

08-021

## ERGONOMIC PRODUCT ANALYSIS BY THERMOGRAPHY AND ELECTROGONIOMETRY

Casas Barrado, Javier <sup>(1)</sup>; Córdoba Roldán, Antonio <sup>(1)</sup>; De Las Heras García De Vinuesa, Ana <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla

The present research project focuses on the design and development process design and development of a computer controller (PC mouse). Based on the State of the Art and Market analysis carried out on the design of controllers, the possibility of improving the product design through ergonomic analysis of the target segment has been detected. The general objective is the design and development of an innovative product, including this particular objectives: user analysis, risk analysis and skeletal muscle disorders (MSD), analysis of activities and tasks, as well as evaluate the best available techniques to perform ergonomic evaluations. For the evaluation proposal, different product solutions have been analyzed using thermographic and electrogoniometric techniques. With the data obtained from the evaluation, a product redesign report has been proposed, supported by the use of conformity questionnaires through a Kano Model evaluation and an immersive evaluation where the participants model the optimal form of the product for use.

*Keywords: ergonomics; thermography; electrogoniometry*

## ANÁLISIS ERGONÓMICO DE PRODUCTO MEDIANTE TERMOGRAFÍA Y ELECTROGONIOMETRÍA

En el presente proyecto se realiza una propuesta de diseño y desarrollo de un controlador de ordenador (ratón de PC). En base al Estado del Arte y Estudio de Mercado realizado sobre el diseño de controladores se ha detectado la posibilidad de mejorar el diseño del producto mediante análisis ergonómico al segmento objetivo. Se plantea como objetivo general el diseño y desarrollo de un producto innovador, incluyendo los siguientes objetivos particulares: análisis de usuario, análisis de riesgos y trastornos musculo esqueléticos (TME), análisis de actividades y tareas, así como evaluar las mejores técnicas disponibles para realizar evaluaciones ergonómicas. Para la propuesta de evaluación se han analizado diferentes soluciones de producto mediante técnicas termográficas y electrogoniométricas. Con los datos obtenidos de la evaluación se ha planteado un briefing de rediseño de producto apoyado por el uso de cuestionarios de conformidad mediante evaluación Kano y una evaluación inmersiva donde los participantes moldean la forma óptima del producto para su uso

*Palabras clave: ergonomía; termografía; electrogoniometría*

Correspondencia: Ana De Las Heras García De Vinuesa anahgv@gmail.com



©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

El aumento de las plataformas, eventos, equipos que se dedican al sector de los deportes electrónicos o e-sport, ha hecho que aumente el número de usuarios que practican estos deportes de manera profesional (Taylor, 2012). Además de ello, gracias a la mejora y optimización de costes en los equipos informáticos profesionales ha hecho que muchos más usuarios participen de manera casual y profesional (Jonasson and Thiborg, 2010; Egliston, 2018). Aquellos usuarios que realizan prácticas profesionales en este ámbito dedican un gran número de horas a dicha actividad por lo cual se hace necesario un estudio de la interacción entre el usuario y el sistema desde el punto de vista ergonómico para evaluar las cargas musculoesqueléticas en dicha actividad.

El objetivo principal del estudio es el análisis, diseño y desarrollo de un controlador, en este caso particular un ratón de ordenador, de tal manera que se analicen los riesgos y se propongan soluciones que disminuyan posibles fatigas y trastornos musculo esqueléticos (TME) de los usuarios. Para cumplir con dicho objetivo se centrará la atención en establecer un diseño de evaluación ergonómica y del usuario que permita obtener requerimientos de diseño formal para el desarrollo de un controlador ergonómico (Egliston, 2017).

### 1.1 Modelo de Proceso de Diseño y Desarrollo del Producto

En cuanto al desarrollo del proyecto, se va a llevar a cabo según los fundamentos de los modelos descriptivos lineales, desarrollando las fases generales de “Identificación de necesidades”, “Diseño conceptual”, “Diseño preliminar”, “Diseño de detalle” y “Diseño final”. En el presente artículo se centrará la atención en la fase de “Identificación de necesidades” ya que se desea reflejar el trabajo realizado en los análisis de usuario y ergonómicos de los cuales se establecen una serie de requerimientos que garanticen el establecimiento de propuestas conceptuales del objeto de diseño (Högberg, 2005).

De las propuestas de procesos de diseño y desarrollo de productos (PDDP) basados en modelos descriptivos se centrará la atención en el modelo propuesto por Cross, el cual será de gran utilidad para las fases tempranas del PDDP, en especial en la identificación de necesidades y propuestas de diseño conceptual. El uso de estos modelos para PDDP permite identificar las fases del diseño que son comúnmente aceptadas en términos de investigación. Las principales fases del modelo de Cross (Cross, 2008) que establece dicho modelo son:

- Fase de exploración: Se realiza un análisis de las necesidades, expectativas y deseos del usuario con el fin de obtener los principales atributos a satisfacer, apoyadas por el uso de técnicas como el árbol jerárquico de tareas (HTA) y las especificaciones usuario – producto por diagramas UML. También se incluyen los análisis relativos al mercado, productos existentes mediante benchmarking y todo lo relacionado con el estado del arte del proyecto. En esta fase se incluyen también los análisis ergonómicos para extraer los requerimientos ergonómicos y formular unos parámetros de diseño que se incorporen en la siguiente fase. Para la evaluación ergonómica se utilizan herramientas como la termografía, electrogoniometría, encuesta por Método Kano y test inmersivos.

- Fase de generación de alternativas de diseño: Corresponde con la fase de creatividad. Se establecen conceptos y alternativas de diseño que satisfagan los requerimientos establecidos.
- Fase de evaluación de alternativas: en base a la evaluación de las alternativas, podemos generar o mejorar las propuestas mediante una retroalimentación con el fin de optimizar las soluciones posibles. Las alternativas serán evaluadas mediante test

de usuario y análisis ergonómicos con el fin de obtener de identificar la propuesta que mejor satisface los requerimientos.

- Fase de comunicación: Finalmente, tras evaluar las alternativas, se procede al diseño de detalle en el que se definen los parámetros de diseño.

## 1.2 Objeto de diseño

El controlador objeto de estudio, también conocido como “mouse”, hace referencia a un periférico del computador u ordenador que permite establecer un vínculo entre el usuario y el ordenador, permitiendo ejecutar acciones móviles a través de un cursor visualizado en la pantalla. Actualmente existen multitud de soluciones en el mercado en base a los requerimientos y expectativas del usuario. Por lo general los controladores disponen tres botones de acción llegando a tener hasta diez botones de acción para funciones específicas en el caso de periféricos profesionales.

Con respecto al objetivo del estudio, se analizarán principalmente las siguientes categorías de mouse:

- Mouse óptico o laser: Mouse estándar con disposición horizontal que incorpora tecnología láser para el registro del movimiento y un promedio de tres botones de acción. Pueden ser alimentados por cable o por baterías.
- Mouse de diseño ergonómico: bajo esta denominación se encuentran mouse cuya disposición tiende a la vertical, simulando la posición de un “joystick” para mantener la posición natural del brazo y reducir la fatiga de uso. Incorpora tecnología láser para el registro del movimiento y un promedio de tres o más botones de acción. Pueden ser alimentados por cable o por baterías.
- Mouse gaming: Este tipo de dispositivos presentan un diseño ergonómico cuidado y centrado en el usuario con el objetivo de reducir la fatiga en largos periodos de uso. En cuanto a la tecnología, incorporan dispositivos electrónicos que ofrecen características de alto rendimiento en cuanto a velocidad, precisión, respuesta y funciones avanzadas principalmente. Cuentan con un promedio de cinco o más botones de acción y en general son alimentados por cable. En este tipo de dispositivos no suelen ser inalámbricos ya puede afectar a la velocidad de respuesta y el hecho de disponer de baterías podría aumentar el peso y tener influencia en las acciones realizadas.

En este estudio se ha realizado un desarrollo más extenso para los mouses gaming, periféricos destinado al uso profesional.

## 2. Análisis de usuario y mercado

El primer objetivo de la fase de exploración se centrará en el análisis del usuario objetivo. Para ello se realiza un análisis de exploración de riesgos asociados al uso de controladores de ordenador, se analizan las tareas habituales de un usuario medio y se realizará un cuestionario para obtener información concreta y directa de los usuarios.

Realizar un análisis de riesgos relacionados con el controlador resulta de gran importancia en nuestro proyecto para el establecimiento de requerimientos para la fase de diseño conceptual. Se analizan analizar todos los factores de riesgo desde el punto de vista ergonómico para poder definir posteriormente parámetros de diseño a tener en cuenta en el desarrollo del producto La estructura de dicho análisis comprende el análisis del conjunto interventor de músculos, extremidades y factores relacionados con la fisionomía del usuario. Análisis de los factores de riesgo relacionados con la ergonomía y la definición de los parámetros de diseño que intervienen en el uso del controlador.

Analizado el usuario se realiza un análisis de mercado respecto a las diversas soluciones que podemos encontrar en el mercado, productos estrella, productos que han fracasado y posibles prototipos o soluciones que se encuentran actualmente en proceso de desarrollo e innovación. Para completar dicho análisis, se definen las características técnicas y ergonómicas de cada producto y se realiza un benchmarking que servirá para tomar referencias de productos competidores del sector. Finalmente, se elaboran mapas de posicionamiento de mercado de tipo radar a modo de conclusión del benchmarking realizado.

## **2.1 Análisis de usuario**

En primer lugar, se han analizado los grupos musculares y óseos que intervienen en los movimientos y posiciones que van a determinar los parámetros de diseño del producto. Se puede establecer que los principales movimientos que se llevan a cabo se focalizan en los músculos de la mano y el antebrazo. En la mano se comprimen los músculos interóseos palmares, así como los músculos abductores de cada uno de los dedos. Por otro lado, tiene lugar una abducción en segundo plano de los músculos de la mano que permiten el agarre del controlador. Respecto al antebrazo, este se encarga de la extensión y abducción de los músculos que conectan los dedos y la mano con el antebrazo en la zona de la muñeca. A nivel esquelético, la mayoría de los componentes óseos de la mano se encuentran en continuo movimiento para mantener una posición erguida durante el uso del controlador. A pesar de la gran implicación de la región ósea de la mano, cabe destacar la especial implicación de los metacarpos y falanges, que serán los encargados de proporcionar el soporte para poder aplicar la presión necesaria en las tareas de accionar los botones del controlador.

En cuanto a los parámetros y factores de uso del controlador, en primer lugar, el principal factor ergonómico que se debe tener en cuenta es el agarre del controlador. Para ello se han analizado los diferentes tipos de agarre que se dan en el uso de los periféricos y las tensiones que se presentan en este tipo de agarres. Otro tipo de posición que puede generar tensión muscular es aquella en la que la palma de la mano queda hacia abajo, generándose una desviación lateral de la mano y en consecuencia una falta de alineación de la articulación de la muñeca (UGT Catalunya, 2016). Adicionalmente, podría tratarse como parámetro ergonómico la propia postura del usuario durante el uso del producto, aunque no sea producida por el uso del controlador, sin embargo, puede ser de interés ya que aporta información de gran importancia en cuanto a la conciencia del usuario, lo que puede ser una posible vía de aprendizaje del usuario a través de nuestro producto para mantener una postura correcta más allá del uso del controlador.

A la hora de analizar los diferentes factores de riesgo, se debe tener en cuenta que el origen común de estos que se producen debido al uso prolongado del mouse. Los riesgos comunes se presentan por medio de:

- Repetición: desarrollo de movimientos de manera consecutiva durante largos periodos de tiempo. El principal riesgo que supone dicha actividad repetitiva tiene su origen en la falta de descanso y recuperación por parte del usuario.
- Carga estática: Los músculos son los encargados de mantener el cuerpo firme, por lo que una posición estática durante un largo periodo de tiempo puede reducir la circulación y causar tensión muscular. Está relacionado con los largos periodos en los que se mantienen la mano sobre el controlador.
- Posturas incómodas: Mantener las articulaciones en posiciones incómodas de modo que se puedan producir lesiones.

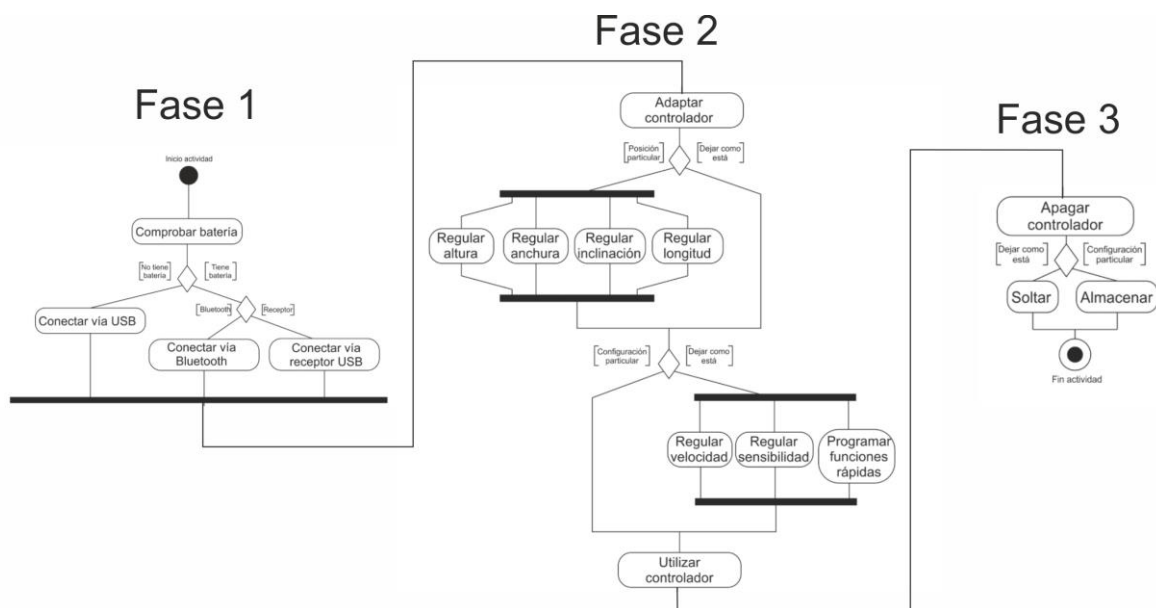
- Estrés por contacto mecánico: hace referencia a las superficies que ejercer presión sobre tejidos blandos tales como nervios, tendones o vasos sanguíneos, como por ejemplo al apoyar la muñeca sobre el borde del escritorio.

En cuanto a los principales tipos de lesiones graves o enfermedades derivadas de los factores de riesgo mencionados anteriormente se encuentran el síndrome del ratón, síndrome del túnel carpiano, epicondilitis, trastornos del hombro, síndrome del dedo en el gatillo, síndrome de De Quervain y el trastorno de la mano en garra:

Analizados los grupos músculo esqueléticos que intervienen en el uso del controlador y los riesgos derivados de dicho uso se procede a analizar las actividades comunes que desarrolla un usuario con el controlador. Para la definición de las actividades se han utilizado herramientas de análisis jerárquico de tareas (HTA), y diagramas Unified Modeling Language (UML), en concreto se han desarrollado diagramas de casos de estudios y diagramas de secuencia donde se analizan la relación entre el usuario y el controlador.

Este tipo de información del usuario ha servido como punto de origen para la definición de las funciones básicas que debe incorporar el controlador, de tal manera que posibilite la buena realización de las tareas.

**Figura 1: Diagrama de actividades bajo UML**



Definidas las actividades principales en el uso de controladores se desea obtener información detallada de dichas actividades como por ejemplo los tiempos que emplea el usuario, las aplicaciones y softwares que utiliza, el tipo de ordenador y entorno de trabajo, así como establecer si han presentado alguna vez molestias en el uso. Para este fin se ha generado un cuestionario que ha sido contestado por 30 personas, usuarios de controlador de ordenador. Cabe destacar que la mayoría de encuestados usa el ordenador para temas profesionales o actividades relacionadas con su trabajo. Por otro lado, se desprende de la encuesta la gran influencia de las funciones rápidas que ofrecen los softwares tales como las conocidas “Deshacer” “Copiar” o “Pegar”. Este dato aporta un atributo atractivo que puede incrementar la satisfacción del usuario al estar presentes en nuestro producto. En 56% de los encuestados ha presentado algún tipo de molestia muscular debido al uso de dispositivos tipo mouse, sin embargo, estos usuarios no han solicitado asistencia médica o estudio relativo a dicha molestia

## 2.2 Análisis de mercado

Para llevar a cabo dicho análisis, se analizan las características técnicas y ergonómicas de los principales productos del mercado y se realiza un benchmarking que ayude a establecer los parámetros y especificaciones idóneas. Actualmente existen multitud de soluciones en el mercado en base a los requerimientos y expectativas establecidas por el cliente, desde controlares genéricos o controladores profesionales destinado a uso en e-sport.

Del análisis de productos existentes se han obtenido unos requerimientos principales que pueden ser satisfechos a través de las características ergonómicas del producto. Las principales conclusiones del benchmarking han sido que el desarrollo de un producto con altas prestaciones genera una satisfacción elevada en el cliente, permitiendo establecer un punto medio entre controlador estándar y controlador experto, lo que permite que la propuesta de diseño deba ser asequible por cualquier tipo de usuario, satisfaciendo los atributos obligatorios y aportando valor añadido en cuanto a la personalidad y el diseño ergonómico que presenta el producto.

En base al análisis del usuario y el análisis de mercado se puede concluir la obtención de las siguientes necesidades principales:

- Diseño ergonómico para evitar posibles TME derivados de un uso prolongado.
- Altas prestaciones y rendimiento para usos profesionales tales como tareas de e-sport, diseño o arquitectura.
- Altas prestaciones y rendimiento para usos profesionales tales como tareas de e-sport, diseño o arquitectura.
- Fácil manejo y transporte, así como almacenamiento, con orientación a usuarios que desarrollan su actividad profesional mediante portátiles, y en diferentes entornos de trabajo.

## 3. Metodología de análisis ergonómico

A la hora de realizar un análisis ergonómico de producto existen multitud de técnicas y métodos para llevar a cabo dicha evaluación. Los métodos de evaluación ergonómica permiten identificar y cuantificar factores de riesgo derivados del uso de un producto (Quemelo and Vieira, 2013). En general y respecto al objeto de diseño la exposición de un usuario al riesgo depende de la amplitud del riesgo al que se expone, de la frecuencia de presencia de riesgo y la duración de las actividades desarrolladas.

En cuanto a la metodología propuesta para el análisis ergonómico del producto, se va a realizar un proceso de ingeniería inversa de tal modo que se analizarán distintas soluciones comerciales de mouse tanto productos estándar como profesionales, con el fin de determinar parámetros específicos y fundamentos básicos que, junto con los requerimientos específicos del proyecto definidos anteriormente, serán tratados como requisito adicional para la determinación de la solución final de producto.

En base al estado del arte de la evaluación ergonómica de producto y a los equipos disponibles para la evaluación del Laboratorio de ergonomía industrial de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla, se analizan distintas técnicas de evaluación ergonómica (Pekelney and Chu, 1995; Hedge, Muss and Barrero, 1999; Watanabe *et al.*, 2010; Odell and Johnson, 2015; Lourenço, Pitarma and Coelho, 2018).

En primer lugar, se propone realizar un análisis antropométrico de la mano basado en bibliografía existe de tal manera que se pueda establecer la media y los percentiles extremos como el percentil 5 y el 95 de las dimensiones de la mano tanto para mujeres como hombres de edad adulta.

En una segunda fase del análisis se propone realizar una serie de evaluaciones ergonómicas sobre producto existentes a una muestra compuesta por 10 hombre y 10 mujeres de percentiles diferentes. Para esta fase se propone utilizar un análisis eletrogoniométrico para la evaluación de la carga postural con el objetivo de analizar el ángulo de flexión palmar y dorsal de la muñeca de los usuarios involucrados en la evaluación del uso del controlador tanto para una postura neutral y una postura forzada (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2002).

Otro de los objetivos propuestos en el análisis ergonómico es analizar la superficie de contacto entre la mano del usuario y el controlador. El principal inconveniente para realizar esta medición es que en el estado del arte realizado se recomienda utilizar equipos de mapeo de presión como guantes especializados o lonas de presión de las cuales no se dispone de dicho instrumental. El propósito del análisis es analizar las zonas de contacto y poder analizar en qué zonas la presión es mal alta o más baja. Como alternativa al uso de equipos de mapeo de presión de mano se propone realizar un análisis termográfico de los controladores tras su utilización mediante el uso de equipos de cámaras termográficas con el objetivo de analizar y obtener resultados de las superficies de contacto y presión del controlador. Se analizaron en detalle las evaluaciones de usuarios de percentil alto y bajo mediante simulaciones de uso del controlador en laboratorio definiendo zonas de confort y puntos críticos de las superficies involucradas en el manejo del controlador. La utilización de este equipo alternativo respecto al estado de arte permitió obtener buenos resultados de análisis que han ayudado a realizar mejoras de diseño.

Como tercera fase del análisis propuesto se solicita a los usuarios involucrados en la fase anterior del estudio realizar una encuesta de opinión con el fin de evaluar la conformidad de los usuarios con los controladores o mouses evaluados, estableciendo los puntos críticos para el rediseño. El objetivo de esta encuesta es complementar los datos analizados por electrogoniometría y termografía ya que permiten establecer relaciones entre los datos obtenidos y la percepción de comodidad y ergonomía de los controles analizados por los usuarios. Posteriormente se realiza un cuestionario por el Método Kano con el objetivo de analizar las opiniones y actitudes de los usuarios en relación con las soluciones comerciales analizadas. Mediante el Análisis Kano se obtiene una clasificación de los requerimientos demandados por los usuarios, prestando especial atención a los requerimientos clasificados como atractivos y obligatorios.

Por último, se propone llevar a cabo una sesión de inmersión del usuario en la que se tratará de llevar al usuario al "rol" del ingeniero de diseño industrial y desarrollo del producto, de modo que cada usuario deberá tomar decisiones sobre determinados parámetros de diseño relacionados con el confort ergonómico del producto. Para ello, cada usuario dispondrá de un elemento moldeable tipo "plastilina" con el objetivo de solicitar que establezcan una estructura funcional de apoyo que le resulte cómoda (Rupp, Oppold and McConnell, 2013). El principal objetivo de dicha inmersión es obtener una propuesta de diseño de los distintos puntos de apoyo y estructuras de apoyo desde el punto de vista del usuario final que deben ser consideradas como parámetros de diseño, tales como el ángulo de inclinación, situación es de apoyo, grado de curvatura superior del controlador, etc.

#### **4. Resultados**

Tras la realización del análisis ergonómico propuesto se van a presentar los resultados más significativos para el estudio.

Del estudio basado en electrogoniometría resulta de especial interés el análisis de los ángulos de las articulaciones interventoras en la usabilidad del producto tales como los ángulos trazados por los dedos y la muñeca. Para el estudio ergonómico, se plantean dos mediciones del ángulo que forma la mano con el antebrazo para evaluar la tensión nerviosa

generada durante el uso del controlador. Las dos mediciones para realizar de dicho ángulo corresponden con una postura del usuario en una posición neutral de uso común del controlador y una posición forzada en la que el usuario trata de obtener mayor agarre superficial del controlador. Se obtiene una serie de tablas de valores angulares para cada una de las muestras de controlador analizada, en la figura 2 se muestra un ejemplo de recopilación de datos goniométricos.

**Figura 2: Extracto del análisis ergonómico mediante electrogoniometría**

<i>Antropometría</i>	<i>Realización de prueba</i>	<i>Datos extraídos</i>																														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">SUJETO 1</th> </tr> <tr> <th></th> <th>POSICION NEUTRAL</th> <th>POSICION FORZADA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>-40°</td> <td>-49°</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>-28°</td> <td>-43°</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>-35°</td> <td>-45°</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>-34°</td> <td>-41°</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>-35°</td> <td>-42°</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>-32°</td> <td>-44°</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>-34°</td> <td>-41°</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>-38°</td> <td>-46°</td> </tr> </tbody> </table>	SUJETO 1				POSICION NEUTRAL	POSICION FORZADA	A	-40°	-49°	B	-28°	-43°	C	-35°	-45°	D	-34°	-41°	E	-35°	-42°	F	-32°	-44°	G	-34°	-41°	H	-38°	-46°
SUJETO 1																																
	POSICION NEUTRAL	POSICION FORZADA																														
A	-40°	-49°																														
B	-28°	-43°																														
C	-35°	-45°																														
D	-34°	-41°																														
E	-35°	-42°																														
F	-32°	-44°																														
G	-34°	-41°																														
H	-38°	-46°																														

Para el análisis por termografía el usuario deberá permanecer en continuo contacto con las superficies de apoyo del propio producto, así como del escritorio sobre el que se desempeña la funcionalidad del controlador. De este modo, el usuario emitirá una transferencia térmica sobre la superficie del producto y del escritorio en las zonas de contacto. Dicha transferencia podrá ser registrada por la cámara térmica, permitiendo analizar los puntos de contacto de los controladores comerciales, teniendo en cuenta según lo estudiado anteriormente en cuanto a recomendaciones ergonómicas, que la posición idónea del usuario consistirá en un apoyo completo de la región de la mano para evitar posibles trastornos.

Para proceder al estudio, el usuario deberá mantener una posición neutral de uso del controlador durante un periodo de tiempo superior a los 30 segundos, periodo en el que tendrá lugar la transferencia de calor que será registrada por la cámara térmica.

Como resultado se obtienen mapas o imágenes térmicas de la superficie del controlador con escala de temperatura. Aquellas zonas que aparezcan coloreadas serán las zonas de contacto de la mano con la superficie del producto y de la mesa, teniendo en cuenta que aquellas zonas que presente una escala cromática más cercana con temperaturas elevadas serán las zonas de mayor presión entre la mano y el producto, así como con la mesa.

En la figura 3 se presenta un extracto del estudio para un usuario de percentil 95 y otro de percentil 46 (en base a la longitud de la mano para la población conjunta española). Se puede apreciar que aquellos usuarios de percentil alto gran parte del contacto se realiza en la mesa o escritorio presentado un contacto muy bajo con el producto.



**Figura 3: Extracto del análisis ergonómico mediante termografía**

<i>Usuario A</i>		<i>Usuario B</i>	
Longitud de mano: 203mm Anchura de mano: 91mm Percentil: 95		Longitud de mano: 181mm Anchura de mano: 76mm Percentil: 46	
A		A	
B		B	
C		C	

Tras haber realizado los cuestionarios sobre aspectos subjetivos en el uso de los controladores se lleva a cabo el análisis de propuestas de los usuarios de diseño de controlador dando así la posibilidad al usuario de tomar decisiones directas sobre el diseño conceptual tratando de sumergir a cada usuario en una situación donde sean los Ingenieros de Diseño Industrial. Para ello, cada usuario será recibe un elemento moldeable tipo plastilina con forma básica de controlador el cual deben ir adaptando a su mano hasta que encuentren la comodidad deseada en el mouse.

Tras la adaptación formal realizada por el usuario se toman fotografías y se analizan a nivel de dimensiones y a nivel de diseño formal. En la figura 4 se presenta un extracto del análisis formal de dos propuestas de diseño realizadas por usuario del estudio anterior.

Por último, de la encuesta por Método Kano realizada se obtienen como requerimiento principal el incorporar en el controlador la función de proporcionar una superficie de soporte optimizada y personalizada que permita al usuario maximizar el apoyo durante el uso del controlador.

**Figura 4: Extracto del análisis ergonómico mediante termografía a prototipo del producto**



## 5. Conclusiones

El porcentaje de usuarios sujetos a padecer enfermedades derivadas del uso del controlador está limitado a usuarios cuya ergonomía puede estimarse mediante los percentiles de la población española correspondientes al percentil 80 en adelante, de modo que el diseño debe proporcionar una solución al problema ergonómico que sufre dicho sector de la población. Del análisis inmersivo de los usuarios encuestados, se analizan las estructuras modeladas por los usuarios, estableciendo como requerimiento básico, superficies que proporcionen soporte específico al dedo pulgar y al dedo meñique, evitando así tensión muscular y rozaduras durante el uso del controlador.

Se puede concluir que la propuesta del uso de cámaras termográficas para el análisis de contacto ha dado un buen resultado como técnica alternativa a las herramientas de mapeo de presión de mano, por lo que se seguirá investigando en el uso de dicha técnica para otro tipo de productos de alta relevancia ergonómica.

En cuanto al ángulo de inclinación de la palma de la mano y el antebrazo, según los resultados del electrogoniómetro y las encuestas, se establece que el controlador debe proporcionar un ángulo de soporte comprendido entre 30 y 40 grados.

Para ampliar el rango de soporte y ergonomía aplicado a usuarios con mayores dimensiones en las extremidades, el producto a desarrollar cumple con la función de adaptar el controlador a diferentes medidas en base a las necesidades y gustos del usuario, es decir, será transformable tanto en anchura como longitud mediante un sistema de railes cuya patente está en trámite.

El prototipo del modelo propuesto fue nuevamente evaluado por los mismos usuarios para obtener datos que ayuden a mejorar el diseño. De estas pruebas se desprende que la mayoría de los usuarios valora de manera positiva el agarre que presentan los controladores, y el sistema de adaptación personal del ratone m longitud y anchura.

## 6. Bibliografía

- Cross, N. (2008) *Engineering Design Methods 4e: Strategies for Product Design*. J. W. & S. Edición.
- Egliston, B. (2017) Building Skill in Videogames: A Play of Bodies, Controllers and Game-Guides, *Journal of Media and Culture*, 20(2).
- Egliston, B. (2018) E-sport, phenomenality and affect., *Transformations*, 31(31), pp. 156–176. Available at:

- <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=hsi&AN=131379019&site=ehost-live>.
- Hedge, A., Muss, T. M. & Barrero, M. (1999) *Comparative Study of Two Computer Mouse Designs*. Available at: [http://www.ergo-eg.com/uploads/books/Two Computer Mouse.pdf](http://www.ergo-eg.com/uploads/books/Two%20Computer%20Mouse.pdf).
- Högberg, D. (2005) *Ergonomics Integration and User Diversity in Product Design*. Loughborough University.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (2002) *NTP 622: carga postural: técnica goniométrica*, pp. 1–10.
- Jonasson, K. & Thiborg, J. (2010) Electronic sport and its impact on future sport, *Sport in Society*, 13(2), pp. 287–299. doi: 10.1080/17430430903522996.
- UGT Catalunya (2016) *Estudio adaptabilidad de los ratones de ordenador y recomendaciones para su elección y uso*. Secretaria de Política Sindical/Salud Laboral de UGT de Catalunya.
- Lourenço, M. L., Pitarma, R. A. & Coelho, D. A. (2018) Development of a New Ergonomic Computer Mouse, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 592, pp. 457–468. doi: 10.1007/978-3-319-60366-7\_43.
- Odell, D. & Johnson, P. (2015) Evaluation of flat, angled, and vertical computer mice and their effects on wrist posture, pointing performance, and preference, *Work*, 52(2), pp. 245–253. doi: 10.3233/WOR-152167.
- Pekelney, R. & Chu, R. (1995) Design criteria of an ergonomic mouse computer input device, *Proceedings Of The Human Factors And Ergonomics Society 39Th Annual Meeting*, pp. 369–373.
- Quemelo, P. R. V. & Vieira, E. R. (2013) Biomechanics and performance when using a standard and a vertical computer mouse, *Ergonomics*, 56(8), pp. 1336–1344. doi: 10.1080/00140139.2013.805251.
- Rupp, M. A., Oppold, P. & McConnell, D. S. (2013) Comparing the performance, workload, and usability of a gamepad and joystick in a complex task, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, (May 2015)*, pp. 1775–1779. doi: 10.1177/1541931213571398.
- Taylor, T. L. (2012) *Raising the Stakes: E-Sports and the Professionalization of Computer Gaming*. The MIT Press.
- Watanabe, M. et al. (2010) Evaluation of a game controller using human stiffness estimated from electromyogram, *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC'10*, pp. 4626–4631. doi: 10.1109/IEMBS.2010.5626477.

### Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

