1.41)

## ADHERENCIA SOBRE LA TAPA

TtFF	2.61	4.45	3.48	3.10	4.53	3.86	2.48	2.05	5.15	5.50	4.61	3.99
	(2.17)	(2.82)	(2.30)	(1.90)	(1.91)	(2.35)	(2.83)	(2.16)	(2.53)	(2.82)	(2.48)	(2.74)
DoFF	0.20	0.24	0.21	0.21	0.21	0.21	0.19	0.18	0.18	0.21	0.23	0.19
	(0.11)	(0.15)	(0.08)	(0.11)	(0.15)	(0.11)	(0.09)	(0.12)	(0.10)	(0.12)	(0.12)	(0.19)
TDoF	0.67	1.23	1.61	1.78	1.05	1.80	1.09	1.04	0.59	0.74	1.06	0.96
	(0.76)	(1.84)	(1.67)	(1.69)	(0.91)	(1.97)	(1.61)	(0.86)	(0.39)	(0.81)	(0.96)	(0.86)
TDoV	0.73	1.35	1.76	1.95	1.20	2.04	1.22	1.14	0.65	0.81	1.24	1.12
	(0.86)	(2.06)	(1.81)	(1.83)	(1.07)	(2.22)	(1.85)	(0.94)	(0.44)	(0.90)	(1.14)	(1.00)
NoF	3.22	5.24	6.76	6.67	4.78	7.03	5.90	5.07	3.00	3.93	5.10	4.52
	(2.76)	(6.92)	(6.72)	(4.84)	(4.07)	(7.07)	(7.92)	(3.85)	(1.54)	(3.78)	(4.51)	(3.87)
NoV	1.89	2.55	3.24	2.67	1.89	2.38	3.10	2.67	1.52	1.79	2.17	1.93
	(1.09)	(2.35)	(3.05)	(1.33)	(1.05)	(1.37)	(2.83)	(1.36)	(0.64)	(1.26)	(1.28)	(1.17)

## ESFUERZO

TtFF	2.38	2.05	3.92	3.68	3.26	2.70	4.09	4.30	4.10	4.78	1.76	1.58
	(2.62)	(1.86)	(2.07)	(2.15)	(2.35)	(1.74)	(2.08)	(2.26)	(4.03)	(4.10)	(1.39)	(1.20)
DoFF	0.19	0.19	0.17	0.19	0.23	0.18	0.20	0.18	0.19	0.16	0.21	0.22
	(0.08)	(0.09)	(0.08)	(0.10)	(0.19)	(0.09)	(0.11)	(0.11)	(0.07)	(0.08)	(0.09)	(0.10)
TDoF	0.82	1.15	1.06	1.63	0.72	0.88	1.08	0.90	0.62	0.60	1.64	1.30
	(0.80)	(1.28)	(1.16)	(1.46)	(0.66)	(0.78)	(1.20)	(0.81)	(0.91)	(0.60)	(1.94)	(1.62)
TDoV	0.88	1.26	1.21	1.85	0.78	0.98	1.17	0.95	0.69	0.66	1.79	1.48
	(0.84)	(1.43)	(1.34)	(1.57)	(0.71)	(0.86)	(1.31)	(0.86)	(1.03)	(0.64)	(2.16)	(1.95)
NoF	4.07	5.55	4.86	7.07	3.19	4.41	5.34	4.00	3.26	3.28	7.07	6.22
	(3.08)	(5.37)	(5.35)	(4.89)	(2.56)	(3.54)	(6.21)	(3.13)	(3.75)	(3.03)	(7.17)	(7.25)
NoV	2.56	3.03	2.28	2.59	1.93	2.90	2.66	2.11	1.74	1.83	3.55	2.89
	(1.67)	(2.34)	(2.25)	(1.50)	(1.47)	(2.14)	(2.84)	(1.19)	(1.58)	(1.83)	(2.54)	(1.99)

FACILIDAD DE USO												
TiFF	2.98	3.32	2.07	2.33	1.48	1.38	2.79	2.84	1.59	2.18	4.60	3.70
	(2.00)	(2.25)	(2.05)	(2.56)	(1.37)	(1.52)	(2.26)	(2.03)	(1.96)	(2.08)	(3.34)	(2.04)
DoFF	0.17	0.19	0.21	0.16	0.20	0.18	0.19	0.19	0.22	0.17	0.22	0.18
	(0.08)	(0.10)	(0.10)	(0.07)	(0.11)	(0.09)	(0.10)	(0.09)	(0.15)	(0.08)	(0.11)	(0.07)
TDoF	1.14	1.67	0.77	0.63	0.73	0.62	0.93	1.02	0.88	1.19	0.63	0.83
	(1.51)	(2.93)	(2.32)	(0.96)	(0.77)	(0.98)	(1.60)	(1.07)	(1.00)	(2.49)	(0.64)	(0.82)
TDoV	1.29	1.82	0.84	0.69	0.77	0.66	1.05	1.16	0.94	1.28	0.69	0.93
	(1.72)	(3.15)	(2.57)	(1.05)	(0.82)	(1.03)	(1.74)	(1.24)	(1.10)	(2.66)	(0.70)	(0.90)
NoF	5.37	6.76	3.69	2.89	3.56	3.07	4.59	5.11	4.19	5.69	2.86	4.11
	(5.45)	(10.88)	(10.26)	(3.32)	(3.14)	(4.17)	(6.65)	(4.96)	(4.86)	(10.79)	(2.70)	(3.78)
NoV	2.33	2.69	1.69	1.56	2.48	2.21	2.17	2.33	2.78	3.31	1.38	1.85
	(1.75)	(3.39)	(2.79)	(1.45)	(1.89)	(2.51)	(2.02)	(1.82)	(2.52)	(5.19)	(1.35)	(1.46)

Tabla AVI. 37. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TtFF por affordance del primer estímulo evaluado. Degradado de color por affordance.

TtFF	Modelos												
	Aol	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
		Goma		Goma		Goma		Goma		Goma		Goma	
<b>ROBUSTEZ</b>													
Agarre	4.44 (2.48)	5.21 (7.17)	2.05 (1.75)	2.41 (1.69)	3.69 (2.57)	3.75 (4.13)	4.43 (4.89)	2.92 (2.88)	5.17 (4.55)	8.37 (7.02)	2.28 (1.29)	3.34 (2.27)	
Colocación sobre Tapa	3.31 (2.45)	3.26 (4.95)	2.15 (1.46)	1.98 (1.81)	2.70 (1.58)	3.26 (1.95)	1.76 (2.90)	1.38 (0.80)	3.40 (1.77)	3.63 (1.61)	2.72 (2.33)	3.33 (2.73)	
Goma		7.32 (9.50)		3.83 (2.98)		3.11 (2.37)		3.28 (3.18)		21.22 (0.00)		3.58 (2.06)	
<b>COMODIDAD</b>													
Agarre	1.29 (1.14)	1.72 (1.70)	4.35 (1.82)	3.78 (1.87)	3.98 (3.83)	2.85 (1.88)	3.73 (2.53)	3.50 (2.21)	3.84 (3.36)	5.58 (4.85)	1.86 (1.84)	2.77 (2.04)	
Colocación sobre Tapa	4.77 (3.77)	6.05 (2.75)	6.25 (5.15)	4.94 (2.35)	4.43 (3.26)	4.94 (3.32)	3.88 (3.01)	5.94 (6.17)	2.43 (1.96)	2.65 (1.73)	2.90 (3.40)	3.03 (3.49)	
Goma		1.91 (1.48)		5.44 (3.84)		3.60 (2.66)		6.00 (3.93)		5.31 (4.17)		5.12 (5.48)	
<b>FACILIDAD DE AGARRE</b>													
Agarre	3.84 (3.05)	4.01 (1.87)	4.51 (2.52)	4.25 (2.13)	4.11 (3.43)	2.62 (1.51)	6.23 (2.99)	4.89 (2.30)	4.17 (3.62)	3.66 (2.75)	3.64 (1.52)	3.92 (2.82)	
Colocación sobre Tapa	4.78 (1.90)	7.82 (7.11)	3.27 (1.56)	3.30 (2.29)	2.33 (3.01)	1.72 (1.95)	2.11 (1.81)	2.28 (1.71)	2.30 (2.66)	2.48 (1.75)	3.20 (2.38)	3.12 (1.81)	
Goma		4.90 (2.47)		4.74 (2.58)		3.70 (2.54)		3.74 (0.00)		5.06 (3.72)		2.06 (2.74)	
<b>ADHERENCIA SOBRE LA TAPA</b>													
Agarre	5.65 (4.19)	8.31 (4.75)	7.71 (4.22)	6.16 (4.82)	5.77 (2.91)	4.81 (3.74)	4.65 (3.05)	2.98 (2.67)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	8.14 (4.23)	7.07 (2.29)	
Colocación sobre Tapa	3.07 (2.83)	4.19 (2.32)	4.41 (2.84)	3.52 (2.10)	4.92 (1.72)	4.60 (2.27)	3.99 (5.14)	3.97 (3.70)	5.16 (2.53)	5.54 (2.87)	4.91 (2.68)	4.32 (2.98)	
Goma		12.31 (6.69)		5.81 (4.56)		5.32 (6.54)		3.14 (2.55)		6.27 (0.00)		10.29 (0.00)	

ESFUERZO												
Agarre	3.71	2.55	3.98	4.10	5.78	4.97	5.90	5.54	5.55	7.24	3.45	3.21
	(3.27)	(2.61)	(2.26)	(2.17)	(3.38)	(5.57)	(4.28)	(3.41)	(5.56)	(5.70)	(3.31)	(2.06)
Colocación sobre Tapa	4.31	4.55	5.46	4.69	3.93	4.23	5.52	5.60	4.49	4.24	2.47	2.42
	(3.71)	(3.09)	(2.23)	(3.60)	(2.59)	(3.26)	(2.78)	(2.93)	(2.42)	(2.88)	(2.16)	(2.48)
Goma		13.34		5.01		4.71		7.00		6.02		5.43
		(11.02)		(3.02)		(6.55)		(5.21)		(4.09)		(2.93)
FACILIDAD DE USO												
Agarre	3.20	2.81	16.24	8.21	1.92	1.71	3.53	6.56	6.40	6.72	4.21	4.34
	(2.60)	(1.93)	(18.55)	(3.90)	(2.07)	(1.87)	(3.07)	(5.01)	(3.66)	(4.15)	(2.48)	(2.25)
Colocación sobre Tapa	6.03	8.47	2.13	2.21	2.65	2.50	3.59	3.47	1.49	2.27	5.31	5.05
	(1.42)	(7.40)	(2.07)	(2.33)	(2.07)	(1.91)	(2.86)	(3.31)	(2.00)	(2.32)	(4.73)	(3.84)
Goma		6.04		7.94		2.21		17.74		9.62		6.06
		(8.72)		(0.00)		(2.31)		(12.75)		(7.67)		(1.01)

Tabla AVI. 38. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica DoFF por affordance del primer estímulo evaluado. Degradado de color por affordance.

DoFF	Modelos												
	Aol	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
		Goma		Goma		Goma		Goma		Goma		Goma	
<b>ROBUSTEZ</b>													
Agarre	0.16	0.19	0.22	0.24	0.14	0.17	0.18	0.24	0.20	0.13	0.18	0.18	
	(0.07)	(0.06)	(0.11)	(0.12)	(0.10)	(0.13)	(0.05)	(0.17)	(0.02)	(0.07)	(0.11)	(0.12)	
Colocación sobre Tapa	0.19	0.21	0.22	0.18	0.21	0.29	0.21	0.20	0.18	0.21	0.18	0.19	
	(0.12)	(0.10)	(0.08)	(0.09)	(0.12)	(0.18)	(0.08)	(0.10)	(0.07)	(0.10)	(0.10)	(0.08)	
Goma		0.22		0.25		0.19		0.25		0.13		0.17	
		(0.13)		(0.14)		(0.14)		(0.14)		(0.00)		(0.09)	
<b>COMODIDAD</b>													
Agarre	0.18	0.19	0.22	0.22	0.17	0.26	0.17	0.21	0.12	0.30	0.20	0.20	
	(0.10)	(0.10)	(0.13)	(0.11)	(0.07)	(0.20)	(0.08)	(0.10)	(0.08)	(0.42)	(0.09)	(0.10)	
Colocación sobre Tapa	0.18	0.23	0.24	0.21	0.20	0.22	0.17	0.21	0.15	0.22	0.19	0.21	
	(0.09)	(0.13)	(0.13)	(0.10)	(0.12)	(0.10)	(0.10)	(0.12)	(0.09)	(0.11)	(0.07)	(0.09)	
Goma		0.22		0.19		0.22		0.25		0.18		0.23	
		(0.12)		(0.10)		(0.14)		(0.14)		(0.07)		(0.09)	
<b>FACILIDAD DE AGARRE</b>													
Agarre	0.16	0.20	0.13	0.22	0.20	0.23	0.16	0.15	0.19	0.21	0.15	0.18	
	(0.08)	(0.11)	(0.05)	(0.16)	(0.09)	(0.14)	(0.06)	(0.05)	(0.07)	(0.12)	(0.08)	(0.08)	
Colocación sobre Tapa	0.18	0.21	0.19	0.16	0.18	0.18	0.21	0.19	0.18	0.20	0.16	0.16	
	(0.07)	(0.10)	(0.10)	(0.08)	(0.06)	(0.08)	(0.10)	(0.15)	(0.08)	(0.08)	(0.10)	(0.10)	
Goma		0.19		0.41		0.23		0.23		0.22		0.15	
		(0.14)		(0.39)		(0.13)		(0.00)		(0.15)		(0.03)	
<b>ADHERENCIA SOBRE LA TAPA</b>													
Agarre	0.22	0.23	0.22	0.26	0.18	0.25	0.21	0.21	0.00	0.00	0.21	0.19	
	(0.08)	(0.23)	(0.07)	(0.20)	(0.11)	(0.13)	(0.08)	(0.13)	(0.00)	(0.00)	(0.14)	(0.11)	
Colocación sobre Tapa	0.19	0.26	0.21	0.22	0.22	0.24	0.18	0.20	0.18	0.21	0.24	0.18	
	(0.11)	(0.16)	(0.08)	(0.13)	(0.14)	(0.16)	(0.07)	(0.10)	(0.10)	(0.12)	(0.12)	(0.19)	
Goma		0.16		0.18		0.23		0.21		0.12		0.22	
		(0.07)		(0.01)		(0.14)		(0.12)		(0.00)		(0.00)	

ESFUERZO												
Agarre	0.22	0.19	0.20	0.20	0.21	0.17	0.21	0.22	0.17	0.17	0.18	0.19
	(0.09)	(0.09)	(0.12)	(0.11)	(0.05)	(0.10)	(0.10)	(0.13)	(0.06)	(0.07)	(0.06)	(0.10)
Colocación sobre Tapa	0.20	0.21	0.23	0.17	0.25	0.20	0.24	0.19	0.19	0.17	0.20	0.21
	(0.12)	(0.11)	(0.13)	(0.10)	(0.21)	(0.08)	(0.12)	(0.08)	(0.08)	(0.08)	(0.11)	(0.10)
Goma		0.18		0.24		0.16		0.26		0.19		0.21
		(0.15)		(0.14)		(0.10)		(0.12)		(0.07)		(0.15)

FACILIDAD DE USO												
Agarre	0.17	0.16	0.25	0.34	0.17	0.20	0.21	0.19	0.16	0.21	0.19	0.19
	(0.08)	(0.09)	(0.03)	(0.09)	(0.10)	(0.10)	(0.12)	(0.07)	(0.08)	(0.13)	(0.08)	(0.06)
Colocación sobre Tapa	0.29	0.30	0.21	0.17	0.16	0.12	0.18	0.19	0.22	0.18	0.25	0.22
	(0.12)	(0.15)	(0.10)	(0.07)	(0.08)	(0.05)	(0.11)	(0.10)	(0.15)	(0.11)	(0.13)	(0.22)
Goma		0.17		0.25		0.20		0.18		0.32		0.27
		(0.08)		(0.00)		(0.11)		(0.16)		(0.13)		(0.14)



Tabla AVI. 39. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TDoF por affordance del primer estímulo evaluado. Degradado de color por affordance.

TDoF	Modelos												
	Aol	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
		Goma		Goma		Goma		Goma		Goma		Goma	
<b>ROBUSTEZ</b>													
Agarre	0.06	0.19	0.58	0.45	0.06	0.32	0.26	0.24	0.02	0.08	0.42	0.33	
	(0.11)	(0.43)	(1.31)	(0.63)	(0.10)	(0.53)	(0.57)	(0.42)	(0.10)	(0.31)	(0.74)	(0.36)	
Colocación sobre Tapa	0.22	0.36	0.71	0.61	0.43	0.66	1.08	0.93	0.33	0.51	0.34	0.16	
	(0.25)	(0.49)	(1.29)	(0.69)	(0.65)	(0.95)	(1.22)	(0.58)	(0.40)	(0.76)	(1.08)	(0.23)	
Goma		0.06		0.13		0.18		0.17		0.02		0.13	
		(0.14)		(0.20)		(0.32)		(0.26)		(0.10)		(0.21)	
<b>COMODIDAD</b>													
Agarre	0.97	1.32	0.21	0.56	0.32	0.86	0.33	0.48	0.03	0.12	0.40	0.60	
	(1.23)	(1.79)	(0.36)	(0.80)	(0.47)	(1.21)	(0.31)	(0.63)	(0.10)	(0.36)	(0.40)	(0.62)	
Colocación sobre Tapa	0.21	0.15	0.13	0.25	0.24	0.19	0.27	0.32	0.35	0.35	0.42	0.45	
	(0.45)	(0.25)	(0.19)	(0.41)	(0.28)	(0.34)	(0.28)	(0.48)	(0.33)	(0.49)	(0.61)	(0.47)	
Goma		0.56		0.26		0.62		0.13		0.08		0.08	
		(0.91)		(0.45)		(1.02)		(0.20)		(0.15)		(0.18)	
<b>FACILIDAD DE AGARRE</b>													
Agarre	0.34	0.71	0.11	0.39	0.23	0.59	0.07	0.05	0.14	0.27	0.21	0.30	
	(0.51)	(0.77)	(0.22)	(0.55)	(0.37)	(0.67)	(0.15)	(0.11)	(0.27)	(0.41)	(0.33)	(0.38)	
Colocación sobre Tapa	0.13	0.06	0.23	0.27	0.43	0.41	0.64	0.54	0.31	0.39	0.36	0.68	
	(0.51)	(0.14)	(0.26)	(0.24)	(0.70)	(0.55)	(0.65)	(0.46)	(0.48)	(0.39)	(0.45)	(0.75)	
Goma		0.08		0.14		0.36		0.01		0.06		0.02	
		(0.17)		(0.36)		(0.52)		(0.04)		(0.23)		(0.06)	
<b>ADHERENCIA SOBRE LA TAPA</b>													
Agarre	0.18	0.34	0.32	0.34	0.17	0.49	0.39	0.31	0.00	0.00	0.18	0.17	
	(0.28)	(0.82)	(0.95)	(0.46)	(0.39)	(0.70)	(0.94)	(0.43)	(0.00)	(0.00)	(0.32)	(0.35)	
Colocación sobre Tapa	0.49	0.82	1.23	1.35	0.82	1.26	0.63	0.65	0.58	0.73	0.87	0.78	
	(0.57)	(0.98)	(1.37)	(1.50)	(0.77)	(1.48)	(0.74)	(0.56)	(0.40)	(0.85)	(0.73)	(0.75)	
Goma		0.03		0.01		0.36		0.29		0.00		0.01	
		(0.08)		(0.05)		(0.48)		(0.39)		(0.02)		(0.07)	

ESFUERZO												
Agarre	0.51	0.74	0.86	1.24	0.08	0.34	0.50	0.54	0.17	0.20	0.54	0.50
	(0.58)	(0.82)	(0.92)	(1.15)	(0.15)	(0.43)	(0.76)	(0.68)	(0.37)	(0.19)	(0.72)	(0.79)
Colocación sobre Tapa	0.29	0.40	0.40	0.49	0.56	0.62	0.51	0.26	0.44	0.40	1.06	0.78
	(0.36)	(0.58)	(0.47)	(0.50)	(0.49)	(0.84)	(0.67)	(0.40)	(0.65)	(0.56)	(1.36)	(0.92)
Goma		0.09		0.54		0.17		0.41		0.13		0.12
		(0.27)		(0.80)		(0.31)		(0.52)		(0.16)		(0.33)
FACILIDAD DE USO												
Agarre	1.04	1.49	0.10	0.09	0.30	0.44	0.15	0.12	0.03	0.10	0.15	0.27
	(1.50)	(2.60)	(0.38)	(0.34)	(0.32)	(0.69)	(0.33)	(0.29)	(0.08)	(0.30)	(0.25)	(0.34)
Colocación sobre Tapa	0.06	0.15	0.69	0.59	0.34	0.11	0.77	0.89	0.89	1.12	0.43	0.54
	(0.19)	(0.33)	(1.97)	(0.83)	(0.56)	(0.17)	(1.14)	(0.97)	(0.98)	(2.16)	(0.43)	(0.60)
Goma		0.10		0.01		0.35		0.02		0.03		0.02
		(0.16)		(0.05)		(0.62)		(0.08)		(0.12)		(0.08)

Tabla AVI. 40. Valores en segundos de la media y (SD) de los datos de la métrica TDoV por affordance del primer estímulo evaluado. Degradado de color por affordance.

TDoV	Modelos												
	Aol	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
		Goma		Goma		Goma		Goma		Goma		Goma	
<b>ROBUSTEZ</b>													
Agarre	0.07	0.20	0.59	0.47	0.06	0.33	0.27	0.25	0.02	0.08	0.44	0.35	
	(0.15)	(0.45)	(1.35)	(0.66)	(0.10)	(0.54)	(0.57)	(0.44)	(0.10)	(0.32)	(0.76)	(0.39)	
Colocación sobre Tapa	0.24	0.37	0.74	0.65	0.45	0.69	1.14	0.99	0.35	0.56	0.37	0.16	
	(0.29)	(0.50)	(1.35)	(0.75)	(0.71)	(1.02)	(1.29)	(0.61)	(0.43)	(0.82)	(1.19)	(0.24)	
Goma		0.06		0.13		0.18		0.17		0.02		0.13	
		(0.14)		(0.21)		(0.32)		(0.26)		(0.10)		(0.21)	
<b>COMODIDAD</b>													
Agarre	1.02	1.43	0.21	0.66	0.33	0.99	0.34	0.50	0.03	0.13	0.45	0.64	
	(1.30)	(2.01)	(0.38)	(0.97)	(0.50)	(1.38)	(0.32)	(0.65)	(0.11)	(0.37)	(0.47)	(0.66)	
Colocación sobre Tapa	0.23	0.15	0.15	0.26	0.25	0.20	0.28	0.34	0.39	0.36	0.45	0.47	
	(0.48)	(0.25)	(0.27)	(0.44)	(0.29)	(0.36)	(0.29)	(0.53)	(0.41)	(0.49)	(0.65)	(0.49)	
Goma		0.59		0.29		0.72		0.13		0.08		0.08	
		(0.98)		(0.48)		(1.18)		(0.20)		(0.16)		(0.18)	
<b>FACILIDAD DE AGARRE</b>													
Agarre	0.36	0.78	0.12	0.40	0.25	0.62	0.07	0.06	0.15	0.28	0.22	0.32	
	(0.56)	(0.85)	(0.24)	(0.57)	(0.39)	(0.74)	(0.15)	(0.11)	(0.29)	(0.42)	(0.33)	(0.41)	
Colocación sobre Tapa	0.14	0.06	0.25	0.31	0.44	0.45	0.69	0.58	0.33	0.39	0.39	0.73	
	(0.58)	(0.14)	(0.27)	(0.28)	(0.72)	(0.62)	(0.74)	(0.51)	(0.51)	(0.41)	(0.50)	(0.81)	
Goma		0.08		0.14		0.37		0.01		0.06		0.02	
		(0.17)		(0.36)		(0.55)		(0.04)		(0.23)		(0.06)	
<b>ADHERENCIA SOBRE LA TAPA</b>													
Agarre	0.20	0.35	0.34	0.35	0.19	0.51	0.42	0.32	0.00	0.00	0.20	0.19	
	(0.33)	(0.85)	(1.01)	(0.47)	(0.46)	(0.75)	(1.01)	(0.46)	(0.00)	(0.00)	(0.37)	(0.37)	
Colocación sobre Tapa	0.51	0.85	1.35	1.46	0.90	1.39	0.70	0.69	0.64	0.81	0.96	0.88	
	(0.59)	(1.02)	(1.49)	(1.61)	(0.85)	(1.64)	(0.83)	(0.60)	(0.45)	(0.94)	(0.82)	(0.87)	
Goma		0.03		0.01		0.36		0.30		0.00		0.01	
		(0.08)		(0.05)		(0.49)		(0.42)		(0.02)		(0.07)	

ESFUERZO												
Agarre	0.52	0.78	0.92	1.36	0.08	0.36	0.51	0.56	0.18	0.21	0.55	0.55
	(0.60)	(0.86)	(1.00)	(1.22)	(0.17)	(0.47)	(0.78)	(0.70)	(0.38)	(0.19)	(0.75)	(0.88)
Colocación sobre Tapa	0.30	0.41	0.42	0.52	0.59	0.66	0.53	0.26	0.47	0.42	1.12	0.82
	(0.38)	(0.59)	(0.50)	(0.52)	(0.51)	(0.93)	(0.72)	(0.41)	(0.71)	(0.60)	(1.45)	(0.99)
Goma		0.09		0.55		0.18		0.42		0.14		0.14
		(0.27)		(0.83)		(0.34)		(0.54)		(0.17)		(0.37)
FACILIDAD DE USO												
Agarre	1.16	1.62	0.10	0.10	0.30	0.44	0.15	0.12	0.03	0.10	0.15	0.29
	(1.71)	(2.81)	(0.39)	(0.38)	(0.32)	(0.70)	(0.33)	(0.30)	(0.08)	(0.30)	(0.26)	(0.38)
Colocación sobre Tapa	0.06	0.16	0.75	0.64	0.35	0.12	0.84	1.01	0.96	1.19	0.47	0.58
	(0.20)	(0.34)	(2.19)	(0.90)	(0.58)	(0.19)	(1.21)	(1.12)	(1.07)	(2.29)	(0.48)	(0.64)
Goma		0.11		0.01		0.35		0.03		0.03		0.02
		(0.17)		(0.05)		(0.63)		(0.09)		(0.12)		(0.08)

Tabla AVI. 41. Valores en número de la media y (SD) de los datos de la métrica NoF por affordance del primer estímulo evaluado. Degradado de color por affordance.

NoF	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
<b>ROBUSTEZ</b>												
Agarre	0.44 (0.89)	0.90 (1.65)	2.38 (4.54)	1.85 (2.32)	0.44 (0.75)	1.41 (1.84)	1.10 (2.09)	0.89 (1.25)	0.11 (0.42)	0.45 (1.53)	2.03 (3.22)	1.85 (1.61)
Colocación sobre Tapa	1.26 (1.20)	1.48 (1.64)	3.03 (4.76)	2.78 (2.76)	1.96 (2.58)	2.45 (3.19)	4.66 (5.02)	3.96 (2.44)	1.59 (1.55)	2.69 (4.05)	1.76 (5.03)	0.96 (1.45)
Goma		0.24 (0.51)		0.52 (0.75)		0.79 (1.08)		0.63 (0.84)		0.07 (0.37)		0.74 (1.02)
<b>COMODIDAD</b>												
Agarre	4.37 (4.47)	5.86 (7.34)	1.03 (1.82)	2.70 (4.07)	1.67 (2.13)	3.90 (5.17)	1.76 (1.60)	2.07 (2.34)	0.22 (0.70)	0.55 (1.15)	2.10 (2.08)	3.04 (2.93)
Colocación sobre Tapa	1.04 (2.19)	0.62 (1.01)	0.55 (0.83)	1.07 (1.66)	1.26 (1.61)	0.90 (1.42)	1.76 (1.72)	1.63 (2.19)	2.37 (2.29)	1.62 (1.68)	2.07 (2.69)	2.26 (2.10)
Goma		2.52 (4.09)		1.33 (2.18)		2.76 (4.16)		0.56 (0.85)		0.45 (0.83)		0.37 (0.79)
<b>FACILIDAD DE AGARRE</b>												
Agarre	1.81 (2.50)	3.34 (3.56)	0.62 (1.21)	1.48 (1.72)	1.07 (1.52)	2.62 (3.40)	0.41 (0.78)	0.33 (0.62)	0.78 (1.42)	1.24 (1.50)	1.07 (1.16)	1.56 (1.95)
Colocación sobre Tapa	0.52 (1.74)	0.31 (0.66)	1.34 (1.34)	1.74 (1.46)	2.04 (2.97)	1.93 (2.25)	3.07 (2.66)	3.04 (2.53)	1.63 (2.44)	2.03 (1.99)	2.00 (2.15)	3.37 (3.41)
Goma		0.41 (0.78)		0.37 (0.69)		1.52 (2.28)		0.04 (0.19)		0.21 (0.62)		0.15 (0.36)
<b>ADHERENCIA SOBRE LA TAPA</b>												
Agarre	0.96 (1.53)	1.41 (3.16)	1.28 (3.60)	1.19 (1.39)	0.93 (1.92)	1.79 (2.19)	1.90 (4.27)	1.48 (1.89)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.97 (1.45)	0.96 (1.74)
Colocación sobre Tapa	2.26 (1.83)	3.52 (3.82)	5.17 (5.58)	5.15 (4.38)	3.59 (3.15)	4.97 (5.36)	3.66 (3.83)	3.07 (2.70)	2.93 (1.57)	3.90 (3.91)	4.07 (3.43)	3.48 (3.23)
Goma		0.21 (0.49)		0.07 (0.27)		1.48 (1.82)		1.37 (1.76)		0.03 (0.19)		0.07 (0.38)

ESFUERZO												
Agarre	2.37	3.62	3.83	5.52	0.44	1.93	2.41	2.26	1.00	1.14	2.38	2.41
	(2.22)	(3.41)	(4.41)	(4.05)	(0.93)	(2.48)	(3.25)	(2.41)	(1.66)	(1.03)	(2.61)	(3.90)
Colocación sobre Tapa	1.56	1.86	1.86	2.19	2.22	2.69	2.48	1.19	2.19	2.21	4.59	3.67
	(1.63)	(2.37)	(2.25)	(2.09)	(1.76)	(3.20)	(3.46)	(1.47)	(2.69)	(3.03)	(5.20)	(3.67)
Goma		0.34		2.30		1.07		1.70		0.76		0.70
		(0.81)		(2.67)		(1.73)		(2.16)		(0.91)		(2.00)
FACILIDAD DE USO												
Agarre	4.89	6.28	0.34	0.30	1.59	2.10	0.69	0.59	0.19	0.45	0.76	1.44
	(5.37)	(9.90)	(1.32)	(1.17)	(1.45)	(2.91)	(1.47)	(1.47)	(0.62)	(1.18)	(1.24)	(1.72)
Colocación sobre Tapa	0.30	0.59	3.41	3.00	1.52	0.72	3.86	4.44	4.15	5.38	1.90	2.59
	(1.17)	(1.35)	(9.15)	(3.03)	(2.19)	(1.00)	(4.88)	(4.59)	(4.55)	(9.69)	(1.88)	(2.94)
Goma		0.66		0.04		1.59		0.11		0.10		0.07
		(1.01)		(0.19)		(2.41)		(0.42)		(0.41)		(0.27)

Tabla AVI. 42. Valores en número de la media y (SD) de los datos de la métrica NoV por affordance del primer estímulo evaluado. Degradado de color por affordance.

NoV	Modelos											
Aol	1	1 Goma	2	2 Goma	3	3 Goma	4	4 Goma	5	5 Goma	6	6 Goma
<b>ROBUSTEZ</b>												
Agarre	0.33 (0.55)	0.69 (1.14)	1.90 (3.13)	1.37 (1.42)	0.44 (0.75)	1.10 (1.29)	1.00 (1.95)	0.70 (0.87)	0.11 (0.42)	0.38 (1.32)	1.48 (2.41)	1.48 (1.09)
Colocación sobre Tapa	1.04 (0.85)	1.10 (0.98)	2.14 (2.86)	1.96 (1.83)	1.33 (1.54)	1.72 (1.85)	3.17 (2.93)	2.70 (1.46)	1.11 (0.80)	1.66 (2.13)	1.24 (3.18)	0.74 (1.06)
Goma		0.24 (0.51)		0.44 (0.58)		0.72 (0.92)		0.56 (0.70)		0.07 (0.37)		0.70 (0.87)
<b>COMODIDAD</b>												
Agarre	3.04 (2.41)	3.34 (2.55)	0.76 (1.06)	1.37 (1.88)	1.19 (1.11)	2.21 (2.66)	1.34 (0.97)	1.41 (1.47)	0.19 (0.56)	0.34 (0.72)	1.62 (1.45)	2.26 (2.03)
Colocación sobre Tapa	0.67 (1.33)	0.52 (0.78)	0.45 (0.63)	0.81 (1.08)	1.00 (1.21)	0.66 (1.01)	1.38 (1.24)	0.96 (0.98)	1.52 (1.19)	1.41 (1.38)	1.38 (1.57)	1.74 (1.43)
Goma		1.90 (2.54)		0.89 (1.48)		1.72 (2.34)		0.52 (0.80)		0.41 (0.78)		0.37 (0.79)
<b>FACILIDAD DE AGARRE</b>												
Agarre	1.11 (1.40)	1.72 (1.56)	0.41 (0.73)	1.00 (1.04)	0.89 (1.22)	2.00 (2.12)	0.38 (0.68)	0.30 (0.54)	0.59 (1.08)	1.07 (1.25)	0.93 (0.96)	1.22 (1.25)
Colocación sobre Tapa	0.33 (0.83)	0.31 (0.66)	0.93 (0.80)	1.19 (0.88)	1.67 (2.04)	1.45 (1.62)	1.90 (0.94)	1.89 (1.28)	1.22 (1.76)	1.83 (1.47)	1.31 (0.93)	2.22 (1.99)
Goma		0.38 (0.73)		0.33 (0.55)		1.21 (1.57)		0.04 (0.19)		0.21 (0.62)		0.15 (0.36)
<b>ADHERENCIA SOBRE LA TAPA</b>												
Agarre	0.59 (0.80)	1.00 (1.93)	0.86 (1.87)	0.85 (0.99)	0.67 (1.00)	1.45 (1.40)	1.34 (2.66)	1.30 (1.51)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.69 (0.85)	0.74 (1.23)
Colocación sobre Tapa	1.70 (1.20)	2.28 (2.25)	2.72 (2.72)	2.48 (1.65)	1.63 (1.08)	2.31 (1.95)	2.24 (1.77)	2.00 (1.39)	1.48 (0.64)	1.76 (1.30)	2.21 (1.61)	1.81 (1.36)
Goma		0.21 (0.49)		0.07 (0.27)		1.31 (1.47)		1.22 (1.45)		0.03 (0.19)		0.07 (0.38)

ESFUERZO												
Agarre	1.85	2.76	2.52	3.07	0.41	1.41	1.72	1.56	0.74	0.93	2.17	1.81
	(1.61)	(2.76)	(2.41)	(1.80)	(0.80)	(1.52)	(2.36)	(1.55)	(1.02)	(0.80)	(2.42)	(2.87)
Colocación sobre Tapa	1.37	1.48	1.45	1.81	1.63	1.90	1.86	0.96	1.41	1.48	3.21	2.56
	(1.31)	(1.88)	(1.53)	(1.39)	(1.24)	(2.04)	(2.18)	(0.98)	(1.60)	(1.88)	(2.85)	(2.15)
Goma		0.31		1.85		0.86		1.26		0.66		0.59
		(0.66)		(1.85)		(1.27)		(1.40)		(0.77)		(1.76)
FACILIDAD DE USO												
Agarre	2.30	3.14	0.24	0.19	1.52	1.86	0.59	0.48	0.15	0.45	0.72	1.15
	(1.71)	(3.81)	(0.79)	(0.62)	(1.42)	(2.55)	(1.15)	(1.22)	(0.46)	(1.18)	(1.10)	(1.10)
Colocación sobre Tapa	0.22	0.45	1.76	1.67	1.07	0.62	2.07	2.19	2.81	3.34	1.10	1.56
	(0.80)	(0.95)	(3.14)	(1.30)	(1.38)	(0.86)	(2.43)	(1.90)	(2.53)	(5.70)	(0.90)	(1.48)
Goma		0.52		0.04		1.45		0.07		0.10		0.07
		(0.74)		(0.19)		(2.08)		(0.27)		(0.41)		(0.27)



# Anexo VII

Este anexo presenta los resultados de los mapas de calor según los tiempos de fijaciones de la P1 a la P5 por modelo de abridor en sus dos versiones (sin goma y con goma) y de los 6 distractores (en el caso de la P1). Los mapas de calor representan los resultados diferenciando entre los participantes que acertaron la función principal (mapa de calor representado a la izquierda de cada figura) de los que no (mapa de calor de la derecha).

# Mapas de calor

## P1: ¿PARA QUÉ LO USARÍAS?

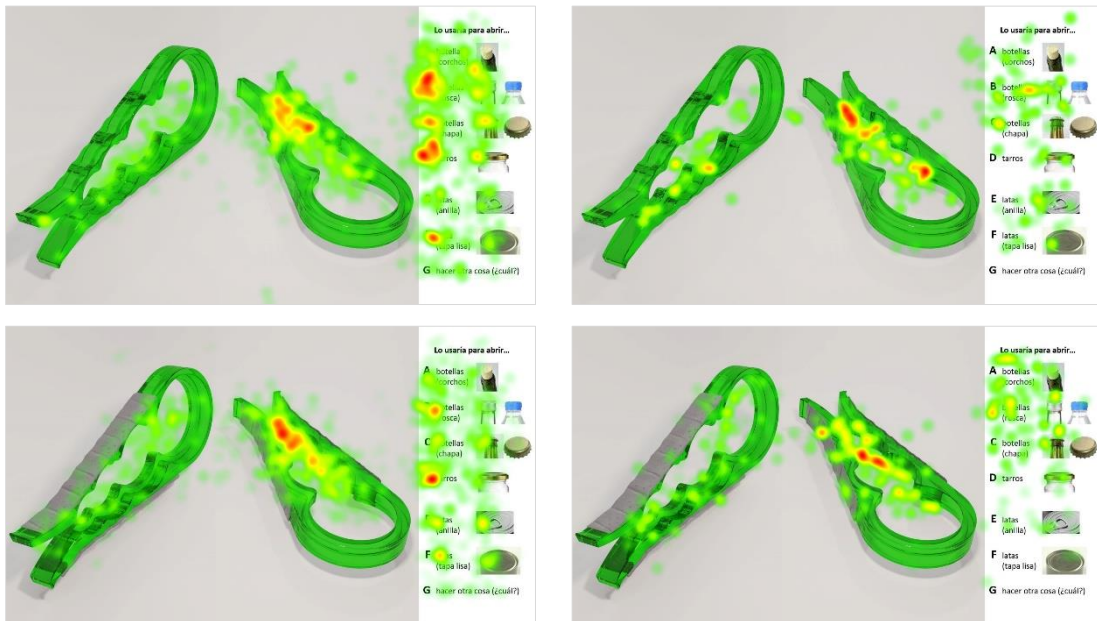


Figura AVII. 1. Mapas de calor de la P1 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

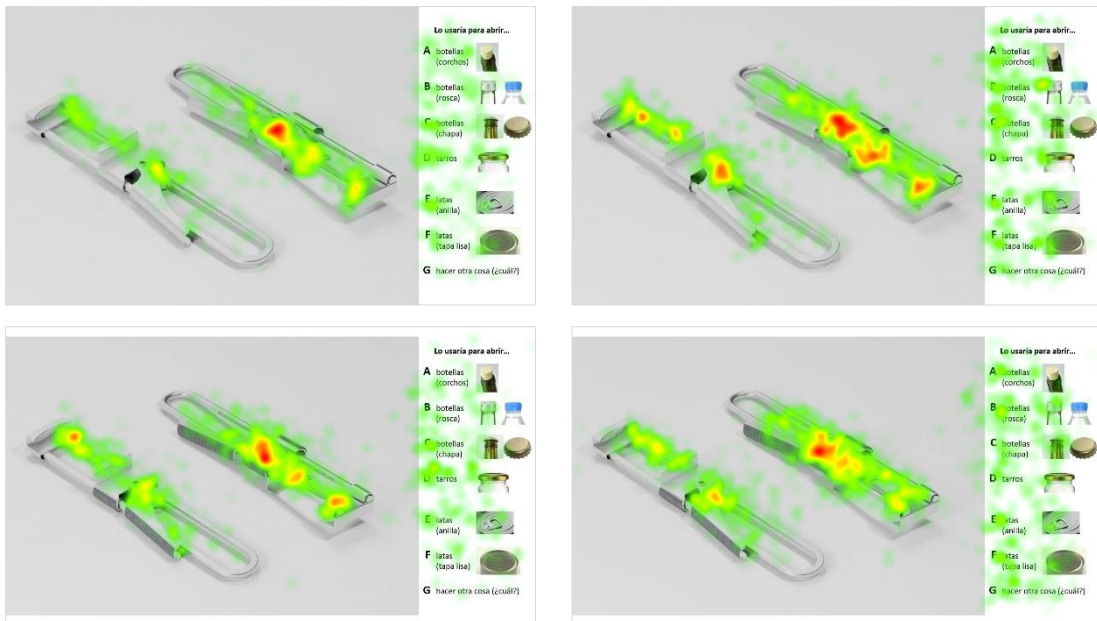


Figura AVII. 2. Mapas de calor de la P1 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

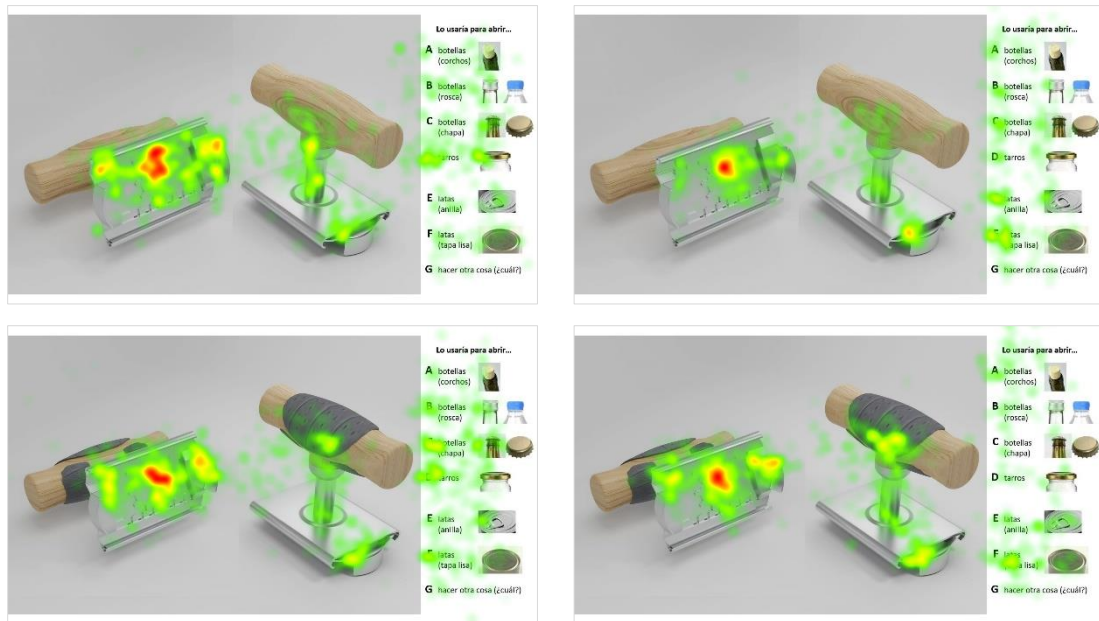


Figura AVII. 3. Mapas de calor de la P1 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

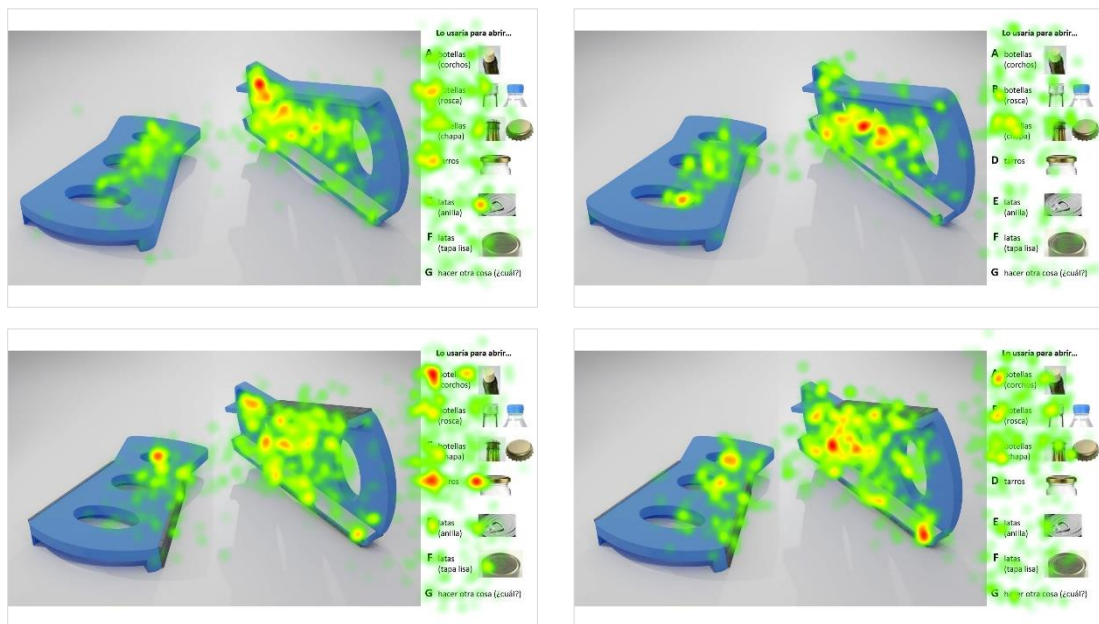


Figura AVII. 4. Mapas de calor de la P1 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

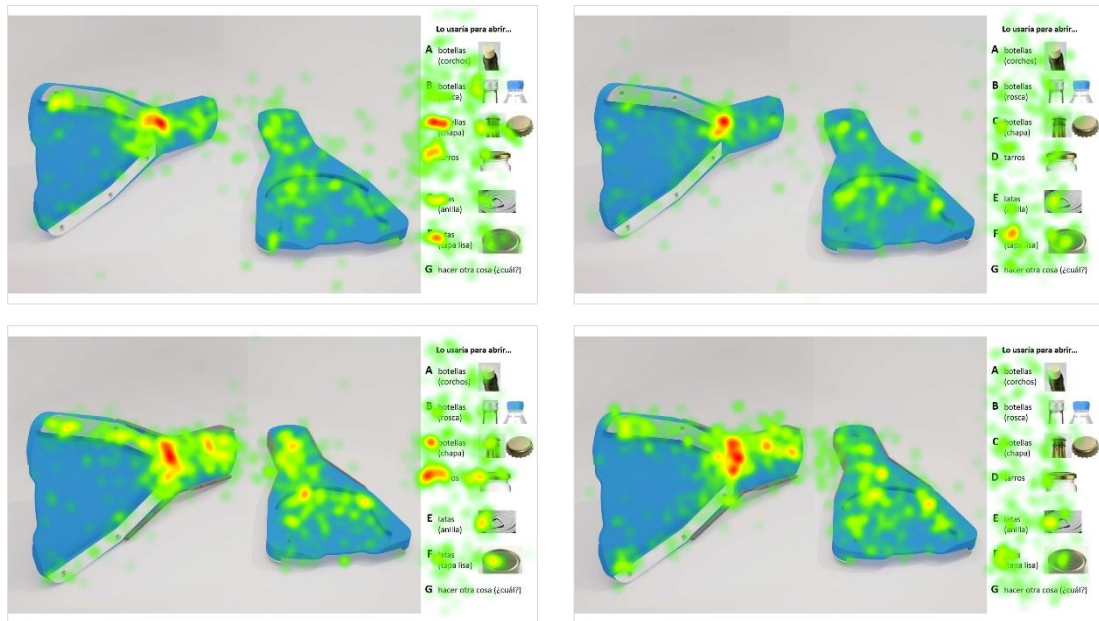


Figura AVII. 5. Mapas de calor de la P1 para el modelo 5 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

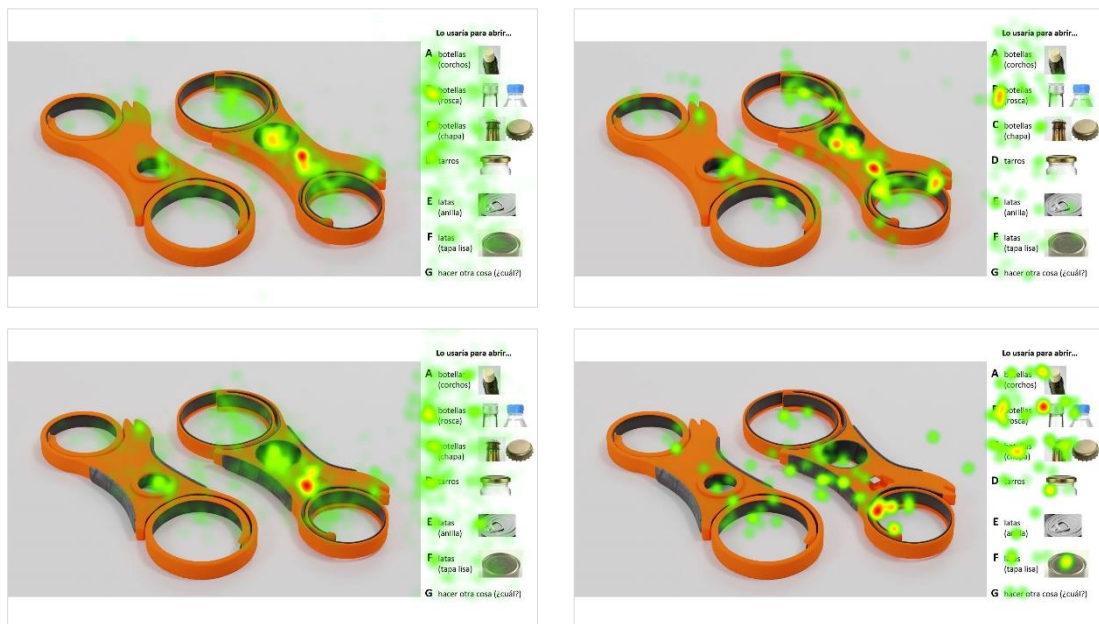


Figura AVII. 6. Mapas de calor de la P1 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

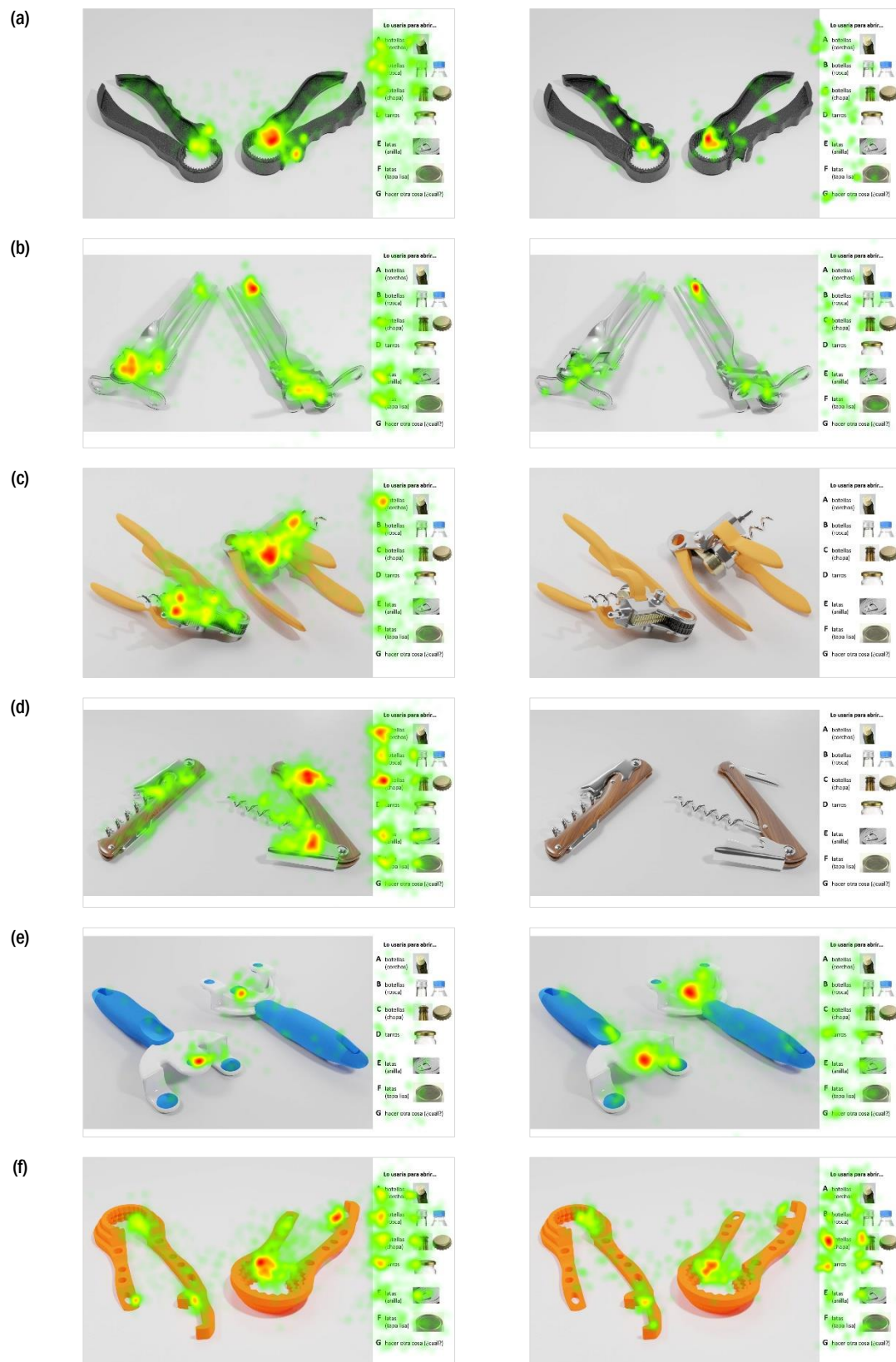


Figura AVII. 7. Mapas de calor de la P1 para los modelos (a) 7, (b) 8, (c) 9, (d) 10, (e) 11 y (f) 12 de abiertos (izquierda) y fallos (derecha).

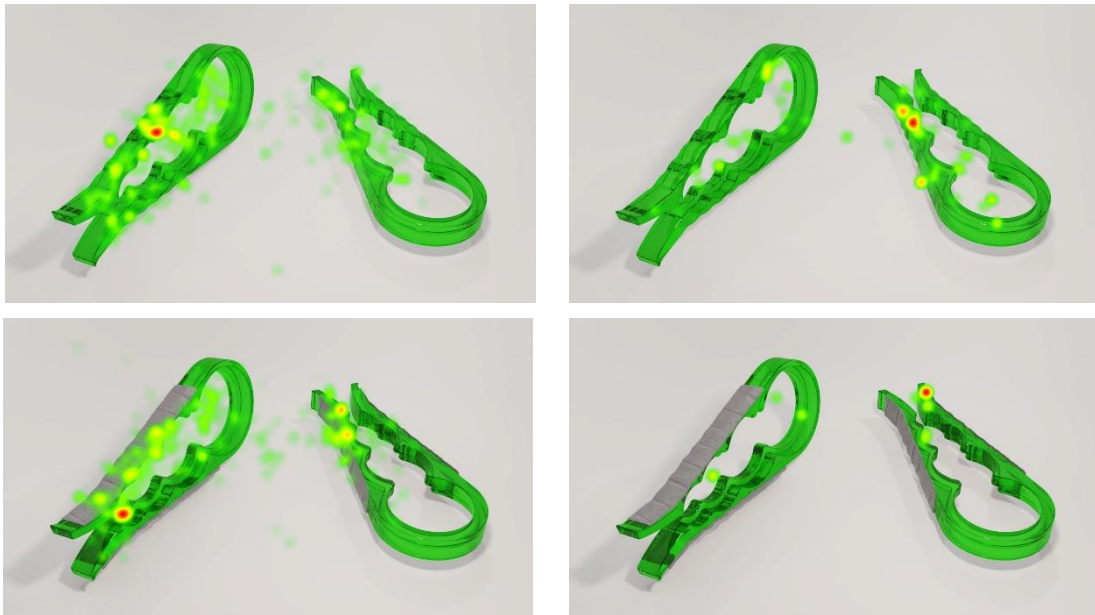
**P2: ¿POR DÓNDE LO AGARRARÍAS?**

Figura AVII. 8. Mapas de calor de la P2 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

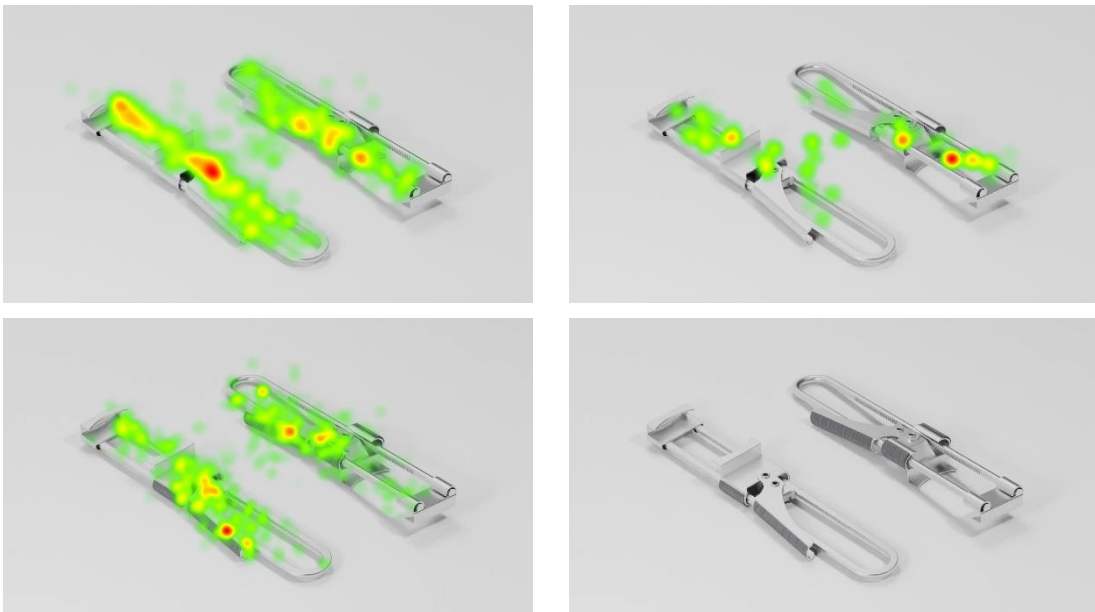
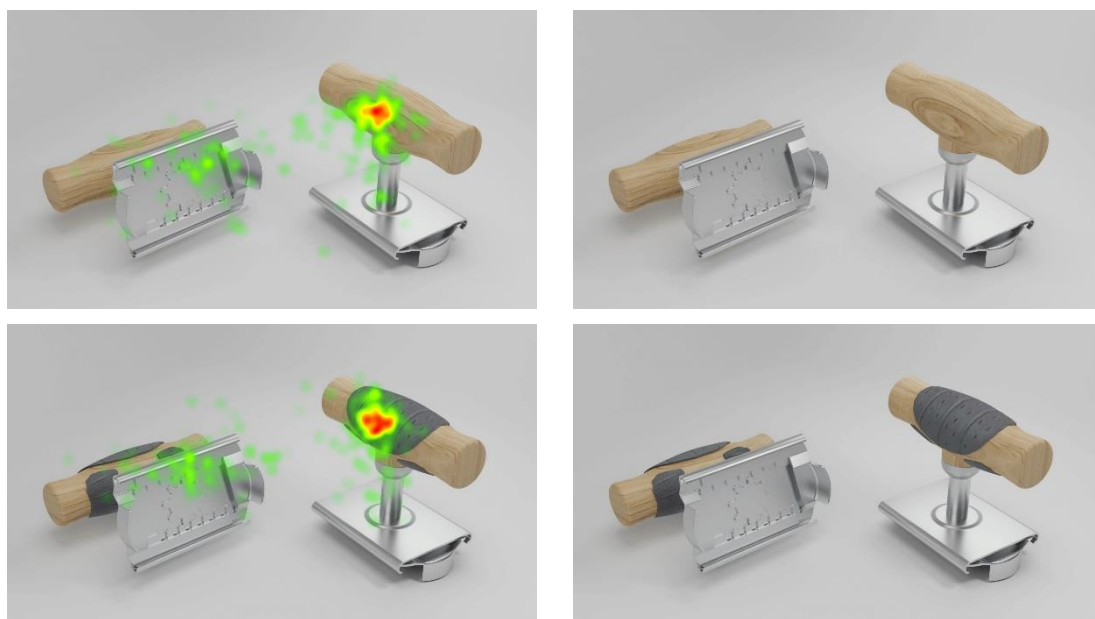
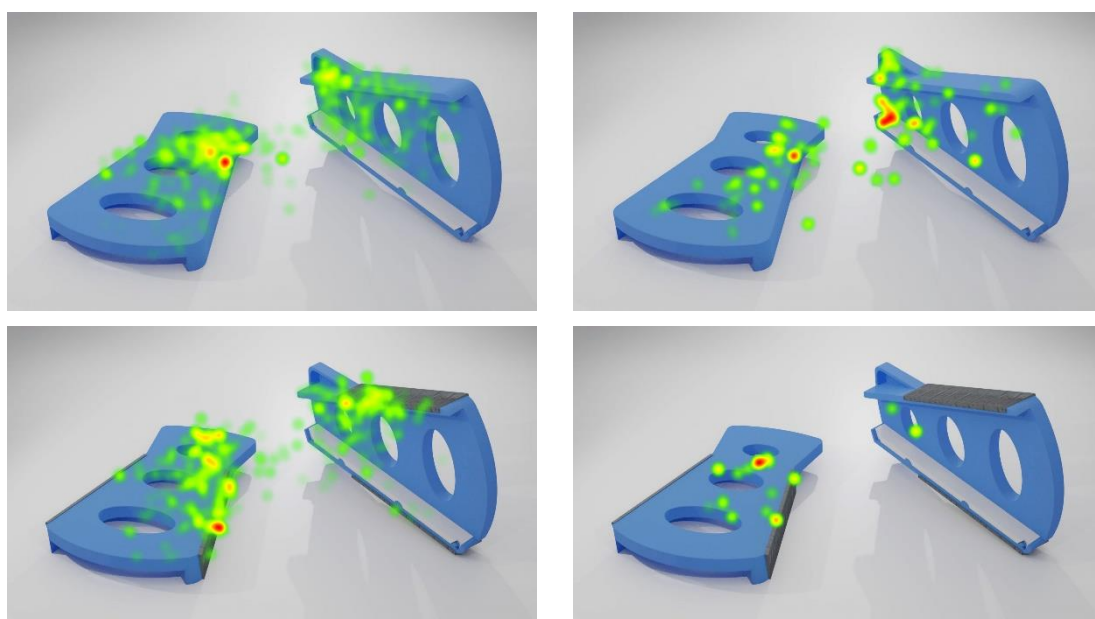


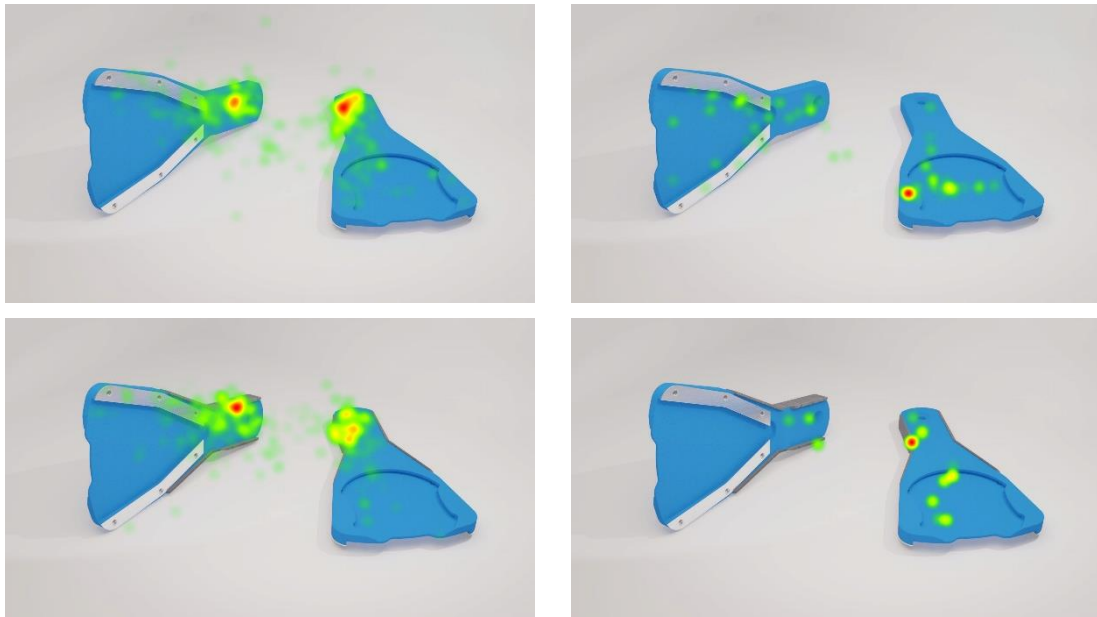
Figura AVII. 9. Mapas de calor de la P2 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).



*Figura AVII. 10. Mapas de calor de la P2 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



*Figura AVII. 11. Mapas de calor de la P2 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



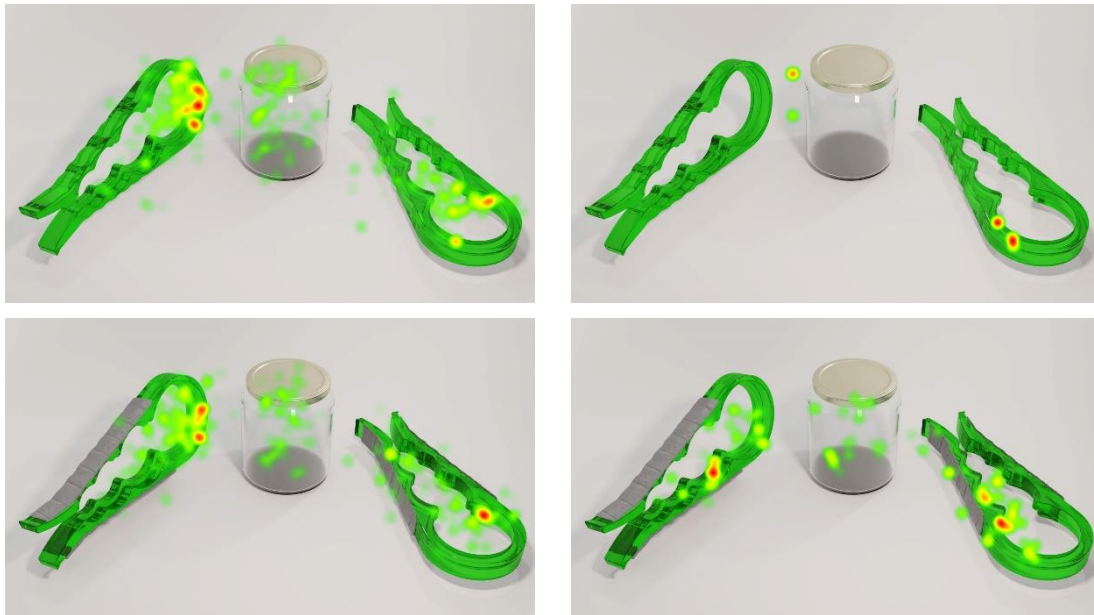
*Figura AVII. 12. Mapas de calor de la P2 para el modelo 5 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



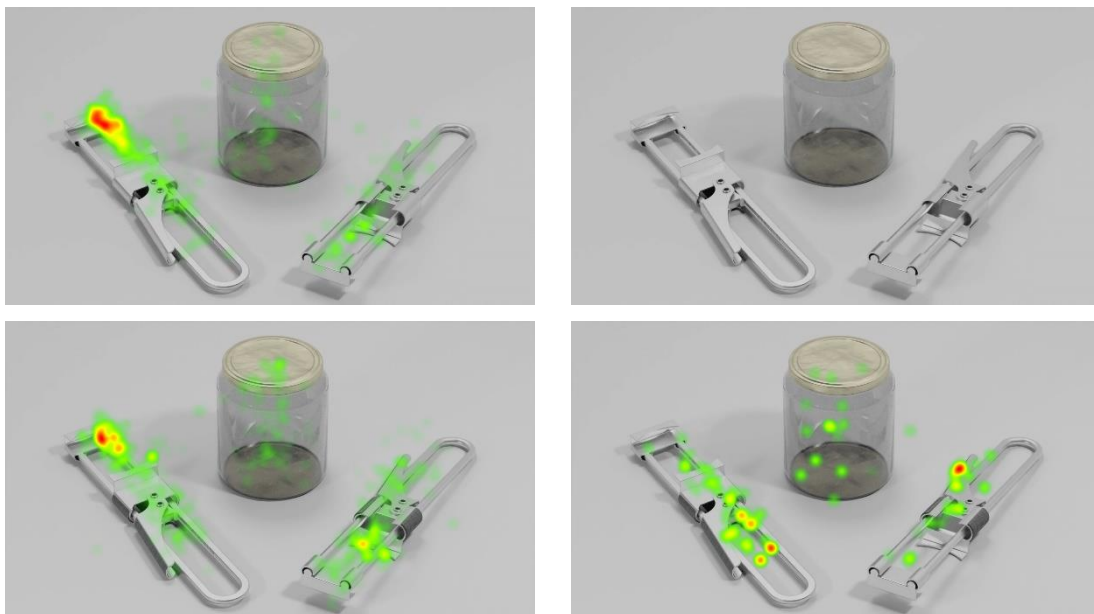
*Figura AVII. 13. Mapas de calor de la P2 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



**P3: ¿QUÉ ZONA DEL ABRE TARROS SE DEBE COLOCAR SOBRE LA TAPA DEL TARRO?**



*Figura AVII. 14. Mapas de calor de la P3 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



*Figura AVII. 15. Mapas de calor de la P3 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*

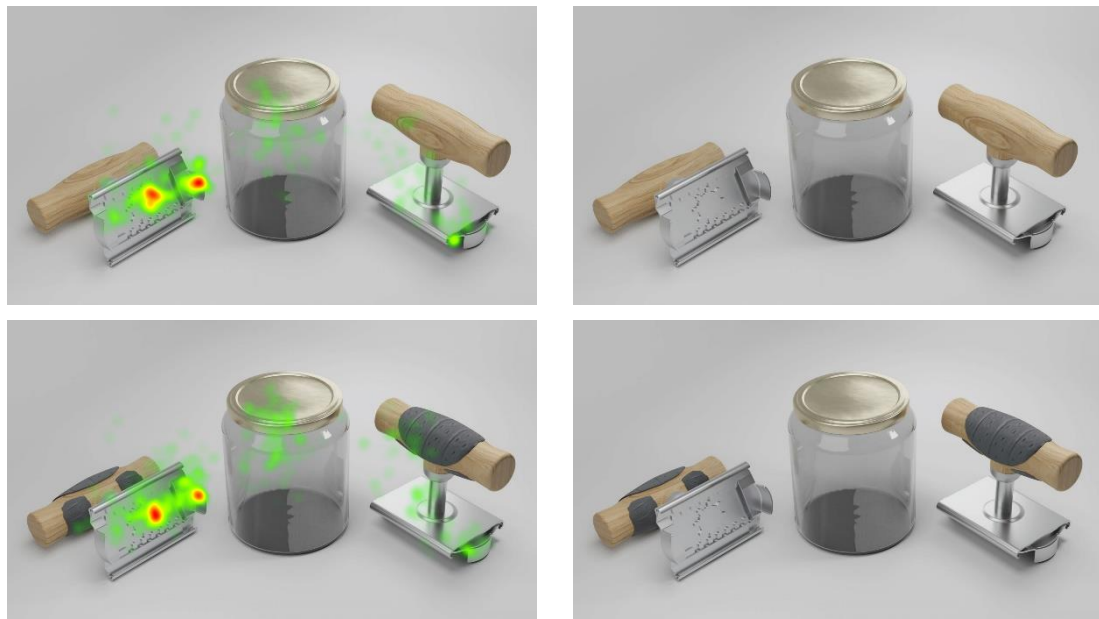


Figura AVII. 16. Mapas de calor de la P3 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

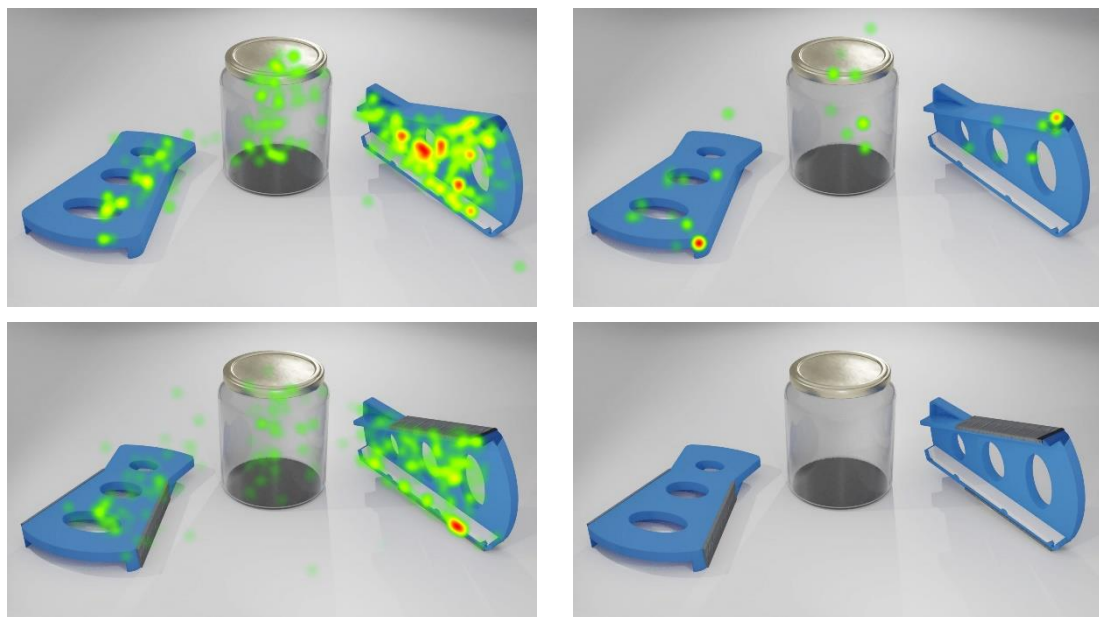
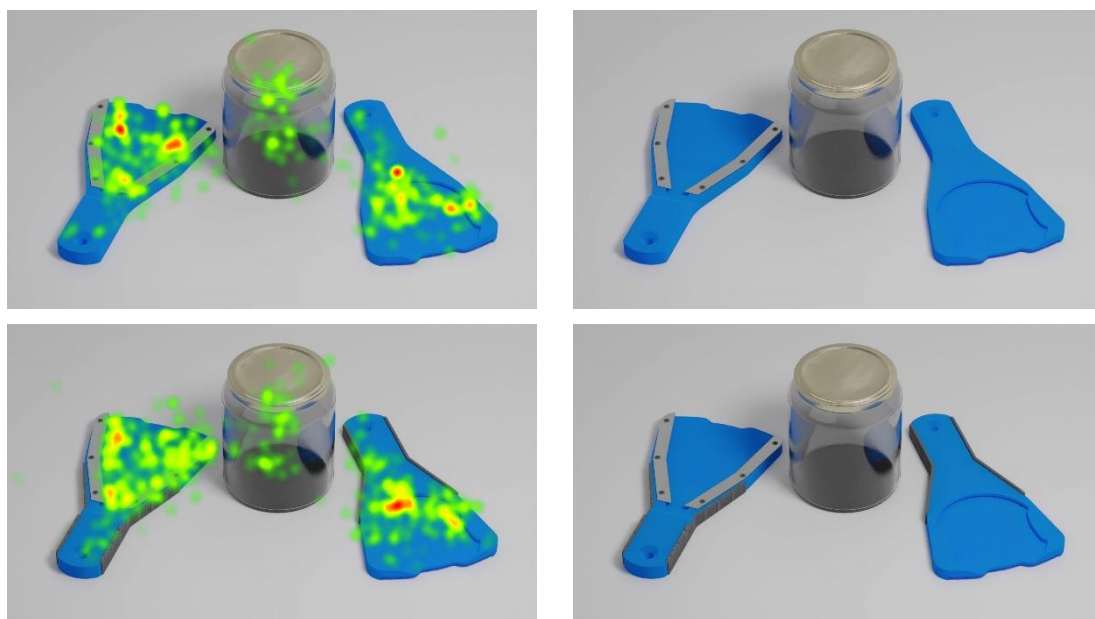


Figura AVII. 17. Mapas de calor de la P3 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).



*Figura AVII. 18. Mapas de calor de la P3 para el modelo 5 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



*Figura AVII. 19. Mapas de calor de la P3 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*

## P4: ¿QUÉ TIPO DE ESFUERZO HARÍAS?

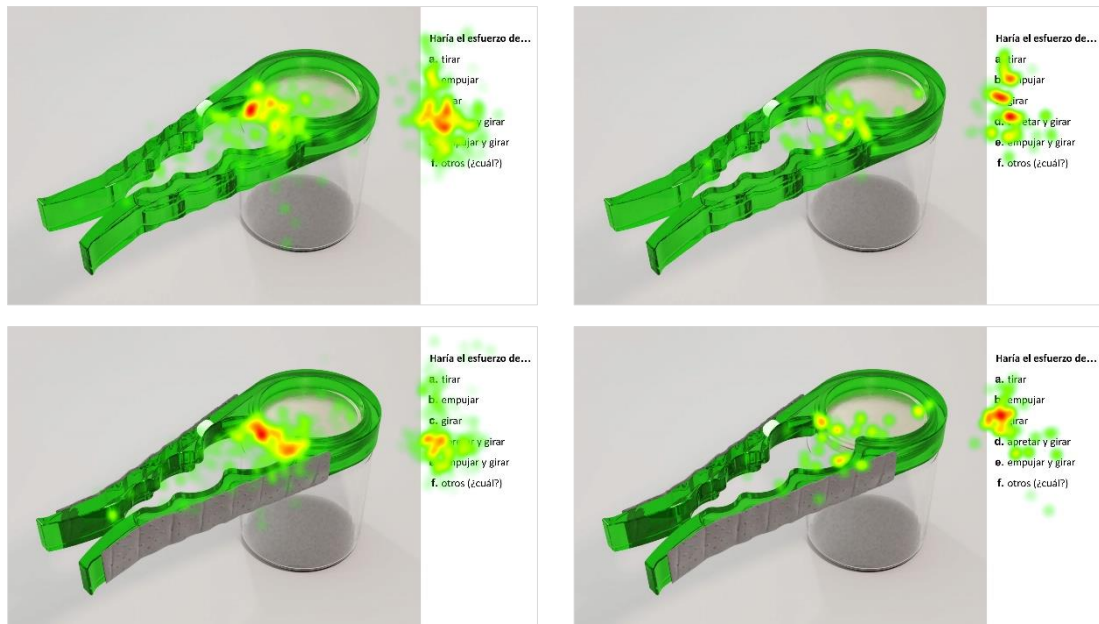


Figura AVII. 20. Mapas de calor de la P4 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

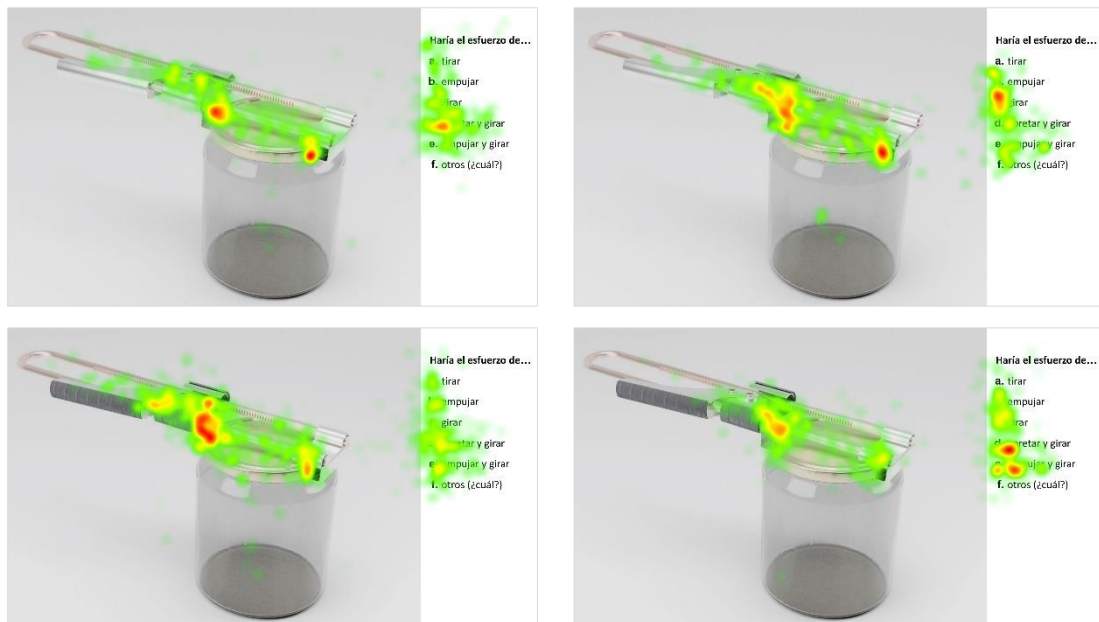


Figura AVII. 21. Mapas de calor de la P4 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

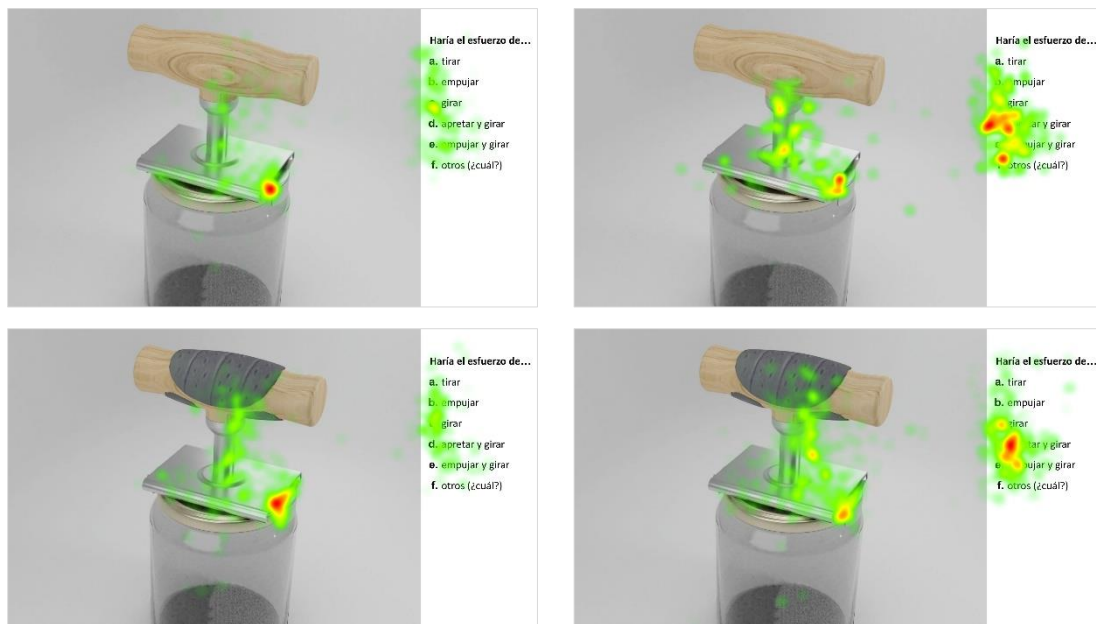


Figura AVII. 22. Mapas de calor de la P4 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

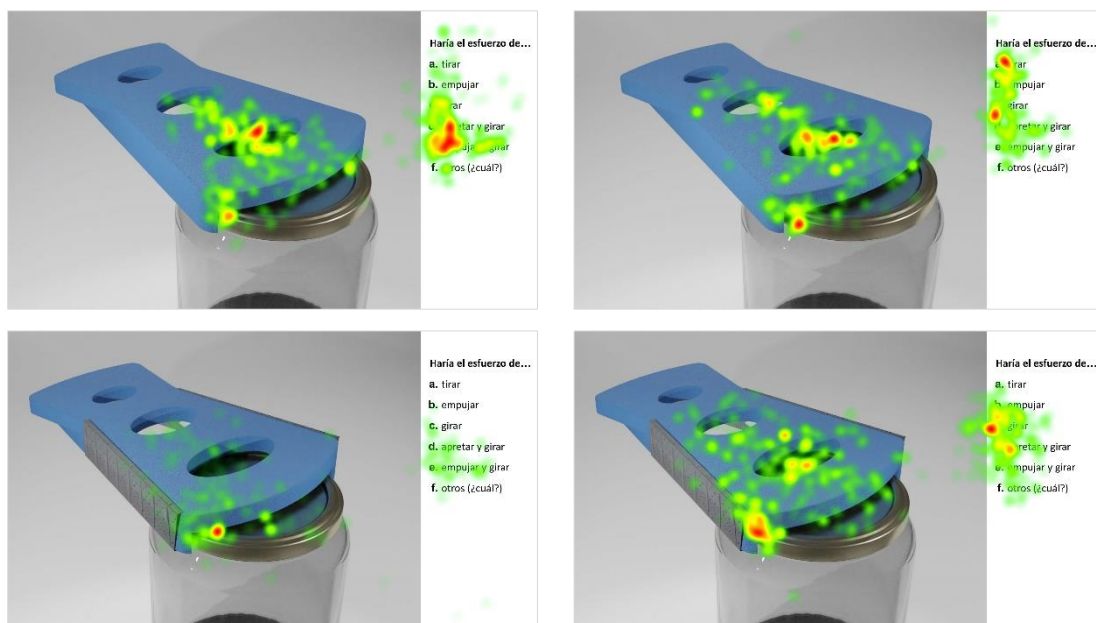


Figura AVII. 23. Mapas de calor de la P4 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

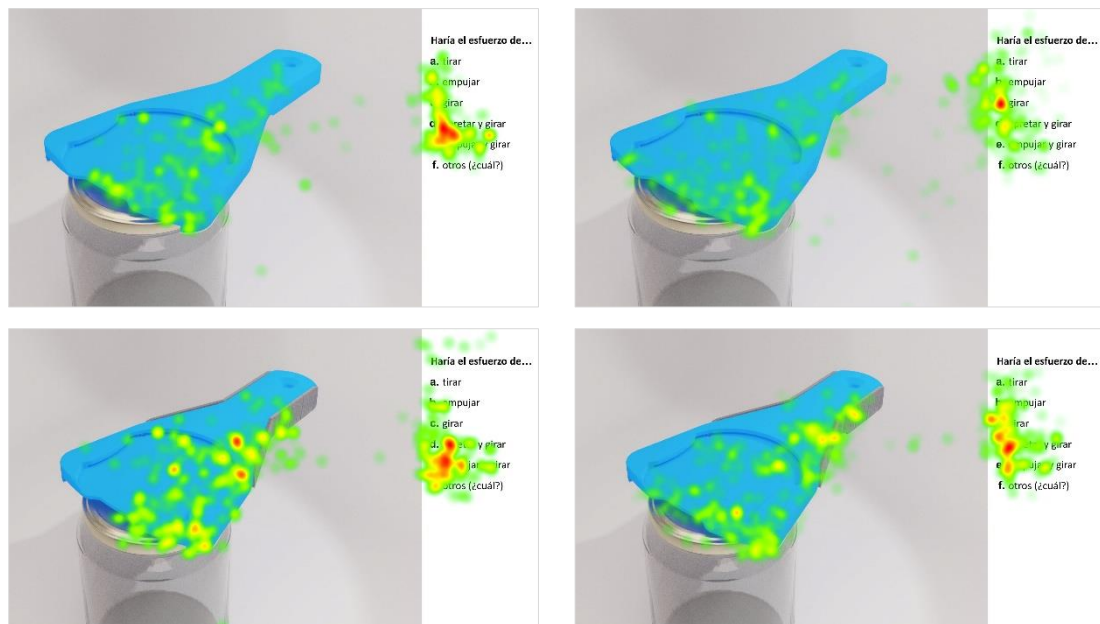


Figura AVII. 24. Mapas de calor de la P4 para el modelo 5 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

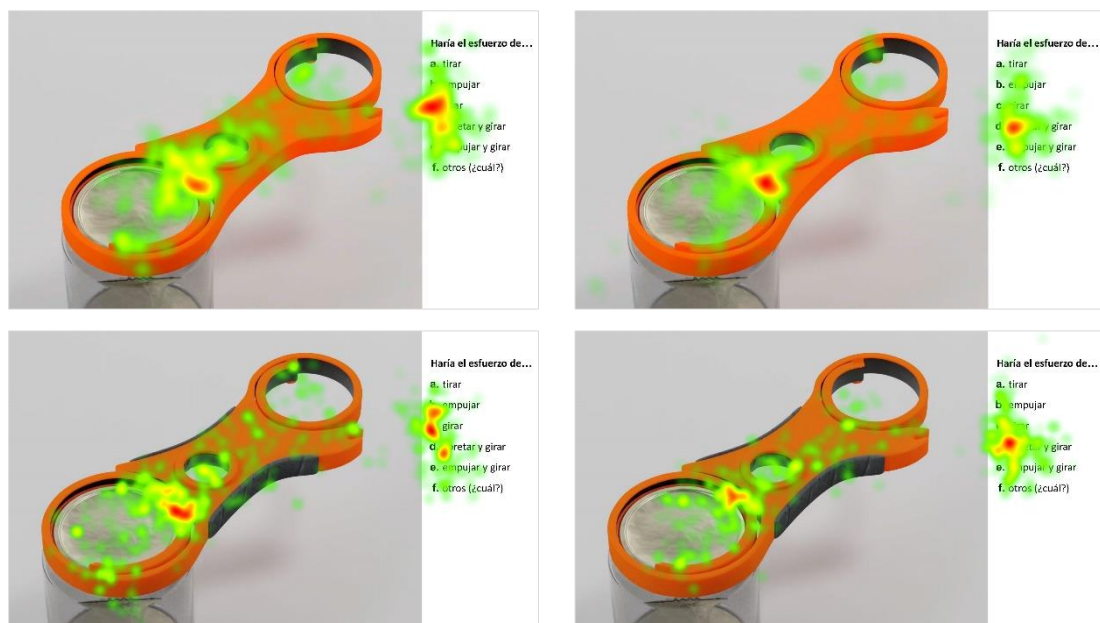
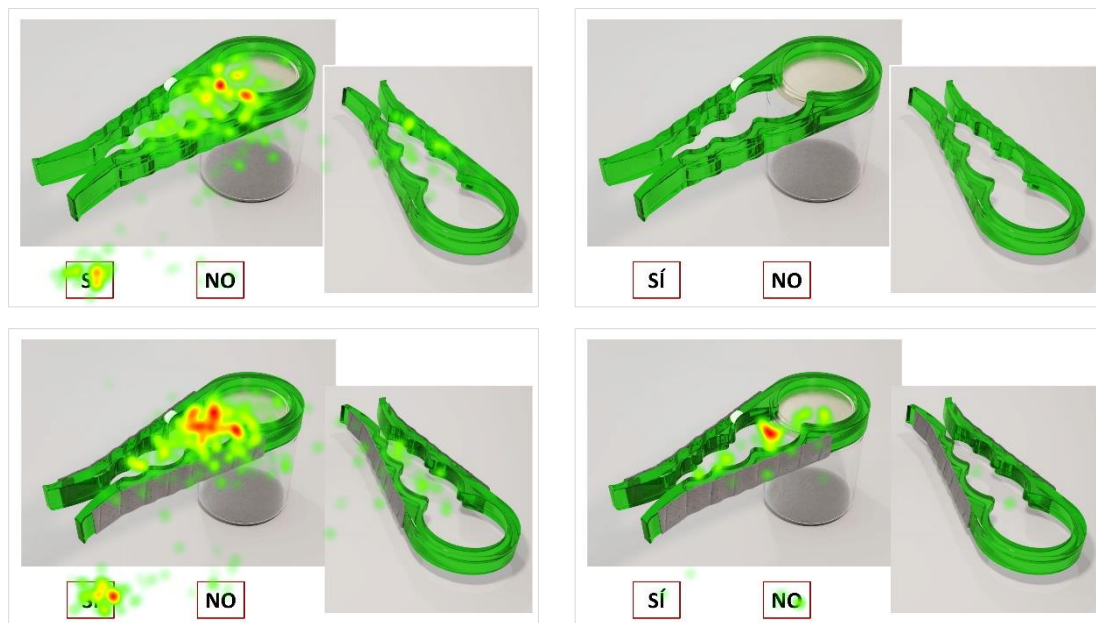
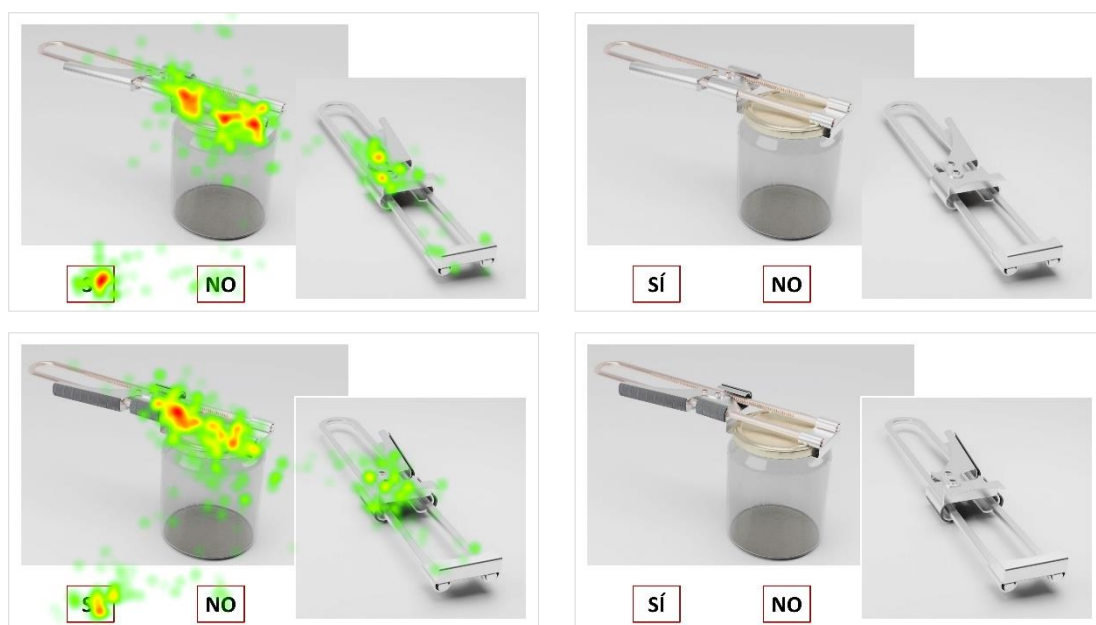


Figura AVII. 25. Mapas de calor de la P4 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

**P5: ¿CREES QUE EL PRODUCTO PUEDE ABRIR DIFERENTES TAMAÑOS DE TARROS?**



*Figura AVII. 26. Mapas de calor de la P5 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



*Figura AVII. 27. Mapas de calor de la P5 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*

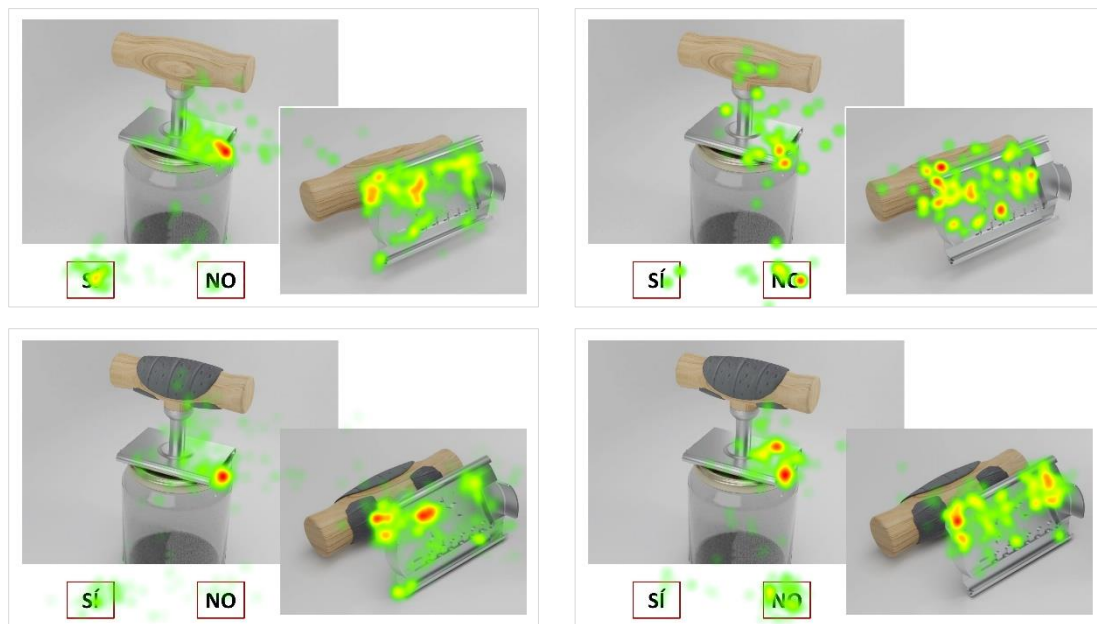


Figura AVII. 28. Mapas de calor de la P5 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

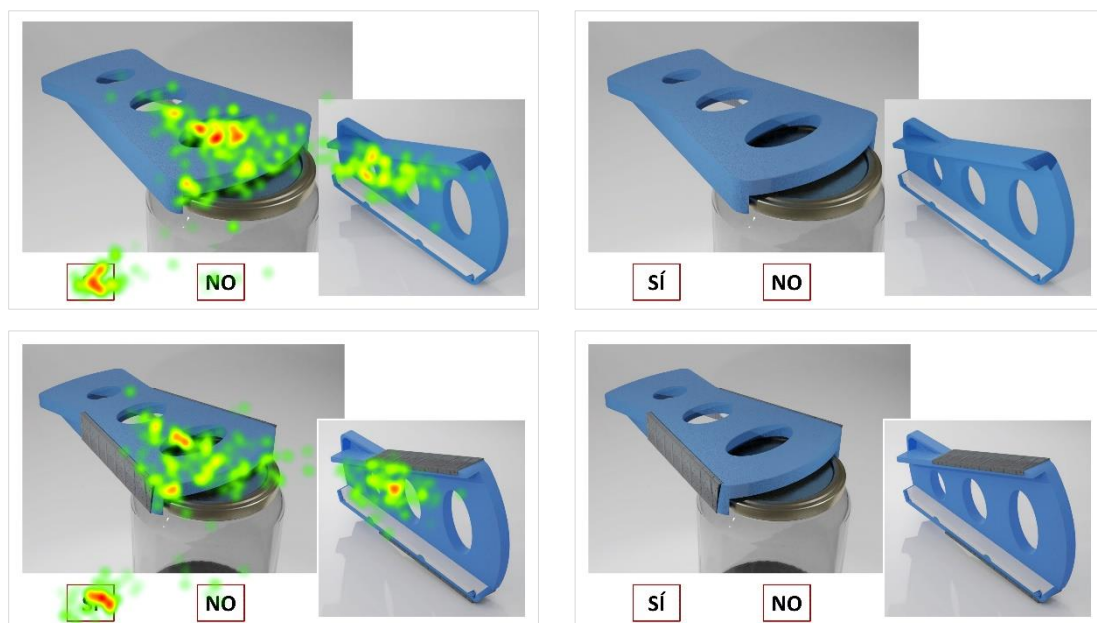


Figura AVII. 29. Mapas de calor de la P5 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).



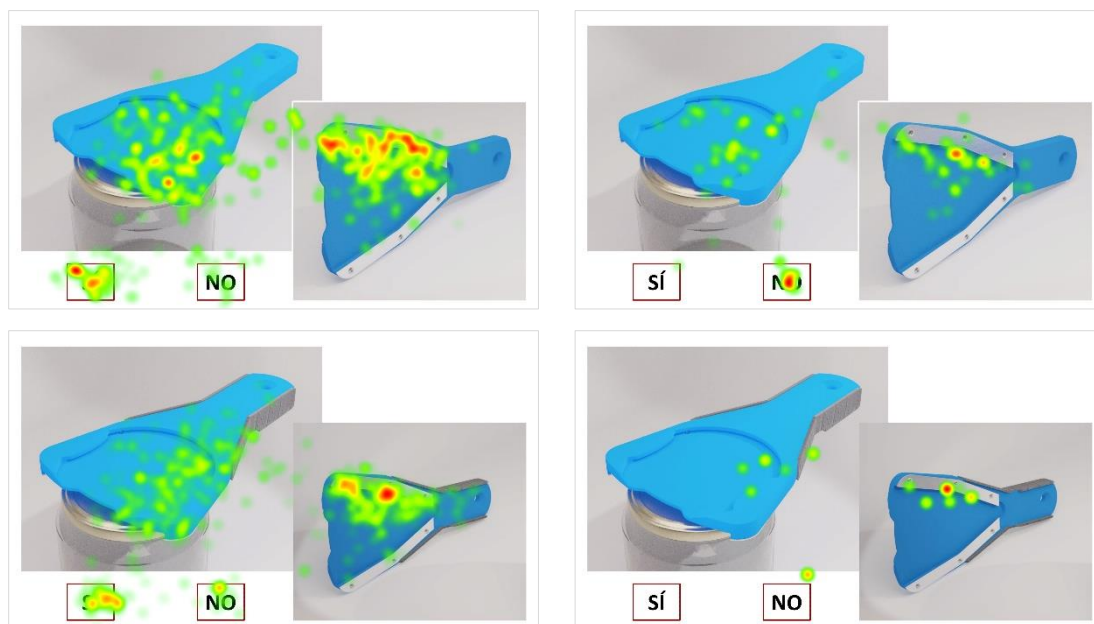


Figura AVII. 30. Mapas de calor de la P5 para el modelo 5 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

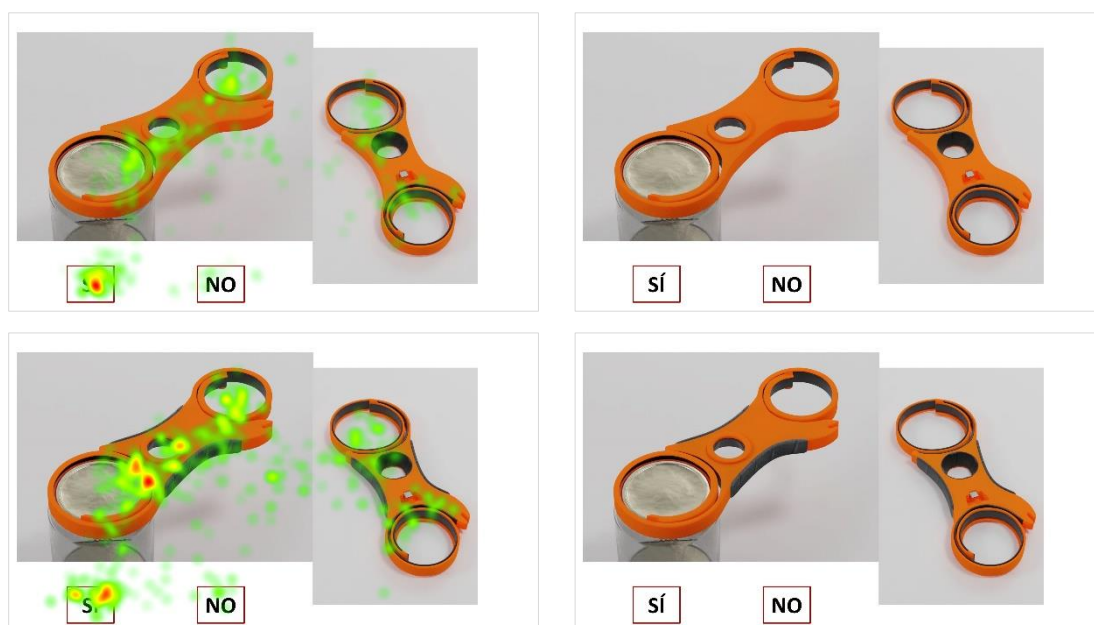


Figura AVII. 31. Mapas de calor de la P5 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

# Anexo VIII

Este anexo presenta los resultados de los *Gaze Plots* de la P1 a la P5 por modelo de abridor en sus dos versiones (sin goma y con goma) y de los 6 distractores (en el caso de la P1). Los *Gaze Plots* representan los resultados diferenciando entre los participantes que acertaron la función principal (imagen representada a la izquierda de cada figura) de los que no (imagen de la derecha).

# Gaze Plots

## P1: ¿PARA QUÉ LO USARÍAS?

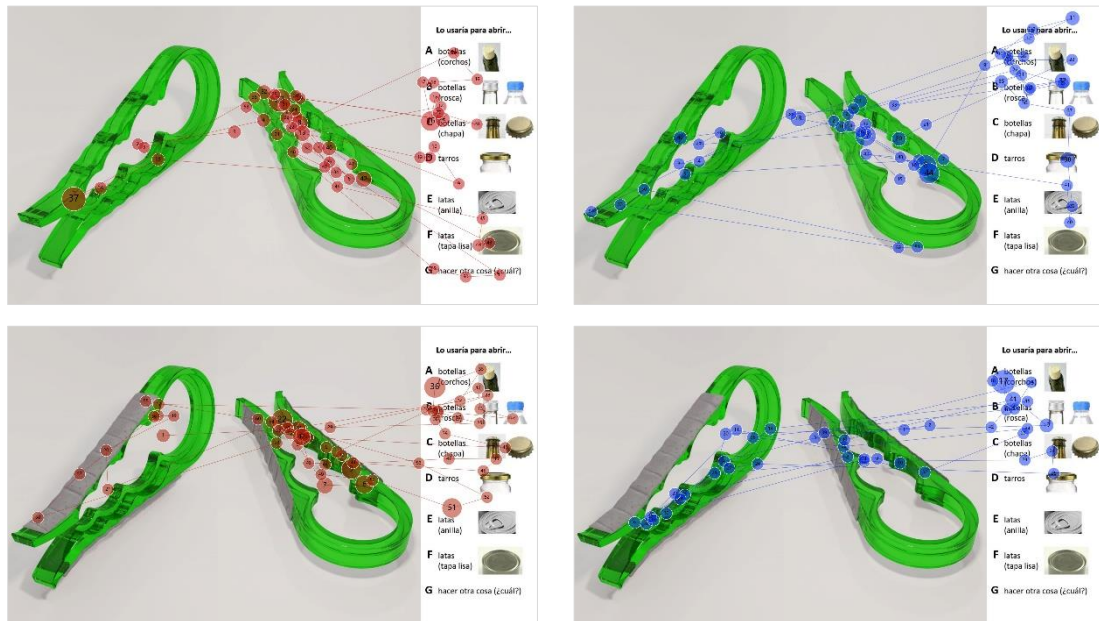


Figura AVIII. 1. Gaze Plots de la P1 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

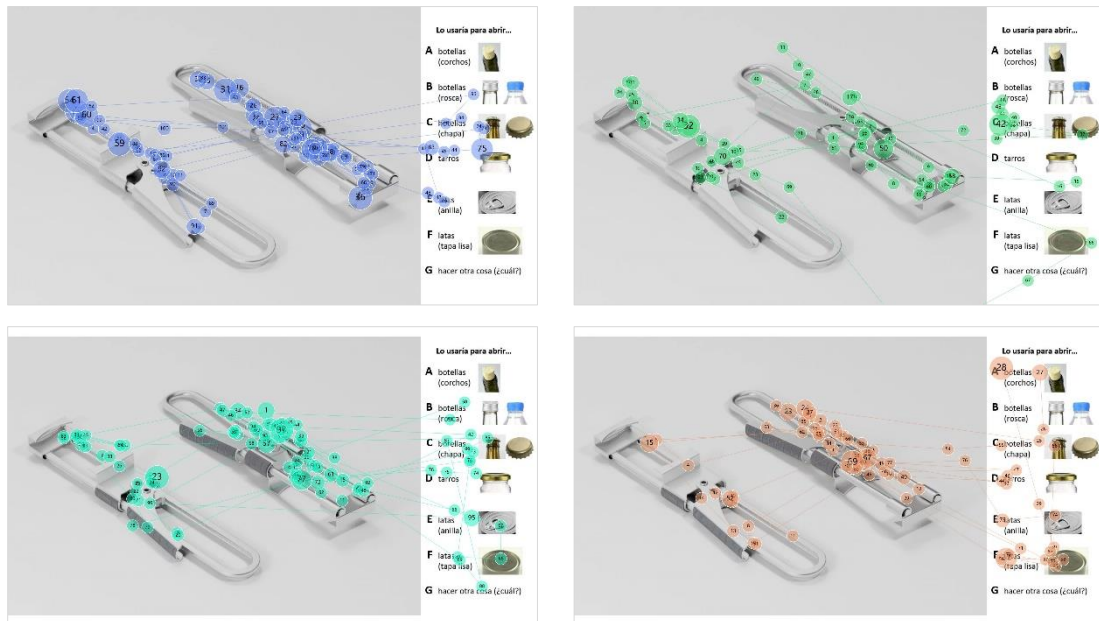


Figura AVIII. 2. Gaze Plots de la P1 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

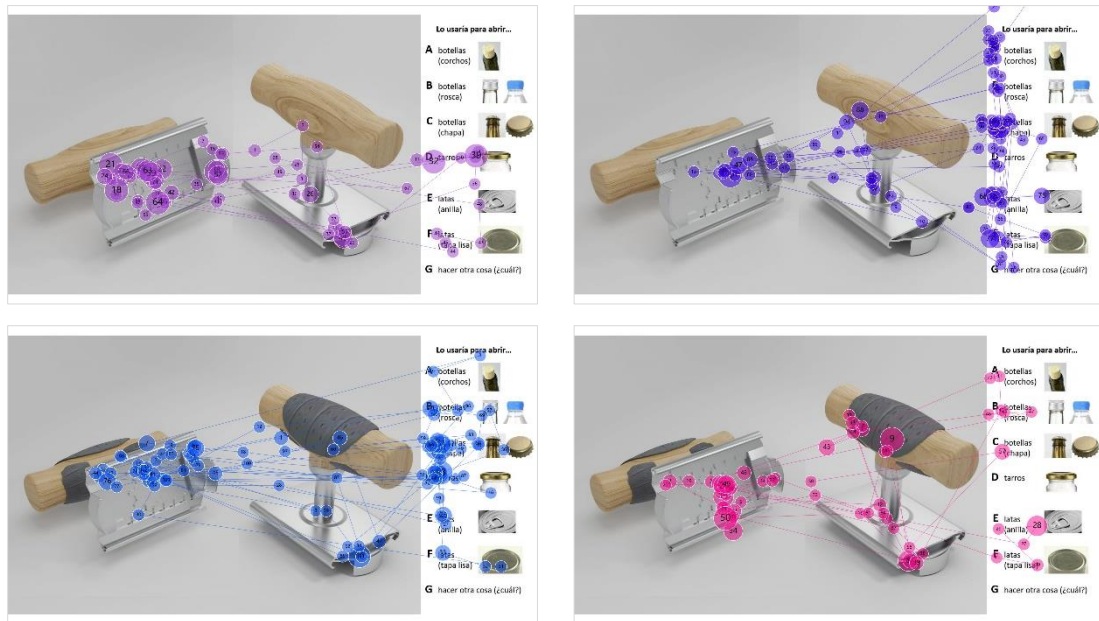


Figura AVIII. 3. Gaze Plots de la P1 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

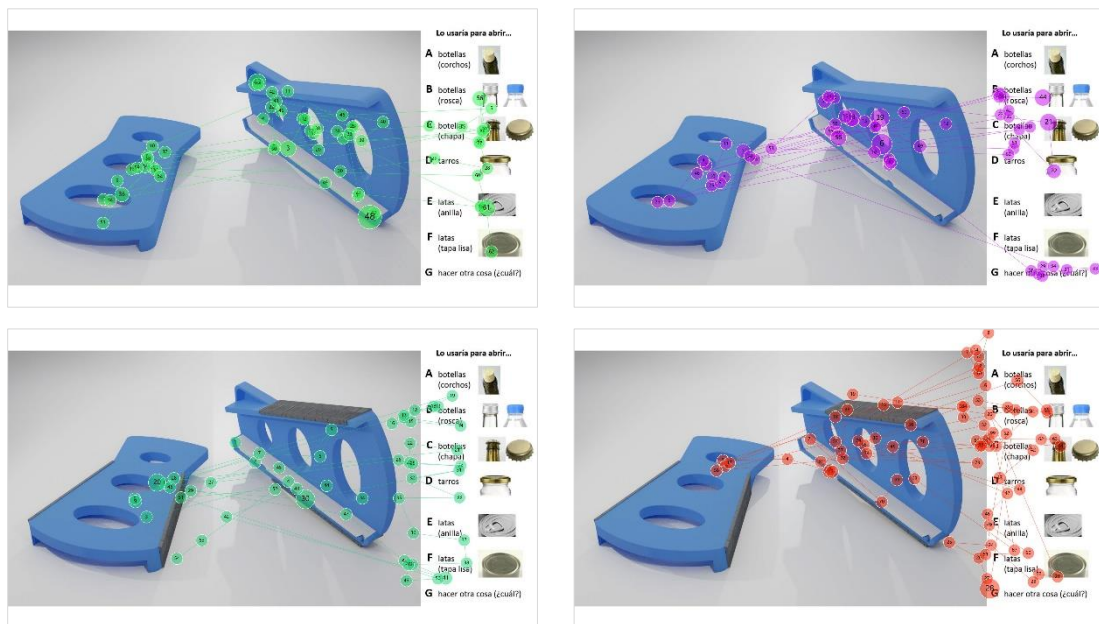


Figura AVIII. 4. Gaze Plots de la P1 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

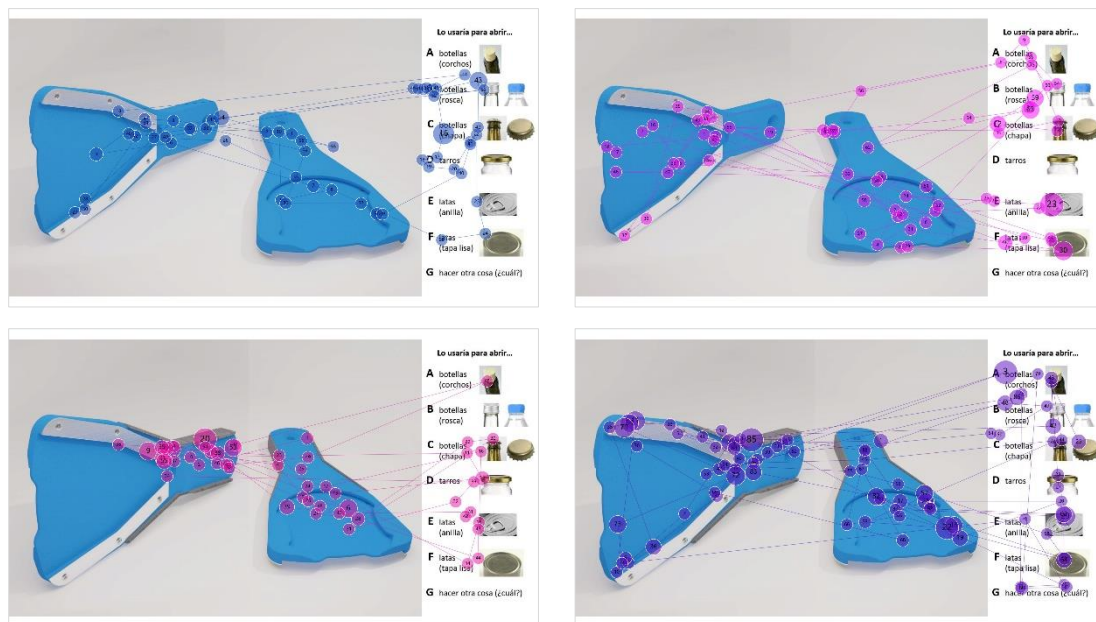


Figura AVIII. 5. Gaze Plots de la P1 para el modelo 5 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

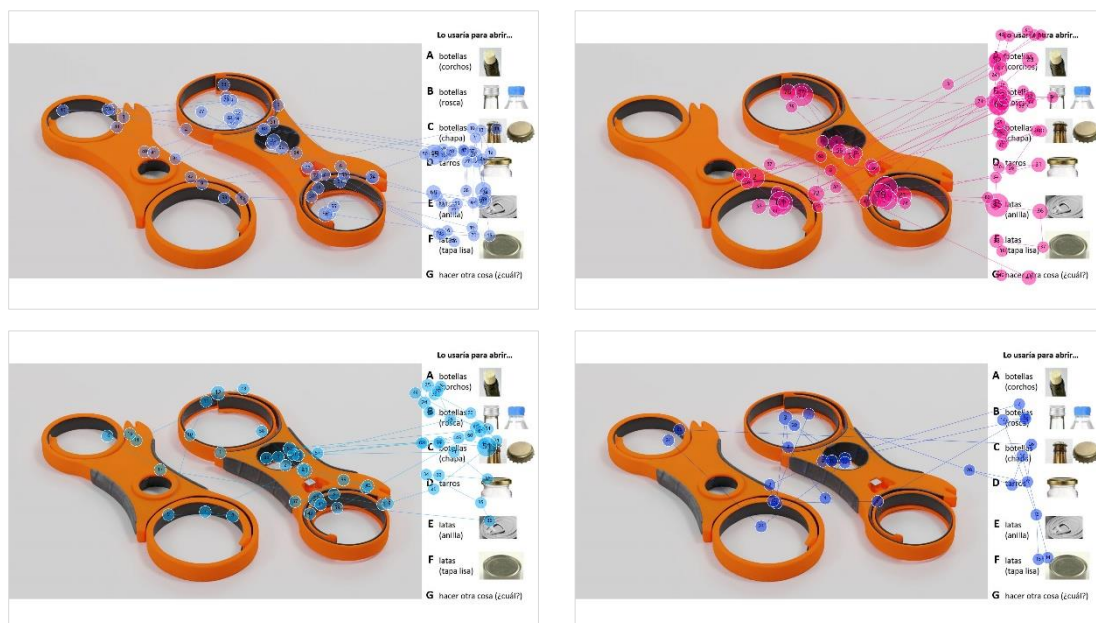


Figura AVIII. 6. Gaze Plots de la P1 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

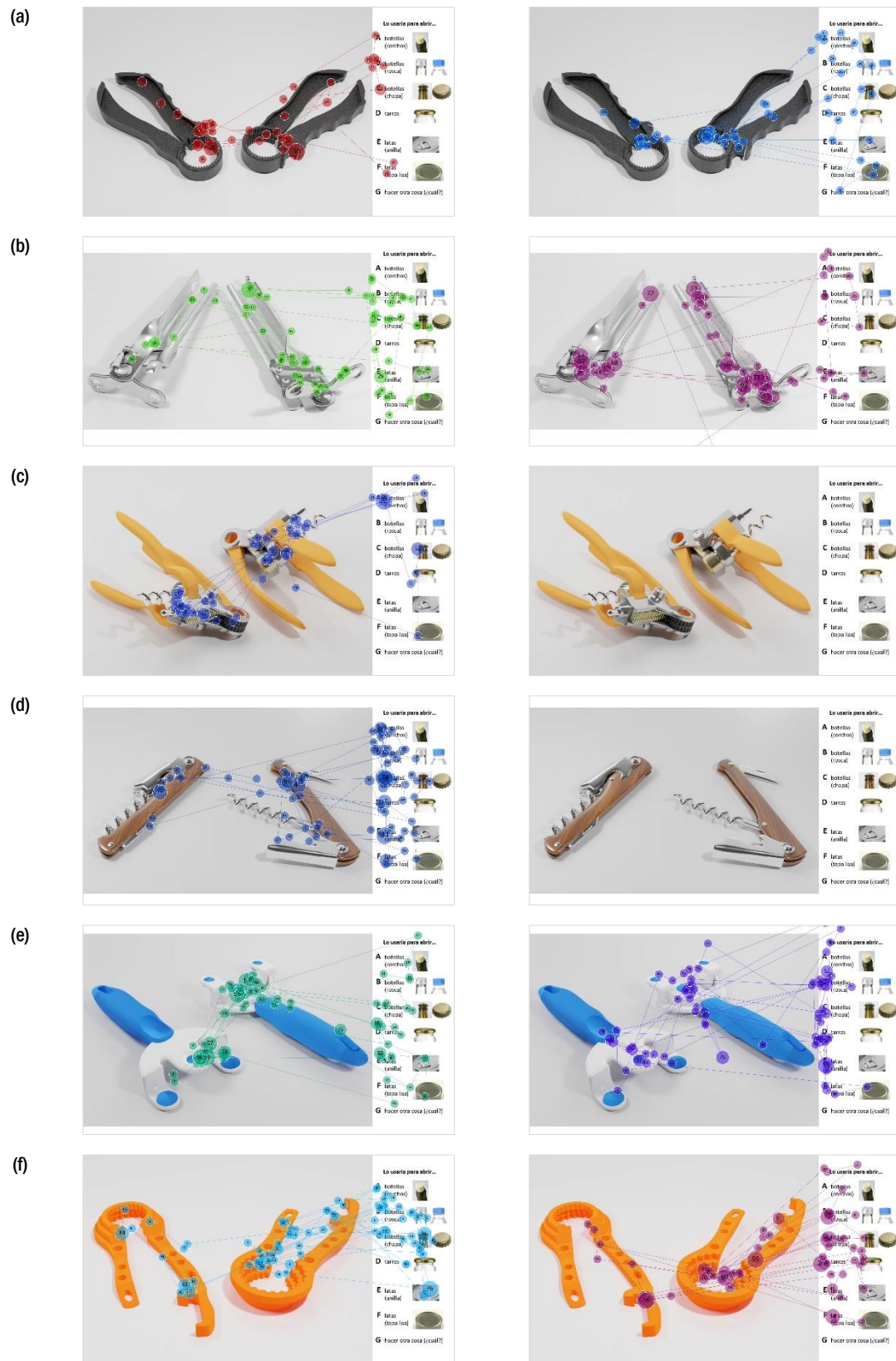


Figura AVIII. 7. Gaze Plots de la P1 para los modelos (a) 7, (b) 8, (c) 9, (d) 10, (e) 11 y (f) 12 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha).

## P2: ¿POR DÓNDE LO AGARRARÍAS?

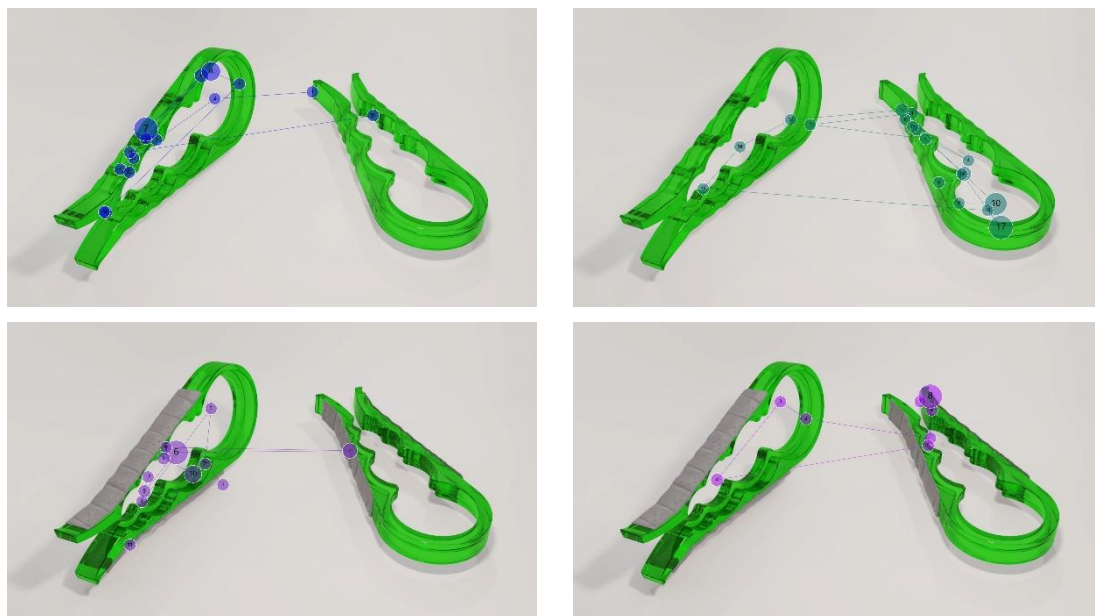
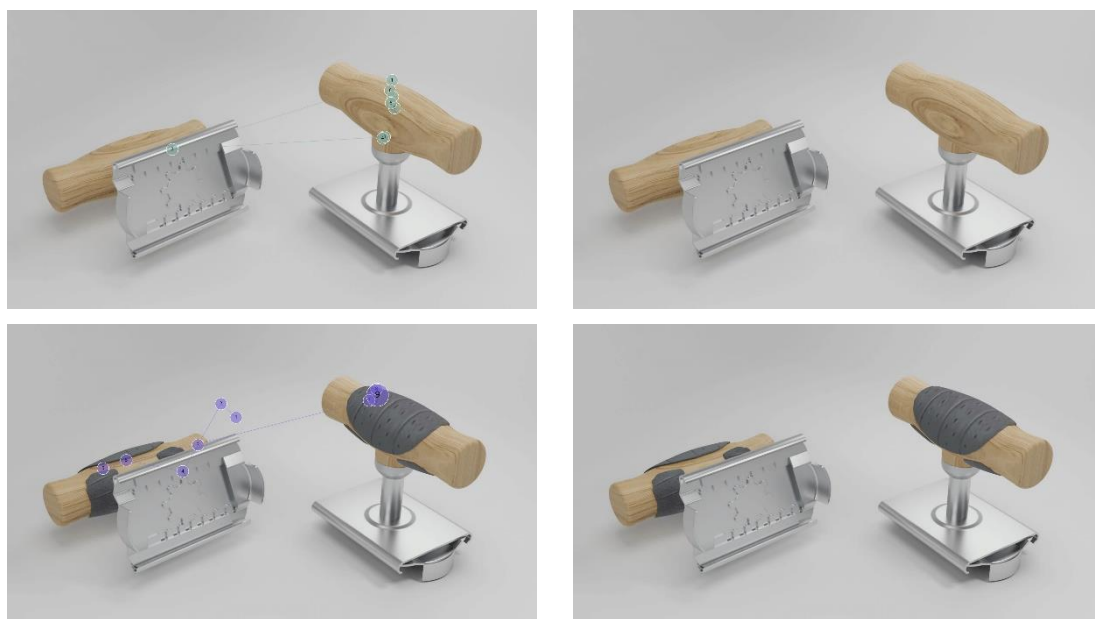


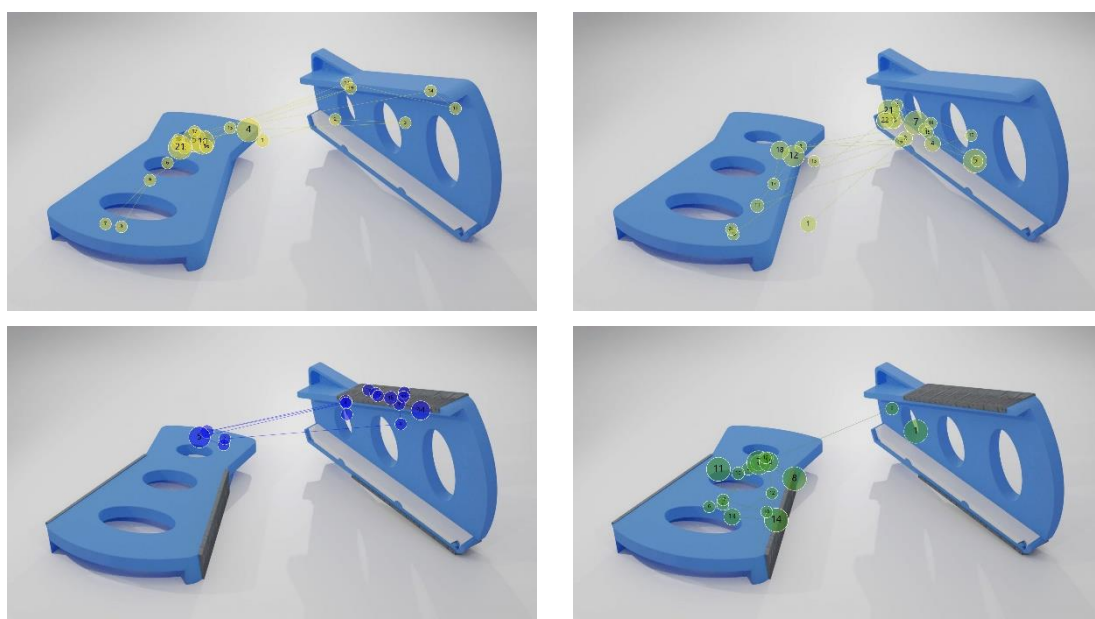
Figura AVIII. 8. Gaze Plots de la P2 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).



Figura AVIII. 9. Gaze Plots de la P2 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).



*Figura AVIII. 10. Gaze Plots de la P2 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*

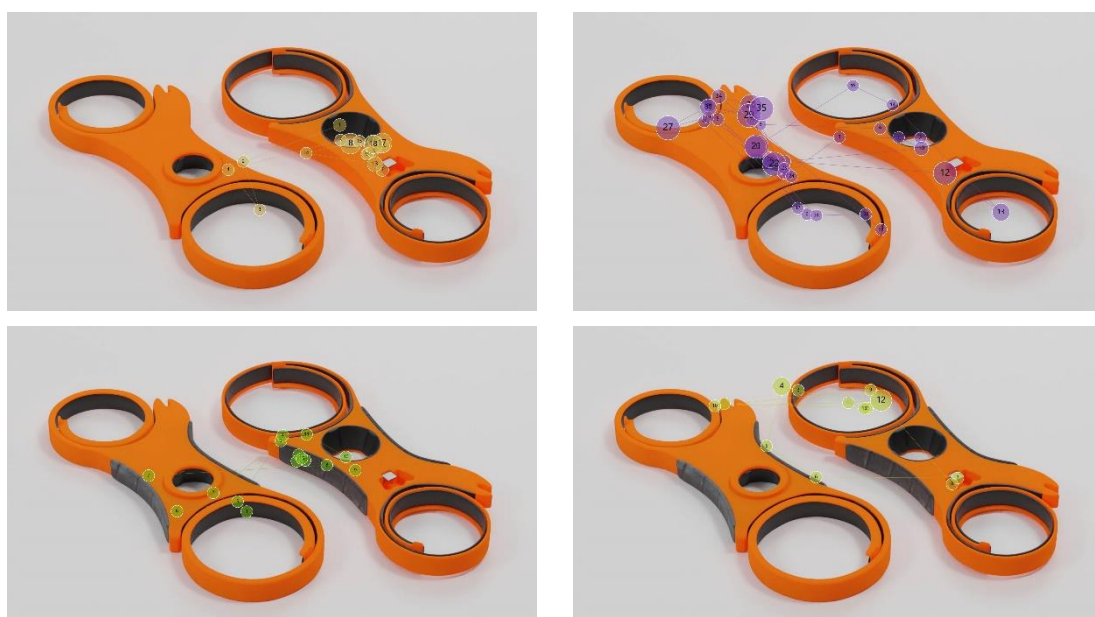


*Figura AVIII. 11. Gaze Plots de la P2 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



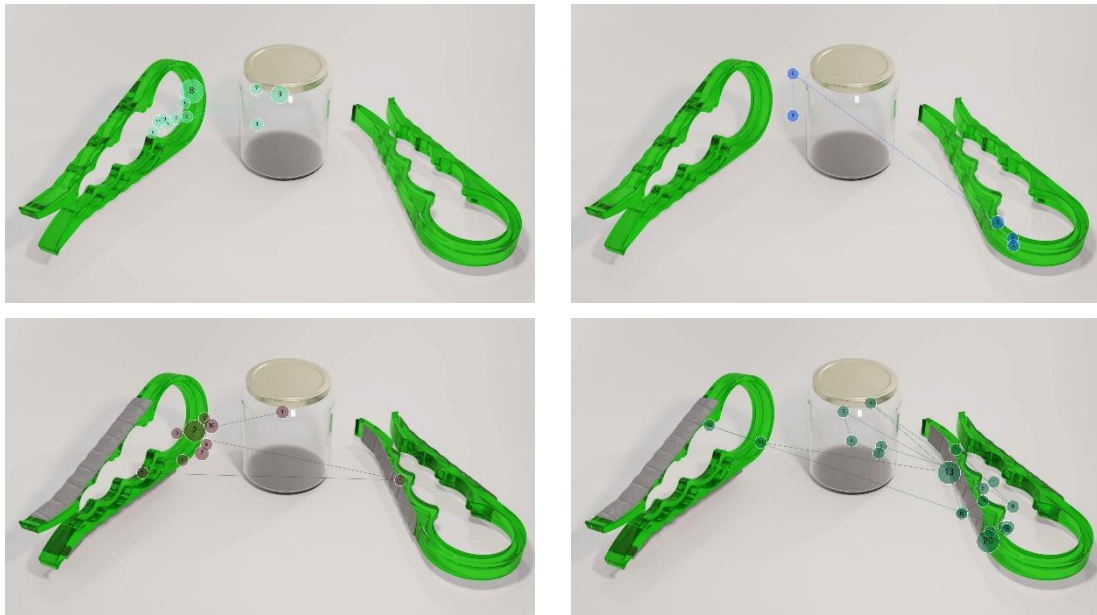


*Figura AVIII. 12. Gaze Plots de la P2 para el modelo 5 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*

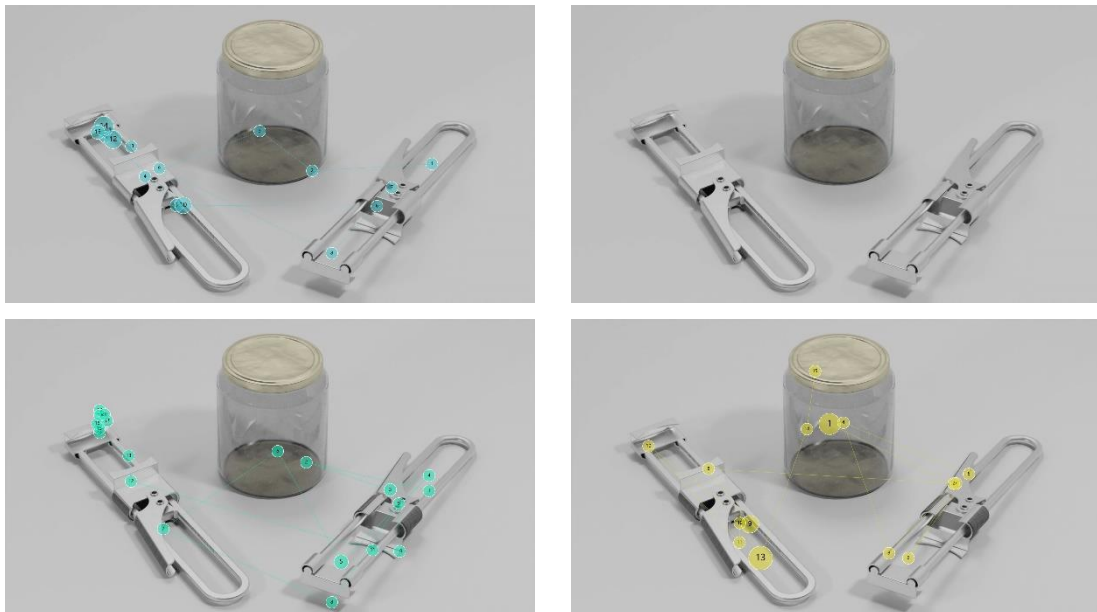


*Figura AVIII. 13. Gaze Plots de la P2 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*

**P3: ¿QUÉ ZONA DEL ABRE TARROS SE DEBE COLOCAR SOBRE LA TAPA DEL TARRO?**



*Figura AVIII. 14. Gaze Plots de la P3 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



*Figura AVIII. 15. Gaze Plots de la P3 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*

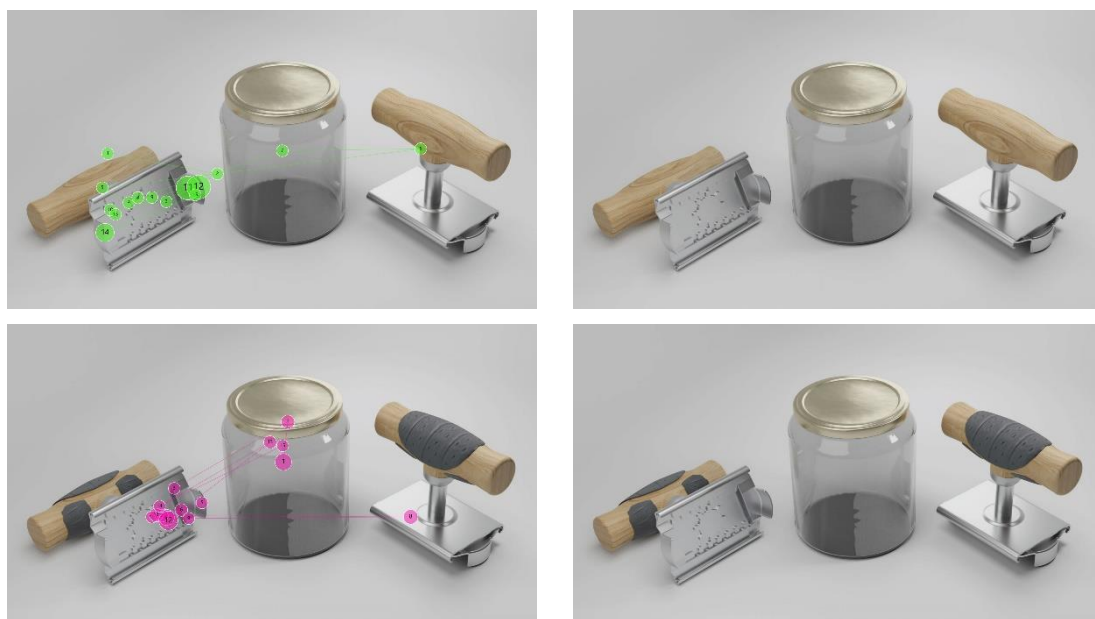


Figura AVIII. 16. Gaze Plots de la P3 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

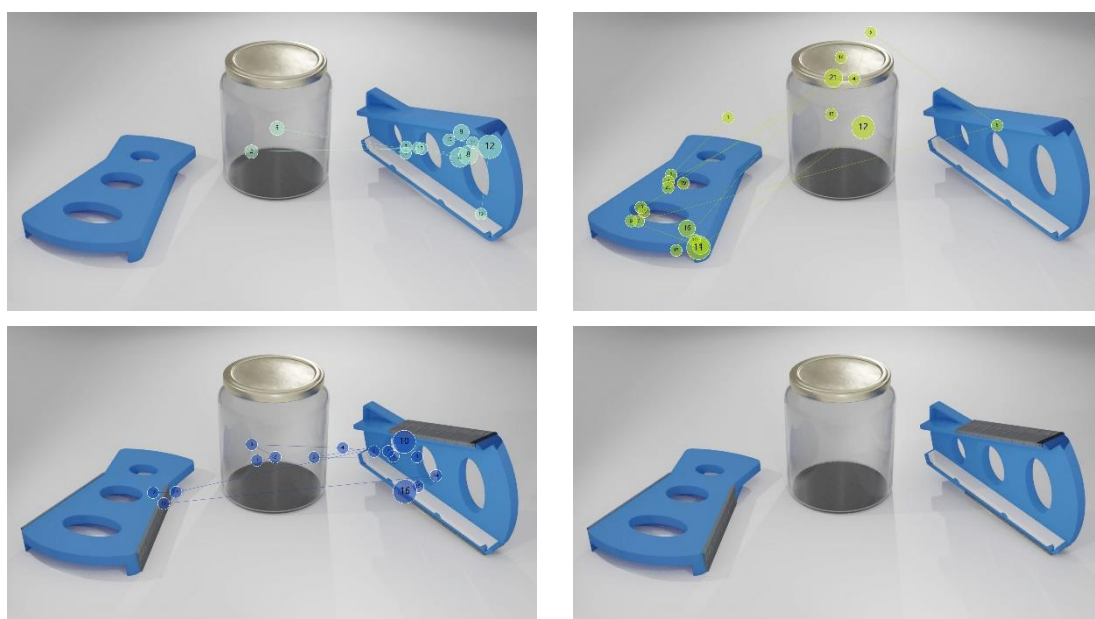
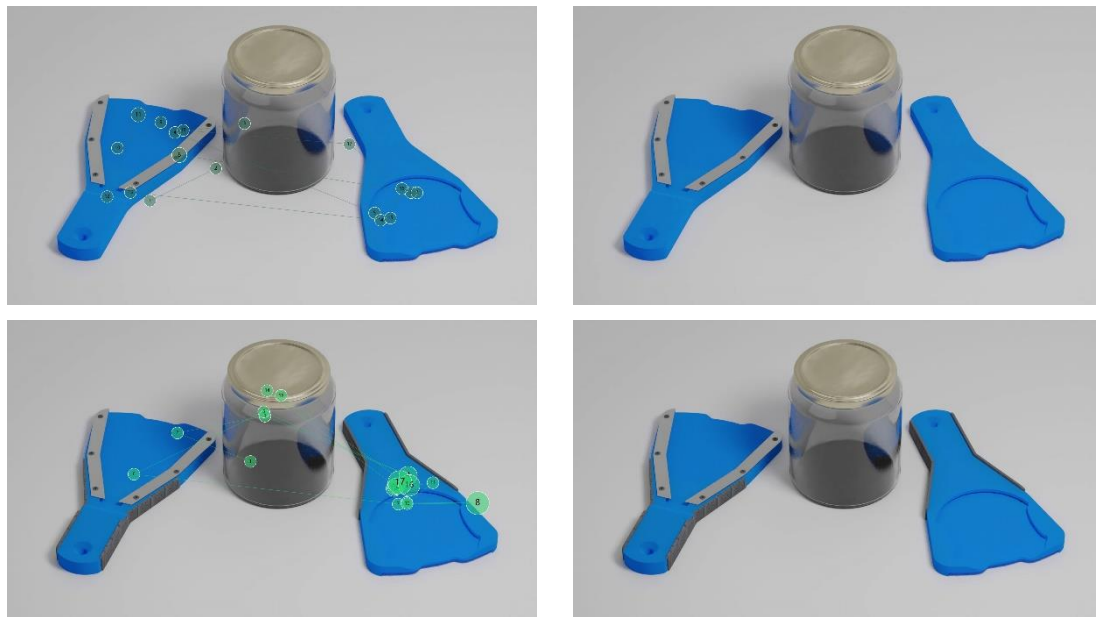


Figura AVIII. 17. Gaze Plots de la P3 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).



*Figura AVIII. 18. Gaze Plots de la P3 para el modelo 5 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



*Figura AVIII. 19. Gaze Plots de la P3 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*

## P4: ¿QUÉ TIPO DE ESFUERZO HARÍAS?

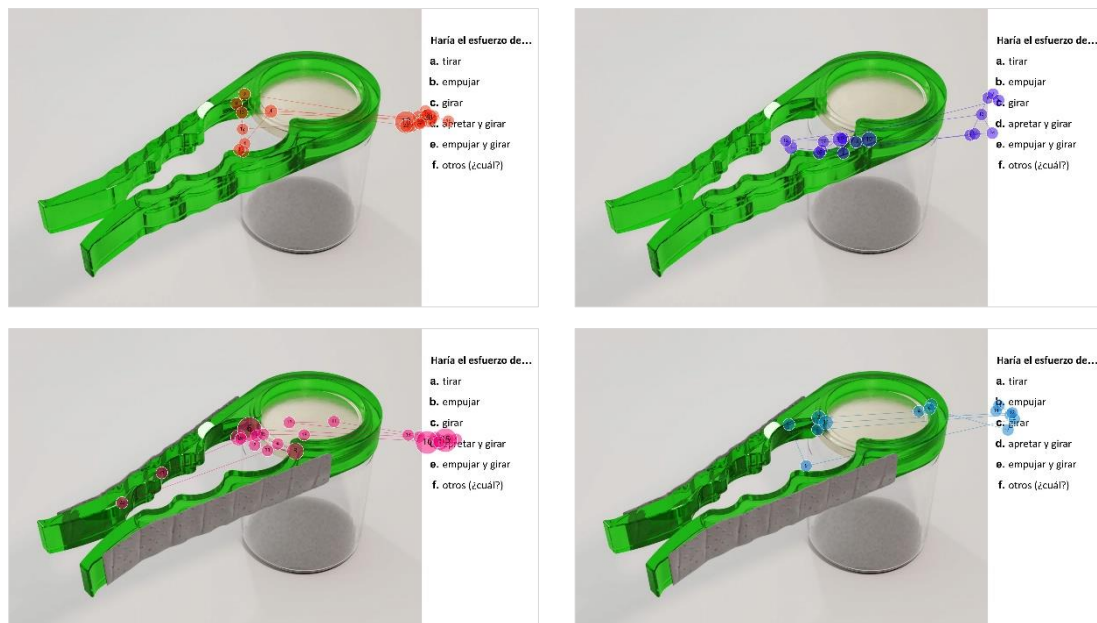


Figura AVIII. 20. Gaze Plots de la P4 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

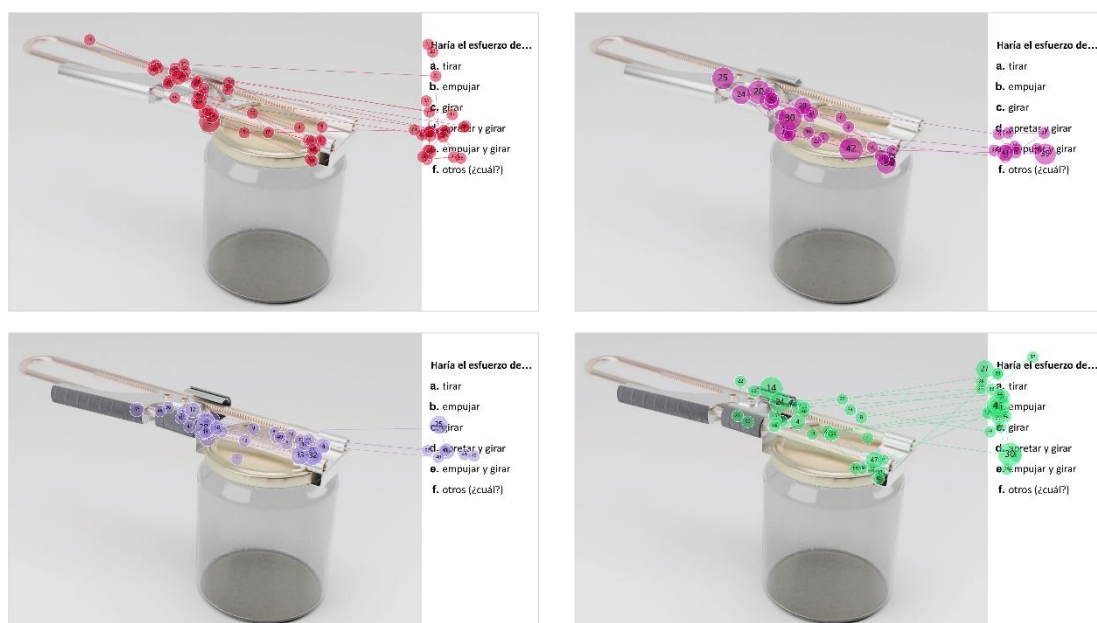


Figura AVIII. 21. Gaze Plots de la P4 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

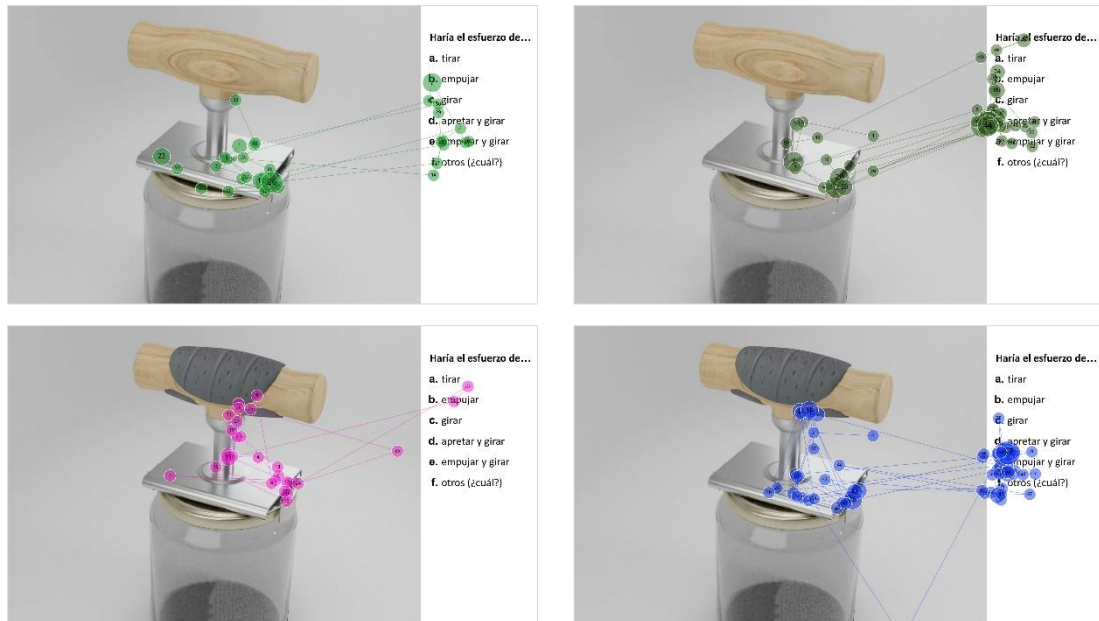


Figura AVIII. 22. Gaze Plots de la P4 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

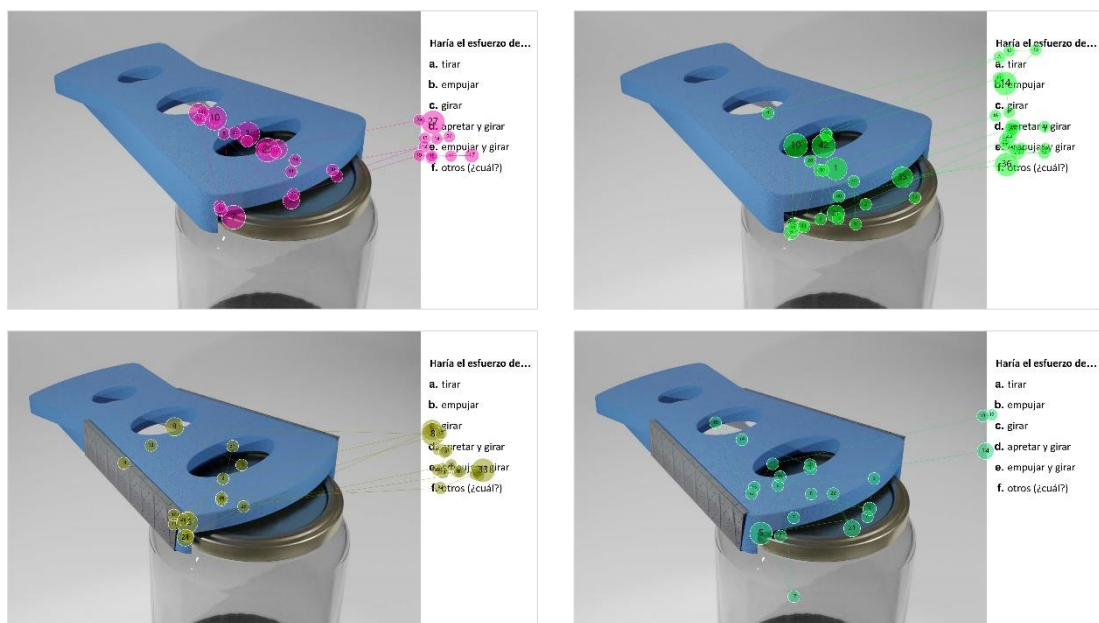


Figura AVIII. 23. Gaze Plots de la P4 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

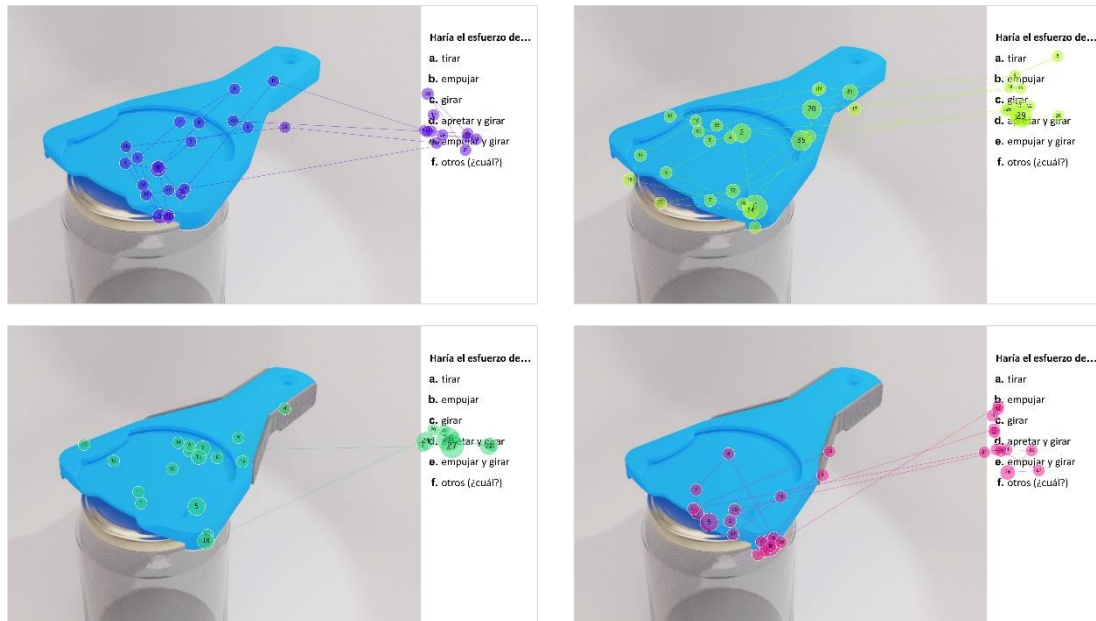


Figura AVIII. 24. Gaze Plots de la P4 para el modelo 5 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

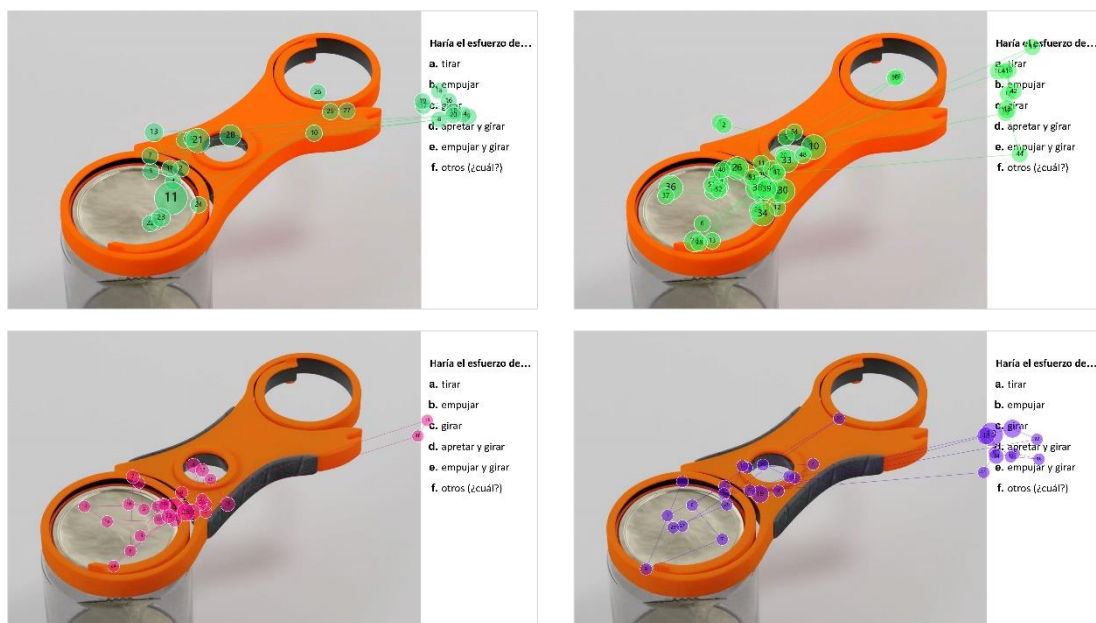
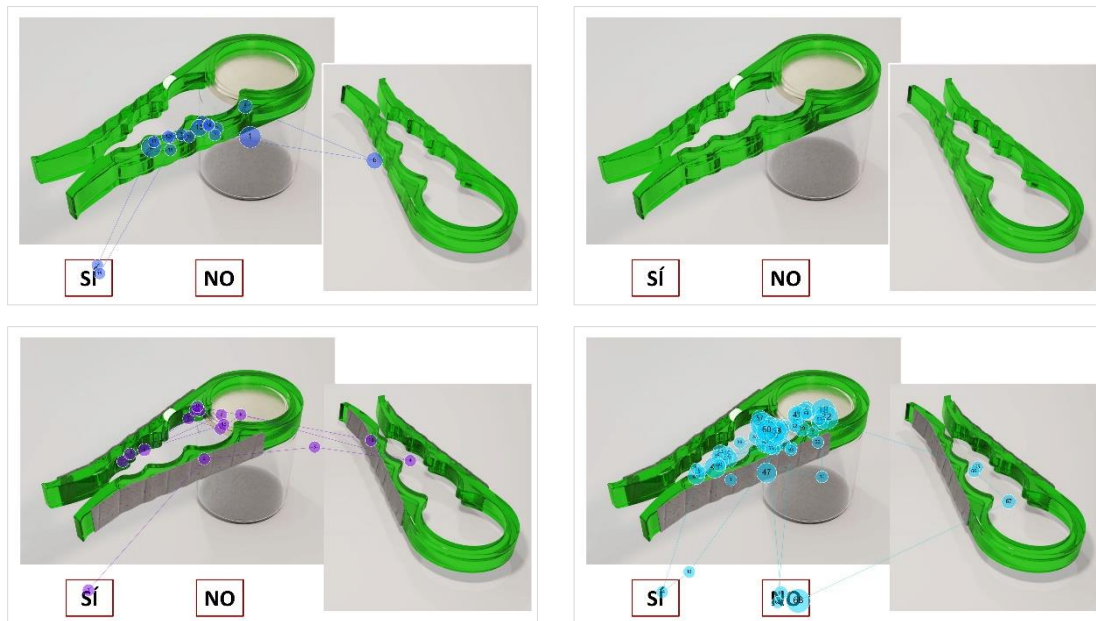


Figura AVIII. 25. Gaze Plots de la P4 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

**P5: ¿CREES QUE EL PRODUCTO PUEDE ABRIR DIFERENTES TAMAÑOS DE TARROS?**



*Figura AVIII. 26. Gaze Plots de la P5 para el modelo 1 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



*Figura AVIII. 27. Gaze Plots de la P5 para el modelo 2 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).*



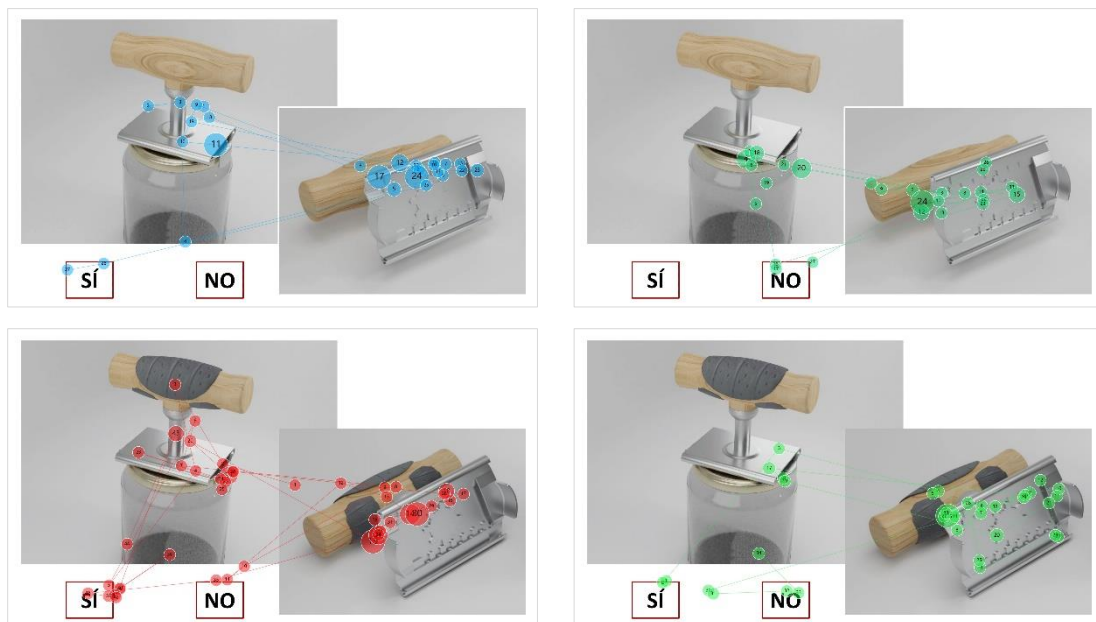


Figura AVIII. 28. Gaze Plots de la P5 para el modelo 3 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

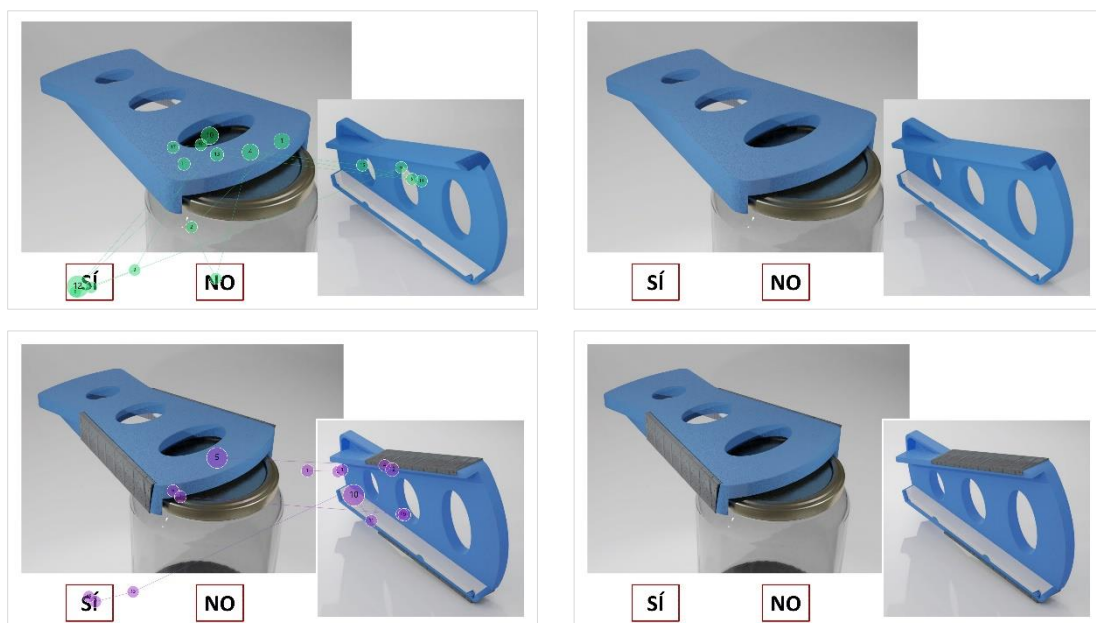


Figura AVIII. 29. Gaze Plots de la P5 para el modelo 4 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

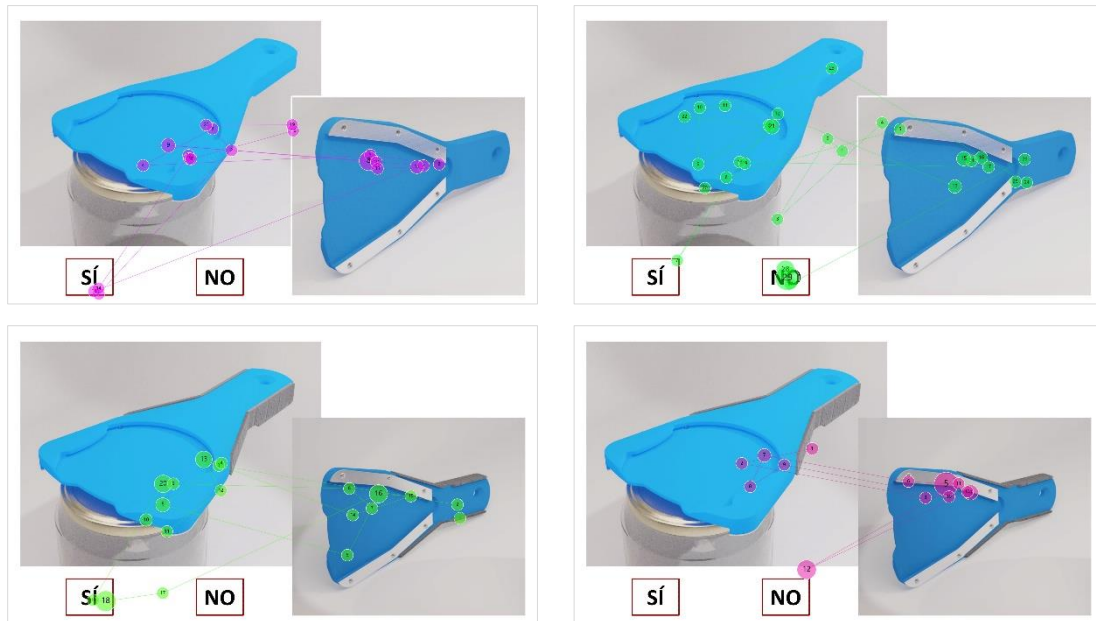


Figura AVIII. 30. Gaze Plots de la P5 para el modelo 5 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).

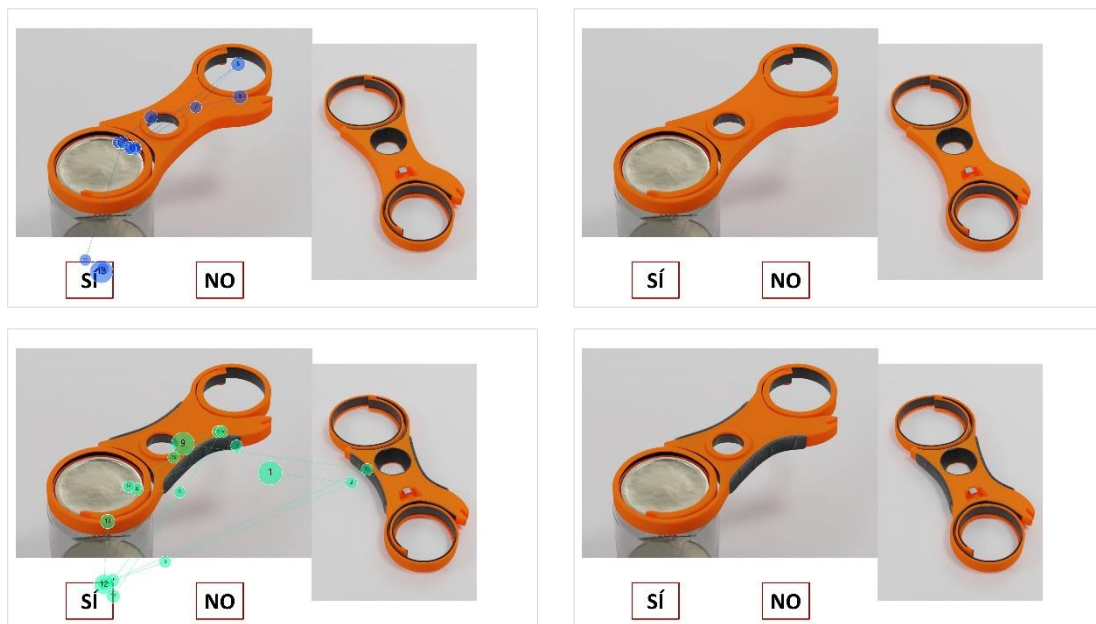


Figura AVIII. 31. Gaze Plots de la P5 para el modelo 6 de aciertos (izquierda) y fallos (derecha), versión sin goma (arriba) y con goma (debajo).