



**Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas**

Maestría en Ciencias Cognitivas

**Bases para un modelo de análisis de interfaces desde la
ergonomía cognitiva y la optimalidad**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS COGNITIVAS**

PRESENTA:

Omar Mejía García

Director:

Dr. Germán Octavio López Riquelme

Comité:

Dr. Jean Philippe Jazé

Dra. Marta Caballero García

Declaro que esta Tesis es mi propio trabajo a excepción de las citas en las que se ha dado crédito a los autores. Así mismo, que este trabajo no ha sido presentado previamente para la obtención de algún otro grado profesional o equivalente.

Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado para llevar a buen término mi proyecto de investigación y al Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas (CINCCO) por aportar una mirada interdisciplinaria para poder desarrollar mi proyecto.

Al Dr. Germán López Riquelme por su apoyo a lo largo de este proceso y por aportar un marco teórico y metodológico que ahora considero indispensable en la construcción de conocimiento.

Al Dr. Jean Philippe, a la Dra. Marta Caballero y al Dr. Jorge Oseguera por su acompañamiento, por aceptar leer mi trabajo y, sobre todo, por su empatía que me permitió llevar a término el proyecto planteado.

A Gabriela y Eduardo, por todo lo que compartimos en estos años, por ser la palabra afable y retadora, por darle calor a esta parte de mi vida. Les quiero.

A Brenda, por la escucha, el confort, el acompañamiento y la reafirmación, cuando los ánimos decaían. Por hacer todo más colorido.

A Lucía, José y Emilio, con ellos, todo; sin ellos, nada.

Tabla de contenido

Introducción	5
Capítulo 1. Aproximaciones al estudio de las interfaces digitales desde la cognición: una revisión de enfoques.	7
1.1 Interfaz: dificultades y objeto para la cognición	10
1.2 Interfaces digitales	13
1.3 Implicaciones cognitivas de las interfaces	15
1.4 Revisión narrativa	17
1.5 Hallazgos	23
1.6 Discusión	24
1.7 Enfoque de Medición de efectos.....	26
1.8 Enfoque de Diseño	28
1.9 Conclusión	30
Capítulo 2. Un complemento evolutivo y conductual para la teoría de ergonomía cognitiva como base para un modelo de análisis de las interfaces.....	31
2.1 Ergonomía cognitiva.....	34
2.2 Modelos de cambio tecnológico: un enfoque evolucionista	35
2.3 Aportaciones necesarias: ecología de la conducta y modelos de optimalidad. armonización de enfoques	38
2.4 Modelo	40
2.5 Análisis de caso.....	46
2.6 Discusión.....	51
Capítulo 3 Evidencia de contraste en el desempeño de interfecez digitales: Propuesta de modelo de análisis desde la optimalidad y la ergonomía cognitiva.....	55
3.1 La disociación de la interfaz	56
3.2 Evidencia de contraste	59
3.3 Modelo de EC aplicado a lo digital:	62
3.4 La relevancia de la tarea.....	61
3.5 Rutas cognitivas: base de un modelo de EC digital.....	63
Conclusiones	66
Referencias	68

Introducción

En los últimos años, con el surgimiento y proliferación de las interfaces digitales (ID), parece haber aumentado la curiosidad alrededor de los efectos tanto positivos como negativos que el uso constante de los dispositivos tecnológicos puede tener en las personas.

En este escenario, este trabajo procura articular una serie de marcos teóricos que se consideran compatibles para generar esquemas explicativos en torno a dos aspectos principales: las motivaciones del cambio tecnológico y su relación con adecuaciones conductuales. Para ello se propone la pertinencia de la categoría interfaz como base conceptual para la caracterización de la interacción usuario-objeto tecnológico. Con este mismo objetivo, se recupera el modelo descriptivo de la ergonomía cognitiva bajo un enfoque evolutivo y en relación con principios de modelos de optimalidad. De este modo, para abordar un objeto de estudio complejo, se busca la construcción de un marco interdisciplinar que se va desplegará a lo largo del trabajo.

En el primer capítulo, se señalan algunos problemas que se han identificado en la literatura y se argumenta a favor del uso de la categoría interfaz para el estudio de los artefactos en relación con los seres humanos; posteriormente, a partir de una revisión narrativa, el capítulo recupera la manera en la que las ID han sido abordadas en investigaciones recientes y se construye un estado de la cuestión, a partir del cual se propone que es posible catalogar dichas aproximaciones en dos enfoques generales: 1) “enfoque medición de efectos”, que busca responder cuál es el impacto que tiene el uso de interfaces en el usuario; y 2) el “enfoque de diseño”, que investiga de qué manera se modifican las interfaces como respuesta a las demandas del usuario o de la tarea.

En el capítulo dos, se recupera el modelo de ergonomía cognitiva como propuesta teórica desde la cual abordar el surgimiento y fijación de las interfaces recuperando, a su vez, la metáfora evolucionista presente en algunos otros trabajos alrededor del estudio del cambio tecnológico. Como complemento de este enfoque, también se propone incorporar algunos principios de los modelos de optimalidad que acompañen la exploración de la evolución de las interfaces en relación con el desempeño exitoso o fallido en una tarea. A partir de esta propuesta, se realiza un análisis de caso de un artefacto específico, buscando mostrar la viabilidad del modelo y la coherencia de los marcos propuestos.

El último capítulo, el proyecto propone que, en el caso de las interfaces digitales, la transformación en la interacción implica una disociación entre lo físico (lo motor, propuesto por la

materialidad física, el hardware) y una dimensión virtual emergente (el software, la materialidad en lo digital). Dicha disociación implica costos-beneficios particulares y, por lo tanto, criterios de ergonomía y optimalidad adecuados a lo digital. De este modo, se propone que el modelo llevado a cabo en el segundo capítulo sigue siendo válido siempre y cuando se actualice en la consideración del hardware y software como elementos constitutivos de la interfaz digital. Desde ahí, se busca sentar las bases de un modelo que caracterice de manera a la “ruta cognitiva” (mecanismos motores, mecanismos perceptuales, mecanismos cognitivos) implicada en la resolución de una tarea que pueden producir interfaces digitales ergonómicas y conductas óptimas.

Capítulo 1. Aproximaciones al estudio de las interfaces digitales desde la cognición: una revisión de enfoques.

El desarrollo de la especie humana ha estado acompañado de la creación de objetos tecnológicos destinados a mejorar el desempeño de tareas específicas (Pacey & Bray, 2021). El uso de dichos artefactos, es decir “cualquier objeto hecho por humanos” (Murray, 2012), establece una mediación entre un individuo y su entorno a través de un soporte material con el que interactúan de manera física en una relación que ha sido fundamental a lo largo de gran parte de la historia de la especie humana (Mumford, 2010). Ahora, a partir de los avances en computación e informática del siglo XX y su difusión hacia la población general, ocurrió un cambio significativo con respecto a una nueva dimensión tecnológica que introdujo un nuevo tipo de mediación: la digital.

Las interfaces digitales (ID) se distinguen de los artefactos tradicionales porque se basan en la representación numérica de la información (Manovich, 2002), es decir no poseen únicamente una dimensión física para su operación, sino que también emerge una dimensión virtual o digital que complejiza la lógica de la interacción entre el usuario, el artefacto y la tarea. Como ejemplo de esto podemos pensar en la variación que existe en distintas aplicaciones dentro del teléfono celular: Facebook, Uber, Twitter, Instragram, Spotify, Youtube, Tiktok; todas implican tareas y patrones de conducta distintos a pesar de mantener la constante de un mismo artefacto.

Así mismo, de la mano de esta nueva dimensión virtual, es posible apreciar una mayor de flexibilidad de los artefactos para la realización de un número de tareas mayor. Esta condición de adaptabilidad y su presencia cada vez mayor en distintos aspectos de la vida (desde la realización de trámites bancarios, hasta el esparcimiento, pasando por el entrenamiento y la interacción social) ha producido una sensación de ubicuidad de las ID que explica en gran medida el creciente interés en el fenómeno (Acerbi, 2016). Esto se ha visto acompañado de un gran número de investigaciones desde distintas áreas disciplinares: psicología, neurociencia y ciencias cognitivas (Buder & Hesse, 2017; Firth et al., 2019; Korte, 2020; Lodge & Harrison, 2019), diseño de interfaces y *human computer interaction* (Cañas & Waerns, 2001; Norman, 2013), teoría de medios (Lister et al., 2008; Logan, 2010; Manovich, 2002; Mulder, 2004), por mencionar algunas.

En dichos trabajos se pueden distinguir principalmente dos polos de atención:

Por un lado, el de los efectos: tanto los adversos, en ocasiones incluso denominados como patológicos provocados por un uso desmedido de alguna forma de ID, como aquellos que se

relacionan con posibilidades con respecto a la mejora en la realización de tareas. Este polo se puede subsumir en una misma pregunta general: ¿qué impacto tienen las ID en los individuos?

Por otro lado, existe un gran interés alrededor del diseño de interfaces. Es decir, ante la posibilidad de variación surgida de la representación numérica de la información y de la condición virtual emergente, ¿cuáles son las posibilidades de modificación de las interfaces para adaptarlas a necesidades específicas?

A partir de la complejidad de los procesos involucrados recuperados en los distintos trabajos (atención, memoria, velocidad de procesamiento, toma de decisiones, cognición espacial e incluso identidad, socialización y cuestiones simbólicas y morales, entre otros) se hace evidente que estamos ante un objeto complejo que es susceptible de ser analizado desde distintas perspectivas las que, a su vez, dan cuenta de la existencia de los distintos niveles explicativos y tradiciones conceptuales y epistémicas que pueden traerse a discusión.

Ahora, al mismo tiempo que esta multiplicidad de enfoques aporta un gran cuerpo de datos pertinentes para la profundización en el estudio de las ID, también implica diferencias significativas con respecto a la definición del objeto de estudio, a una adscripción teórica y conceptual armónica y a la demarcación de procedimientos metodológicos consistentes para el estudio de este fenómeno, sobre todo cuando se trata investigaciones dentro de una misma disciplina o en disciplinas afines.

Por ejemplo, existen estudios que hablan de los videojuegos y las funciones cognitivas que éstos activan (Kowalczyk et al., 2018; Phirom et al., 2020), otros que hablan del uso de internet y su impacto en procesos de memoria y atención (Marsh & Rajaram, 2019), otros más que estudian una comprensión lectora diferenciada según el uso de una pantalla digital frente a una página de papel (Horowitz-Kraus & Hutton, 2018). Pero, a pesar de que entre estas formas de instancias de ID hay diferencias claras, no suele reconocerse de manera explícita cómo cada una de éstas es materialmente similar o diferente y tiene características en común y específicas que pudieran estar involucradas en la diversidad de las conductas motivadas y observadas.

Este problema ya ha sido identificado en trabajos que señalan la necesidad de modelos que caractericen e integren el objeto de estudio (Cantamutto, 2016) y que reconozcan la necesidad de resultados estandarizados que permitan llegar a conclusiones generalizables acerca de las ID y los procesos cognitivos en los que pueda existir una incidencia (Lee & Ostwald, 2022), así como la necesidad de definiciones precisas acerca de los objetos tecnológicos involucrados (Kühn et al., 2011).

En este mismo sentido, otro de los principales problemas que se reconoce en la literatura tiene que ver con cómo trabajar con la oposición general-específico, es decir ni las ID son la misma cosa pero tampoco son cosas totalmente distintas. Al respecto, parece haber una tendencia hacia análisis demasiado específicos, dependientes de formas particulares de la ID, que dan como resultado una visión fragmentada que no describe de manera plena al objeto de estudio (Cantamutto, 2016).

Por otra parte, sólo en algunos casos se empieza a reconocer la variable de la tarea misma como habilitadora de procesos cognitivos diferenciados que ocurren incluso dentro de un mismo artefacto tecnológico, como es en el caso del estudio de los géneros dentro de los videojuegos en asociación con funciones cognitivas determinadas (Dobrowolski et al., 2015; Latham et al., 2013; Oei & Patterson, 2013). Esto es un signo de que el estudio de la relación conducta-interfaz está requiriendo una mayor complejidad en los esquemas de conceptualización del proceso que, a su vez, sugieren un camino con respecto hacia dónde se deben mover los esquemas teóricos para la descripción de las ID.

Es por ello que se ve como algo necesario la búsqueda de esquemas que, por una parte, respondan a las reflexiones e inquietudes surgidas de los trabajos de investigación y, por otro lado, doten a la investigación en ID de un marco teórico coherente y epistémicamente armónico.

Para contribuir a esta tarea, en este capítulo realizamos las siguientes actividades:

1) En primer lugar, partir de una revisión teórica de la categoría interfaz, que argumente a favor de su pertinencia conceptual para formularse como una categoría en común para entender a los objetos tecnológicos, que además de las diferencias y particularidades comparten características comunes.

2) Luego, a partir de una revisión narrativa, recuperar las maneras en las que ha sido abordadas las ID en los últimos veinte años y realizar una matriz de rasgos a partir de la cual recuperar sus propuestas fundamentales tanto en clasificación y abordaje del objeto de estudio como en adscripción teórica y disciplinar. Esto con el fin de lograr un panorama acerca de las tendencias tanto en las elecciones de aproximación al estudio de las ID, como de los problemas identificados.

3) Finalmente, con base en esta revisión se hace una propuesta de una posible ruta para continuar en el desarrollo de un esquema unificado teórico y de trabajo en el tratamiento de las ID.

1.1 Interfaz: dificultades y objeto para la cognición

La categoría de interfaz tiene su origen en la mecánica de fluidos donde refiere a la condición de frontera que ocurre entre dos sustancias (Hookway, 2014) y es hasta principios del siglo XX que se empieza a utilizar, de manera generalizada, en los terrenos de la informática y posteriormente hacia el uso de dispositivos tecnológicos.

Así, el concepto de interfaz ha tomado distintas formas de acuerdo con la disciplina desde la cual se ha abordado. Carlos Scolari, quien continúa la línea de teoría de medios planteada por Marshall McLuhan en 1963, desarrolla en *Las leyes de la interfaz* (2018) un rastreo de las áreas de conocimiento en las que está presente, de una u otra forma, la noción de “interfaz” (Fig. 1):

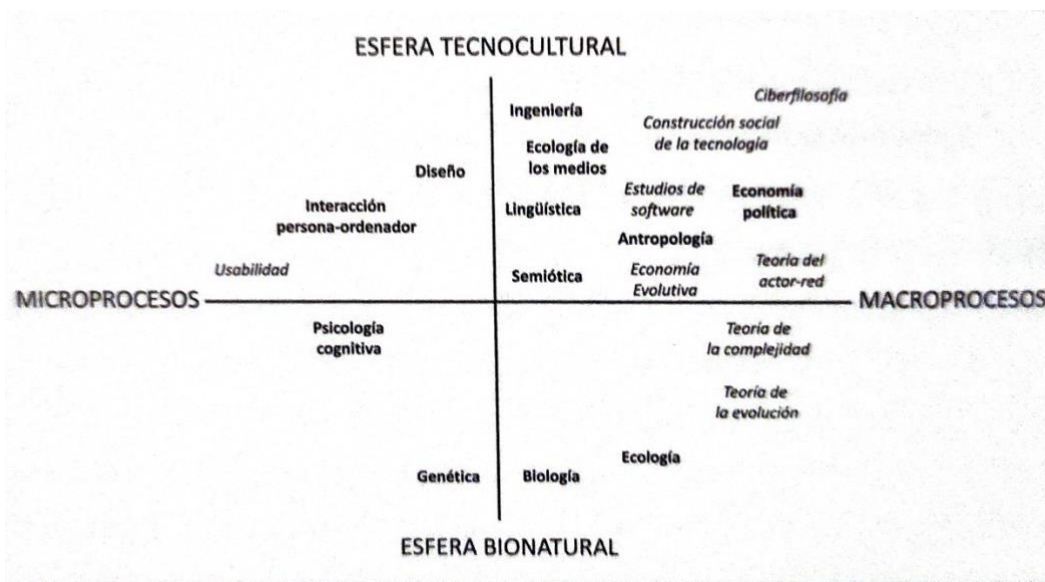


Figura 1 Macroprocesos, microporcesos y esferas. Una propuesta acerca de los niveles en los que es posible estudiar las interfaces, así como de las disciplinas que lo harían en cada punto de esta cartografía. (Recuperado de “Las Leyes de la interfaz” Scolari, 2018)

De este uso diseminado puede entenderse la diversidad en la conceptualización de la interfaz, así como la pertinencia de una delimitación instrumental clara con el objetivo de establecer un marco común para llevar a cabo investigaciones interdisciplinarias o, incluso, homologar la forma en que se problematiza al objeto dentro de una misma disciplina. Es interesante notar que, dentro de esta condición interdisciplinaria del la categoría interfaz, existe un reconocimiento de un deber para reflexionar y articular una teoría de la interfaz (Drucker, 2011).

En adición a esta necesidad de una definición operativa, consideramos pertinente tomar en cuenta aspectos a favor de una teoría de la interfaz: es decir, argumentar a favor del común denominador en la variedad de instancias tecnológicas existentes: ¿qué características comparten videojuegos, celulares, libros, bicicletas, realidad virtual? ¿De qué nos sirve pensar en una categoría en común para entender a los objetos tecnológicos?

Parte de la respuesta a esta pregunta se encuentra en la acepción primigénea de la interfaz como una condición de frontera, de contacto, de interacción entre dos dimensiones. Así, una teorización acerca de la interfaz no tiene como objetivo definir “las propiedades o esencia de una cosa, sino más bien de la interacción, dentro en una relación en la configuración de un comportamiento o acción mutuamente generado” (Hookway, 2014).

Al respecto, la propuesta de una teoría de la interfaz como un marco adecuado no es nueva y puede rastrearse probablemente a Marshall McLuhan (1964) quien es pionero en abordarla desde una dimensión tecnológica-comunicativa. Posteriormente, en algunos de los trabajos se ha definido a la interfaz como: el punto de interacción de cualquier combinación de software y hardware, así como una tecnología que media entre el usuario y el nivel de superficie de un artefacto (Emerson, 2014); el punto de transición entre capas mediáticas distintas dentro de cualquier sistema alojado que concede acceso a una gama de acciones (Galloway, 2012). Es importante señalar que algunas propuestas se limitan a hacer una definición operativa para otras disciplinas (escritura, análisis del discurso, psicología, bioquímica etc).

Para este trabajo recuperamos centralmente la propuesta de Hookway (2014) quien la define a como una condición de frontera con la cual se trabaja para un fin específico. Enfatizando que a pesar de que la interfaz parezca una forma de tecnología, es más bien una manera para relacionarse con la tecnología: la interfaz describe la manera en la que lo humano establece una relación con el artefacto, en donde tanto las acciones llevadas a cabo como los efectos de dichas acciones ya están, hasta cierto punto, anticipados.

De este modo, la interfaz hace referencia a un punto de contacto a un objeto que habilita vías de entrada de información, procesos conceptuales y de procesamiento de la información. Así, las interfaces serán, en principio, una condición de límite/frontera e interacción entre dos sistemas, disciplinas, individuos, grupo o componentes.

Por lo tanto , una teoría de la interfaz no sólo es deseable sino necesaria, como un marco explicativo y descriptivo para explorar la relación tecnología-ser humano, desde un enfoque que se

centra en ambos lados de la frontera: tanto en la conducta propiciada en los individuos como en la posibilidad de intervención en el diseño de los artefactos. Este enfoque es armónico con otros propuestos en torno a los artefactos tecnológicos como el del *toolmaking* (Hutchins, 2020) que propone una relación entre una estructura material y una forma conceptual, en lo que él llama “un ancla material”, un elemento que juega un papel estabilizador; o incluso el esquema de modos tecnológicos propuesto en la antropología cognitiva por Clark (Clark, 1978).

Además, contar con un esquema conceptual construido a posteriori, es también una respuesta adecuada al hecho de que lo que usualmente conocemos como medios (medios de información, nuevos medios, tecnologías de la información en comunicación) constituyen categorías en muchos casos intuitivas y, por lo tanto, se presentan poco claras o ambiguas.

Así, el reconocimiento de la importancia de la descripción de las interfaces se orienta a la definición de una serie de parámetros que den cuenta de sus rasgos sin aludir directamente a ninguna de ellas. El objetivo es proponer un modelo que ofrezca a los investigadores [...] ciertos parámetros para la descripción y comparación de sus objetos de estudio” (Cantamutto, 2016).

La justificación de usar interfaz en lugar de medio u otras opciones de variación denominativa, es que el punto de interacción con el usuario no es la totalidad del artefacto tecnológico, sino esa pequeña membrana o ventana a partir de la cual se limitan ciertas acciones y se activan mecanismos en ambos lados de la interfaz.

De este modo, ante la diversidad de propuestas acerca de una definición de la interfaz, consideramos que es Hookway quien sienta las bases de una caracterización adecuada, incluso a nivel de mecanismo, de una dimensión lo suficientemente abstracta de la interfaz que podría llevarse a la operacionalización, es decir a la comprobación experimental, además de que puede dar cabida felizmente a las propuestas anteriormente señaladas.

Así, se retoman los siguientes supuestos conceptuales que de acuerdo a Hookway definen a la interfaz que son:

<p><i>Aproximación relacional a la interfaz</i></p>	<p>La interfaz es tratada como una forma de relación, en donde se resaltan las características de la relación que se establece entre dos entidades y no en las características de las entidades aisladas.</p>
---	---

<i>Mediación e interfaz</i>	La interfaz media las relaciones entre las entidades implicadas.
<i>Limitaciones de la interfaz</i>	La interfaz determina la relación entre lo humano y la tecnología y también establece los límites de la frontera entre humano y máquina.
<i>Instanciación</i>	Más allá del constructo teórico, la interfaz se instancia en formas específicas, por lo que habrá variación y particularización de las interfaces.

Tabla. 1 Descripción de los rasgos de las interfaces según Hookway (20014).

Esto nos permite llegar a una construcción teórica de la interfaz que debe verse complementada por la noción objetual, en donde será equiparable al artefacto, dispositivo, objeto tecnológico. Consideramos que este constructo puede ser de gran utilidad particularmente en los modelos de las ciencias experimentales. Al respecto, existe una gran tarea pendiente, pues las investigaciones parecen haberse dividido en dos tareas: la conceptualización y la instrumentalización. Parte de la propuesta de este trabajo es reconocer la necesidad de una postura epistémica clara desde la cual poder operacionalizar y hacer diseños experimentales y desde la cual también sea viable la teorización estructurada tanto en niveles decriptivos como prospectivos.

1.2 Interfaces digitales

Si la prevalencia de dispositivos tecnológicos para actividades humanas es algo tan viejo como la humanidad misma, entonces ¿qué es lo que motiva este especial interés por lo digital? ¿por qué el surgimiento de toda esta gama de dispositivos y aplicaciones ha supuesto tanto un riesgo como una oportunidad?

La primera parte de la respuesta tiene que ver con el uso en aumento de dichas tecnologías en actividades relacionadas con la productividad, la búsqueda de información, la socialización, la relajación y el entretenimiento. Por otro lado, se habla acerca del surgimiento de un “medio” que se considera como “inmaduro” en el cual no están terminadas de definir las formas en las que puede ser implementado; además, se reconoce que, si bien tenemos instancias distintas se tratan de una misma categoría con sus propias “affordances” únicas, las cuales, no están terminadas de definir (Murray, 2012). Así, se habla de una necesidad de exploración contemporánea de las implicaciones de este modo tecnológico que todavía no se encuentra completamente definido.

Ahora, de manera similar a lo que ocurre con el concepto de interfaz, para definir a las interfaces digitales ha habido distintas aproximaciones: nuevos medios, medios digitales, tecnologías de información en la comunicación, etc. Murray (2012), habla acerca de la virtud y el problema de término *new media* que, por una parte, es lo suficientemente ambiguo para incorporar una gran variedad de “aplicaciones” pero, al mismo tiempo, la vaguedad del término produce una limitación categorial al momento de intentar teorizar más profundamente acerca del objeto. Es por eso que propone *digital medium*, en donde el rasgo definitorio es que se crea ocupando el poder representacional de la computadora.

Por su parte, Lev Manovich caracteriza el aspecto de lo *digital* de la interfaz (2001, 64) planteando que: “la representación numérica es el aspecto realmente crucial [...] pues convierte al mensaje en información de computadora, por lo tanto, haciéndola programable”. Podemos decir que la representación numérica refiere a la materialidad del soporte, y que habilita también una diferencia fundamental entre distintos modos de interacción: mientras que en las interfaces no digitales el dispositivo es usado directamente para una tarea determinada, en las digitales la materialidad se descompone en dos niveles: uno físico (hardware) y uno virtual (software).

De esta manera, se puede definir a la interfaz digital a partir de estas dos características: representación numérica y programabilidad, que están a la base de una condición virtual en las ID. Esta materialidad virtual, es decir la posibilidad de representar n número de códigos a partir de la representación numérica de la información, permite una variación tan extensa como lo permita la posibilidad de los códigos de programación involucrados. Las ID podrán entenderse entonces como un soporte complejo que se compone de una materialidad física, una materialidad virtual y el momento de interacción con un sujeto determinado. Esta primera materialidad puede corresponder

puede ser un objeto físico, un *mouse*, mientras que la materialidad virtual puede ser un “ente abstracto” como un programa de computadora (Cañas & Waerns, 2001).

Dicho de otro modo, a causa esta condición virtual, una interfaz digital presenta exponencialmente mayor posibilidad de variación, de instanciación: en un solo dispositivo pueden convivir distintas interfaces. Esta es una de las razones que explica la gran presencia de ID en la vida cotidiana: su capacidad de adaptación es mucho mayor que las de las interfaces no-digitales.

Con respecto a la dimensión virtual, es pertinente referir que lo virtual se presenta como un mecanismo cognitivo a partir del cual se pueden hacer proyecciones y tomar decisiones (Quéau, 1995) y que antecede a su acepción dentro de la informática. La exploración del pensamiento virtual podría articularse a favor de la pertinencia de un enfoque cognitivo para el estudio de las ID, sin embargo, el desarrollo de esta relación queda fuera de los límites de esta investigación, aunque consideramos que puede ser fundamental para futuros trabajos: la descripción del pensamiento virtual como una forma de arquitectura cognitiva.

1.3 Implicaciones cognitivas de las interfaces

El puente entre la tecnología y posibles procesos cognitivos asociados ha sido abordado ya en una gran diversidad de aplicaciones: el uso de notas de papel, diarios, calendarios, alarmas como tecnologías de apoyo a la memoria, y ha aumentado en los años recientes (O’Neill & Gillespie, 2008). Se pueden encontrar estudios de realidad virtual y entrenamiento cognitivo en adultos mayores (Bauer & Andringa, 2020); conectividad cerebral diferenciada en lectura contrastada en libros y pantallas (Horowitz-Kraus & Hutton, 2018); aplicaciones para el diagnóstico y tratamiento de alucinaciones (Thomas et al., 2019) y efectos de los teléfonos inteligentes en el desempeño de funciones ejecutivas (Hartanto & Yang, 2016). Todos estos trabajos tiene un sustento teórico o metodológico relacionado con la evaluación de la cognición.

Sin embargo, es importante destacar algunos marcos teóricos más generales que son también pertinentes. El primero de ellos es la noción de “etapa/modo tecnológico” planteado por Clark (1977) como un modelo que se basa en la forma de interacción cognitiva entre los sujetos y sus artefactos que permite además plantear postulados acerca de configuración específicas de los usuarios para la manipulación de dichos artefactos. De esta teoría se desprende también el planteamiento que de que la tecnología puede estudiarse desde una perspectiva filogenética (Foley

& Lahr, 1997), es decir a partir de una serie de rasgos innovaciones con distinto grado de aptitud y que producen una historia no lineal de los artefactos tecnológicos.

Desde la teoría de medios, Hayles (2012) habla acerca de cómo la era de la imprenta invisibilizó cierto tipo de prácticas que ahora, ante una revolución mediática, se ven como interfaz-específicas. Incluso la naturaleza del error en la realización de una tarea varía de acuerdo a la interfaz usada, pensamos en una máquina de escribir y en un procesador de texto como Word. Walter Ong (2016) propone, por ejemplo, entender cómo la ciencia es una institución que se crea a partir de las adecuaciones propiciadas por la tecnología de la escritura. Estas caracterizaciones retrospectivas, pueden incorporarse en una descripción prospectiva.

Finalmente, el esquema que recuperamos de Hookway es armónico con las lecturas que se pueden hacer de las ID en relación con los procesos cognitivos posiblemente involucrados, como lo proponemos en la siguiente tabla:

Propuesta de Hookway	Implicación Cognitiva
<i>Aproximación relacional</i>	Direccionalidad que demanda la realización de una tarea.
<i>Mediación</i>	Interacción realidad. Nivel fisiológico (transducción de los estímulos) o psicológico (procesos de representación)
<i>Limitaciones</i>	Conductas viables de acuerdo a las características de un individuo, la tarea y el objeto.
<i>Instanciación</i>	Posibilidad de modificación o adecuación de acuerdo a las necesidades de realización de una tarea.

Tabla 2 Tabla de contraste entre los rasgos de las interfaces y una propuesta de lectura en relación con procesos cognitivos.

Así, lo planteado por Hookway también es compatible con la premisa de que una interfaz puede producir una conducta específica o variaciones en el desempeño de la misma conducta: “es la interfaz la que determina la interacción humana con la tecnología y determina las fronteras entre

humano y máquina” (Hookway, 2014). En la medida en que las interfaces implican una mediación que delimita la interacción con el mundo y produce conductas específicas, es común trabajar bajo la premisa de que las interfaces tienen un impacto en procesos cognitivos.

Esto se aleja de algunos posicionamientos que han propuesto que existen interfaces o artefactos cognitivos y no cognitivos (Norman, 1991). Distinción que pareciera originarse del hecho de que en algunos casos hay códigos lingüísticos involucrados, pensemos en un libro, mientras que en otros como la bicicleta parecieran involucrarse sólo procesos motores no relacionados a lo racional. Si bien es cierto que la conducta de una operación mental es distinta a la del desplazamiento motor, ambas pueden ser consideradas cognitivas. Al respecto, consideramos que se debe cuidar un posible sesgo con respecto a la consideración de a qué refiere lo cognitivo. López-Riquelme et al. (2022) mencionan este problema enfocado en el estudio de animales, pero consideramos que el sesgo puede generar limitaciones incluso dentro de la caracterización de procesos cognitivos en la especie humana.

Así, proponemos entender a la cognición como una modificación de la conducta a partir del procesamiento de información. En la medida en que todas las interfaces implican un procesamiento mediado de la información que produce conductas diferenciadas, consideramos que todas las interfaces son cognitivas, a pesar de no necesariamente operar en el eje racional sino en otras instancias (motoras, morales, emocionales y esquemas de cognición social).

Es por estas razones que este trabajo considera que el constructo teórico de interfaz es útil para describir la variedad de procesos relacionados con el uso de dispositivos tecnológicos de diversa índole y también para continuar explorando las posibles implicaciones cognitivas a través del diseño de un modelo cuyos requisitos y necesidades puede que ya estén siendo definidas por las investigaciones realizadas.

1.4 Revisión narrativa

Con el objetivo de identificar de manera precisa de qué manera estaban caracterizando las investigaciones a su objeto de estudio, se llevó a cabo una revisión narrativa, mediante la recuperación de artículos e investigaciones que abordaran alguna forma de ID en asociación con algún impacto conductual, a partir de la cual poder identificar algunos aspectos en común y algunos diferenciadores.

La búsqueda se realizó en los metabuscadores Google Scholar, Springer, en PubMed. Se buscaron trabajos que hubieran sido publicados a partir de 2004 con el fin de abarcar una temporalidad de 20 años en el estudio de las interfaces digitales. Fueron tomados en consideración artículos, investigaciones experimentales, reseñas, meta análisis y estados del arte.

Se usaron las siguientes palabras clave: *digital, digital interface, media, new media, technology, cognition, virtual reality, videogames, internet, AR* y combinaciones de las mismas. También se realizó una búsqueda por remisión, es decir, artículos a los cuales se enlazaba por proximidad temática dentro de los portales.

Para la captura de la información, se diseñó una matriz que contiene las siguientes categorías: autor, título, año, disciplina, teoría/hipótesis, concepto utilizado de interfaz, explícita definición, definición de mecanismos implicados, instanciación estudiada, qué problema resuelve y si señala un problema. Dichas categorías se consideran necesarias y suficientes para poder establecer un estado de la cuestión dentro de las diversas aproximaciones al estudio de las interfaces digitales. A continuación se describe brevemente algunas de las categorías de la matriz.

La categoría *disciplina*, cuando no aparece explícita en el cuerpo del texto, se determinó tomando en cuenta la información de la revista y la adscripción institucional que tienen los autores.

La categoría *teoría/hipótesis* se refiere a si el trabajo se adscribe a una postura o corriente particular o si está intentando demostrar una hipótesis.

La categoría *concepto utilizado de interfaz* es fundamental debido a que, como se ha establecido en la introducción, existe una gran variación denominativa en el objeto de estudio. Al ser este uno de los principales retos, no se puede esperar que se usen de manera uniforme la etiqueta ID, ni para su identificación, ni como estructura conceptual a partir de la cual se articule una propuesta.

La categoría *mecanismos implicados* responde a si, de acuerdo a la propuesta de cada artículo hay uno o varios mecanismos que están a la base de la relación entre interfaz y conducta que se propone. En dado caso de que lo haya, se incluye una breve caracterización de a qué tipo de mecanismos corresponde.

La categoría *instanciación estudiada* se refiere a la forma específica de interfaz digital que se aborda, en el caso de que exista.

La categoría *qué problema resuelve* refiere a de qué modo la interfaz estudiada se relaciona con una mejora en alguna tarea determinada.

La categoría *señala problema* establece si dentro del trabajo descrito se hace alusión a se marca alguna insuficiencia o dificultad respecto a la forma en la que se aborda el estudio de las ID.

Criterios de inclusión

Al momento de realizar la búsqueda se reconoció el problema de la polisemia del término, es decir, que es ocupado no necesariamente de la misma forma por distintas disciplinas. Sin embargo, siempre que estos artículos, sin importar su disciplina de adscripción, trabajaran algún concepto afín en relación con lo que pudiera considerarse con la modificación o algún impacto conductual, fueron incluidos. Por esta misma razón, existe una tendencia hacia artículos de corte experimental, sin embargo, también fueron incorporados artículos teóricos que abordaran esta misma relación.

Debido a esto, el criterio que se siguió para poder incluir dentro de esta revisión a los resultados era si en el trabajo existía un dispositivo tecnológico que requiriera como parte de su diseño la representación numérica de la información.

No.	Autores	Título	Año	Disciplina	Teoría/Hipótesis	Concepto utilizado para ID	Explicita definición	Define Mecanismos Implicados	Instanciación estudiada	¿Qué problema resuelve	Señala problema	Tipo de text	Enfoque
1	Gawer, A.	Interplay of firm scope, platform sides, and digital interfaces	2021	Negocios	NA	Digital platforms	No	No	NA	Delimitación de interacción	No	Art.	D
2	Kewsbury et al.	Real-time strategy video game experience and structural connectivity – A diffusion tensor imaging study	2017	Neurociencia	Enhance cognitive functioning Cognitive Training	(RTS) Videogames	No	Si	Conectividad de áreas impli Videogame (Starcraft II)	NA	Si	Art.	ME
3	O'Halloran et al.	Challenges in designing digital interfaces for the study of multimodal phenomena	2010	Interface design	Social semiotics	Digital interfaces Software interface	No	Si	Process semióticos	NA	Si	Art.	D
4	Bauer y Andringa	The Potential of Immersive Virtual Reality for Cognitive Training in Elderly	2020	Gerontología	Cognitive Training	Immersive Reality	Si	No	VR	Cognitive Decline	Si	Art.	ME
5	Pikam et al.	Beneficial Effects of Interactive Physical-Cognitive Game-Based Training on Fall Risk and Cognitive Performance of Older Adults	2020	Gerontología	Entrenamiento cognitivo	Game-based training	No	Si	Process psicológicos	Game (Hardware+Software)	No	art.	ME
6	Anderson y Subrahmaniam	Digital Screen Media and Cognitive Development	2018	Psicología	Cognitive development	Screen media Digital screen device Interactive digital media	Si	No	Screen media	NA	Si	Art.	ME
7	Bader y Hesse	Designing Digital Technologies for Deeper Learning	2016	Interface design	Cognitive Interfaces	Interface	Si	No	NA	Information processing	No	Chapt.	D
8	Rojas, et al.	Towards Enhancing Empathy Through Emotion Augmented Remote Communication	2022	HCI	Augmented communication	Videoc Conferencing platform	No	No	Videoc Conferencing platforms Software (Project Us)	Emotion Awareness	No	Art.	D - ME
9	Chatter et al.	Digital technologies for the assessment of cognition: a clinical review	2018	Psiquiatría	Assessment of cognition Monitoring of cognition	Digital technologies Digital systems Interface	No	No	NA	Assessment of Cognition	No	Review	ME
10	Van der Veer	Cognitive Ergonomics in Interface Design – Discussion of a Moving Science	2008	Interface design	Cognitive ergonomics	User interface Device Artifact	No	No	NA	NA	Si	D	D
11	Kore	Brain health consequences of digital technology use	2020	Neurociencia	Cognitive development	Digital media	No	Si	Mecanismos neuronales	NA	Si	Review	ME
12	Smal et al.	The effect of Tangible User Interfaces on Cognitive Load in the Creative Design Process	2020	Neurociencia	Cognitive Training	Digital technologies Graphical User Interface Tangible User Interface (TUI)	No	Si	(Para algunos casos, reclutamiento de regiones corticales)	NA	Si	Art.	ME
13	Chandrasekery y Yoon	Impact of Digital Device, Exercise, and Music Intervention Programs on the Cognition and Depression of the Elderly in South Korea: A Meta-Regression Analysis	2015	Psicología informát	Cognitive load	Software + Hardware	No	No	Software + Hardware	Cognitive Load	Si	ME	ME
14	Yoo et al.	How digital visualizations shape strategy work on the frontlines	2022	Psiquiatría	Intervención mejorada de cognición	Digital device	No	No	NA	Depression	No	Metaanálisis	ME
15	Azady Zabih	Improving memory via automated targeted memory reactivation during sleep	2020	Negocios	NA	Digital visualization	No	No	Digital visualization	Strategy work	No	Art.	ME
16	Whamore et al.	Virtual reality and cognitive rehabilitation: A review of current outcome research	2022	Neurociencia	Memory consolidation	Smart Watch	No	No	Smart Watch	memory improvement	No	Art.	ME
17	Larson et al.	How Has the Internet Reshaped Human Cognition	2014	Psicología	Cognitive rehabilitation	Virtual reality	No	No	VR platform (NeuroHome)	Cognitive impairment	No	ME	ME
18	Loh y Kama	The Digital Expansion of the Mind: Implications of Internet Usage for Memory and Cognition	2015	Neurociencia	Alteration of cognition	Internet	No	Si	Activación cortical	NA	Si	Art.	ME
19	Marah y Rajaram	The Digital Expansion of the Mind: Implications of Internet Usage for Memory and Cognition	2019	Neurociencia	Cognitive load Extended Mind	Internet	No	No	Internet	NA	No	Art.	ME

No.	Autores	Título	Año	Disciplina	Temas/Hipótesis	Concepto utilizado para ID	Definición	Mecanismos implicados	Instanciación estudiada	Qué problema resuelve	Scáala problema	Tipo de test Enfoque
		Technology in Assessment, Treatment, and Self-help for Hallucinations										
20	Thomas et al.	Design of embodied interfaces for engaging spatial cognition	2019	Psiquiatría	Assessment of cognition	Digital technologies	No	No	Software (AVATAR, EM)	Assessment of Hallucinations	No.	Art. D
21	Oliva et al.	Supporting personalized learning and well-being	2016	Ciencias Cognitivas	Spatial cognition	Embodied interfaces	No	No	Hardware-Software	Skills improvement	Si.	Art. D
22	Parmanian et al.	Support of mathematical thinking through embodied cognition: Nondigital and digital	2021	Machine learning	Assistive Technology	AI-generated media	Si	No	AI	Learning and well-being	No.	Art. D
23	Tran, Smith y Bushnell	Wemogji: Towards Designing Complementary Communication Systems in Augmented Reality	2017	Ciencias Cognitivas	Spatial cognition	(News) Technology	No	Si	Manipulatives	Learning	Si.	Art. ME
24	Luog et al.	Human-Centered Designing Complementary Communication Systems in Augmented Reality	2022	Interface design	Human Centered Computing	AR	No	No	AR	Emotion Awareness	No.	Art. D
25	Spence et al.	Eating with our eyes: From visual hunger to digital satiation	2015	Psicología	Visual hunger/ Visual rel.	audiosocial media AR y VR social media networks smartphones	No	Si.	Actividad cortical del metabolismo cerebral influenciada por la información visual	Eating disorders	No.	Art. ME
26	O'Neill y Gillispie	Simulating naturalistic instruction: the case for a voice mediated interface for assistive technology for cognition	2008	Psicología	Language an executive function Cognitive load Scaffolding	Assistive Technology for Cognition (ATS)	Si	No	GLIDE (hardware/software)	Issues, problem-solving, g.	Si. Diferencia en el Art.	D
27	Oviatt	Human-Centered Design Meets Cognitive Load Theory: Designing Interfaces that Help People Think	2006	Ciencias de la Computación	Cognitive Load Interface Design	Interface	No	No	Laptop	Math problem solvig	Si. Diferencia en el diseño de la D	D
28	Iwalsztajn et al.	Digital Game Design for Elderly Use Beyond Distributed Representation: Embodied Cognition Design	2007	Game design	Interface Design	Video game Digital game Interface	No	No	Video game	Cognitive Decline	No.	D
29	van Dijk et al.	Supporting Socio-Sensorimotor Couplings	2014	Industrial design	Embodied Cognition	Interface	No	No	Prototipos (Floor-It, NOO) NA	Increasing the ecological validity of neurocognitive assessments	No.	ME
30	Parsons Courtney	Neurocognitive and psychophysiological interfaces for adaptive virtual environments	2011	Cognitive Neuroscience	Psychophysiological computing	Computer interface	No	Si	VR y AR	Information overload Error in cognition. Time to task completion	No.	ME
31	Alamed et al.	Informational Environments: Cognitive, Motivational-Affective, and Social-Interactive Forays into the Digital Transformation	2011	Medicina	Task Load	User interface	No	No	Aplicación web	Information foragin	No.	ME
32	Buder y Hesse	El discurso digital como objeto de estudio: de la descripción de interfaces a la definición de propiedades.	2017	Interface design	Cognitive Interfaces Informational environment	Digital technologies	No	No	NA	Information foragin	No.	Cap. ME
33	Caramutti y Vila	Computerized working memory train	2016	Ciencias de la Comunicación	Teria del discurso	Interface	No	No	Social Media	NA	Si. Descripción del c Art.	D
34	Weinberger et al.	A cultural evolution approach to digital media	2007	Medicina	Cognitive Training	Computerized training	No	No	Software (Robblemo) WM training	NA	No.	Art. ME
35	Acrés	user's satisfaction with content and interface design to reflect continuance intention to use a government e-learning system	2016	Sociología	Cultural evolution	Digital media	Si.	Si.	Social Media	NA	Si. Necesidad de exploración del OE	•
36	Hong et al.	government e-learning system	2016	Education	Interface Design Cognitive-affective model	Interface	No	No.	E-learning system	Cognitive failure*	No.	Art. D

No.	Autores	Título	Año	Disciplina	Teoría/Hipótesis	Concepto utilizado para ID	Definición	Mecanismos Implicados	Instanciación estudiada	Qué problema resuelve	Señala problema	Tipo de texto	Enfoque
37	Horowitz y Harton	Brain connectivity in children is increased by the time they spend reading books and decreased by the length of exposure to screen-based media	2018	Neurociencia	Functional connectivity	Media	No.	Si. Activación cortical	Screen-based media	NA	Si. Diferencia en el dispositivo	Art.	ME
38	Miller	Life in the New Media landscape: Ritual Communication and Distributed Cognition on Reddit	2015	Ciencias de la Comunicación	Digital sociality	New Media	Si.	Si. Mecanismos teóricos de interacción social	Reddit	NA	Si. Necesidad de exploración del OE.	Art.	*
39	Clowes	Reading, New Media Technology and what they tell us about Social Cognition.	2014	Filosofía	Cognitive artifacts*	New reading technologies	No	Si. Activación cortical	Reading technologies	NA	No.	Art.	*
40	Jaspers et al.	The think aloud method: a guide to user interface design	2004	Medicina	Cognitive engineering	Computer systems User interfaces	No	No	Computer patient record	Information overload	Si. Consideración de la tarea	Art.	D
41	Kim et al.	The impact of tangible user interfaces on spatial cognition during collaborative design	2006	Design	Spatial cognition	Graphical User Interface (GUI) Tangible User Interface (TUI)	No	Si. Niveles de percepción	3D blocks Youtube Twitter Blog	Eficiencia	No	Art.	ME
42	Lee	Narrative cognition and modeling in new media communication from Peirce's semiotic perspective	2012	Ciencias de la Comunicación	Semiótica	New Media Technology	No	No	NA	NA	No	Art.	ME
43	Lopresti et al.	Assistive Technology for Cognition	2008	Ingeniería	Rehabilitation engineering	Assistive Technology for Cognition (ATS)	No	No	NA	Rehabilitation	No	Art.	D
44	Magnusson	Of Epistemic Tools musical instruments as cognitive extensions	2013	Informática	Embodied Cognition	Digital instrument Digital musical interfaces	Si	No	Musical instruments	NA	Si	Art.	ME
45	Moreno	A systematic review of the use of virtual reality and its effects on cognition in individuals with neurocognitive disorders	2019	Psicología	Cognitive Training	VR	Si	No	VR	NA	Si	Metaanálisis	ME
46	Zelinski	Cognitive benefits of computer games for older adults	2009	Gerontología	Cognitive Training	Digital action games	No	Si. Memoria	NA	Transfer	No	Art.	ME
47	Robins et al	A Smartphone App to Screen for HIV-Related Neurocognitive Impairment.	2014	Medicina	Assessment of cognition	Computer technologies	No	No	Neuroscreen (app)	Screening of HIV+ NCI	No	Art.	D
48	Palau	Neural Basis of Video Gaming: A Systematic Review	2017	Neurociencia cognitiva	Assessment of cognition	Digital technologies Information and Communication Technology (ICT)	No	Si	Videogame	NA	Si	SR	ME
49	Lee y Okwals	platforms on design cognition during remote collaboration: A systematic review of protocol studies	2022	Design	Design cognition	Digital interface	No	No	NA	NA	Si. Diferencia en el dispositivo	SR	ME
50	Beesa	Technology and cognitive ability: the use of new technologies and the design of digital interfaces	2012	Design	User-Centered Design	Interface	Si	No	NA	NA	Si. Diferencia en el diseño de la modalidad de la interfaz El usuario se crea	Art.	D

1.5 Hallazgos

A partir de la información recabada en la matriz de la revisión narrativa, se pudo observar lo siguiente:

Existe en efecto una gran variedad denominativa de las ID.

En los trabajos revisados puede observarse una gran variación con respecto a la denominación o clasificación del objeto de estudio, lo cual es consonante con respecto a los problemas planteados en el primer apartado de este trabajo. Dentro de esta diversidad, la etiqueta más constante es el adjetivo clasificador *digital* que se combina con los sustantivos *interface*, *platform*, *technologies* produciendo un total de 15 casos.

Por su parte, la etiqueta *interface* cuenta con 15 menciones, mientras que *technologies* 10, y *media* 8, el resto de casos tienen etiquetas menos frecuentes como *system* o *platform*. Aunque la combinación *digital interface* sólo tiene 2 casos, creemos que puede observarse una tendencia en el uso del concepto.

Heterogeneidad de las instancias descritas

Las ID estudiadas varían. Las más frecuentes son VR (3 casos), videojuegos (3 casos) y software (4 casos) diseñados para fines específicos: desde aplicaciones para el reducir el riesgo de caída en personas mayores hasta el desarrollo de una página de gobierno electrónico.

Una parte significativa (15 casos) fue clasificada como NA, ya que corresponden a reflexiones teóricas en donde no se evalúa una ID específica.

Presencia de definición

Del total de la muestra sólo 10 trabajos explicitan una definición, es decir, definen de manera formal ya sea a la ID o bien a la instancia de ID que abordan. Sin embargo, dichas definiciones no muestran una homologación: no hay referencia a marcos teóricos o conceptuales comunes.

En la mayoría de los trabajos analizados se aborda al artefacto o a la categoría sin ningún tipo de delimitación o de enunciación de rasgos y características.

Identificación de limitaciones y problemas teóricos

Al respecto de este rubro, 26 registros no señalan ningún problema, mientras que 24 sí señalan alguna limitación. Entre lo que se señala se encuentra: la consideración de la tarea realizada y no sólo el tipo de interfaz; una necesidad de definir también al tipo de usuario que usa la interfaz; la vaguedad en la definición del objeto de estudio; y la hiperspecificidad de los resultados que no permiten el contraste con resultados de otras investigaciones .

Del total de la muestra, 13 trabajos señalan específicamente la necesidad de contar con esquemas teóricos más robustos para poder continuar la exploración en el área.

Difusión del objeto de estudio

Los resultados del análisis de los trabajos confirman la difusión de las ID como objeto de estudio en distintas áreas. Se identifican 10 áreas disciplinares distintas, entre las cuales las que tienen una mayor frecuencia son el clúster de diseño (11), el cluster de nuerociencia (10) y el cluster psicología (10). Se propuso la creación de estas macrocategorías que incluyen áreas específicas tanto del diseño como de la psicología. En el caso de diseño, se incorporan las áreas de diseño de interfaces y diseño de videojuegos, etc. En el caso de psicología se incopora también estudios producidos desde la psiquiatría. Por su parte, sólo se hayaran 4 trabajos en el área de ciencias cognitivas.

No obstante, se identifica la prevalencia de un enfoque cognitivo. En 16 de los artículos de la muestra las hipótesis o teorías a partir de las cuales se construye la aproximación del trabajo son de la ciencias cognitivas (carga cognitiva, cognición corporeizada, etc). Esto parece sugerir que el marco y los problemas planteados por la ciencias cognitivas son adecuados para aproximarse al estudio de las interfaces digitales.

1.6 Discusión

Entre la diversidad de trabajos publicados en torno a las interfaces digitales, proponemos que existe una posible agrupación de las investigaciones a partir de una clasificación en dos enfoques de acuerdo a los objetivos identificados: medición de efectos y diseño. Mientras que el enfoque de medición de efectos procura una metodología dirigida al sujeto y métricas conductuales, el enfoque de diseño se centran en la modificación y adaptación de las interfaces (fig. 4) . Además, dichos enfoques corresponden en muchos casos a metodologías particulares: mientras que la medición de efectos suele llevar a cabo estudios de corte experimental, desde el enfoque del diseño hay una gran prevalencia de trabajos teóricos.

El contraste de estos enfoques, así como la revisión conceptual involucrada, es pertinente para el reconocimiento de los alcances de las investigaciones, así como para la identificación de necesidades existentes.

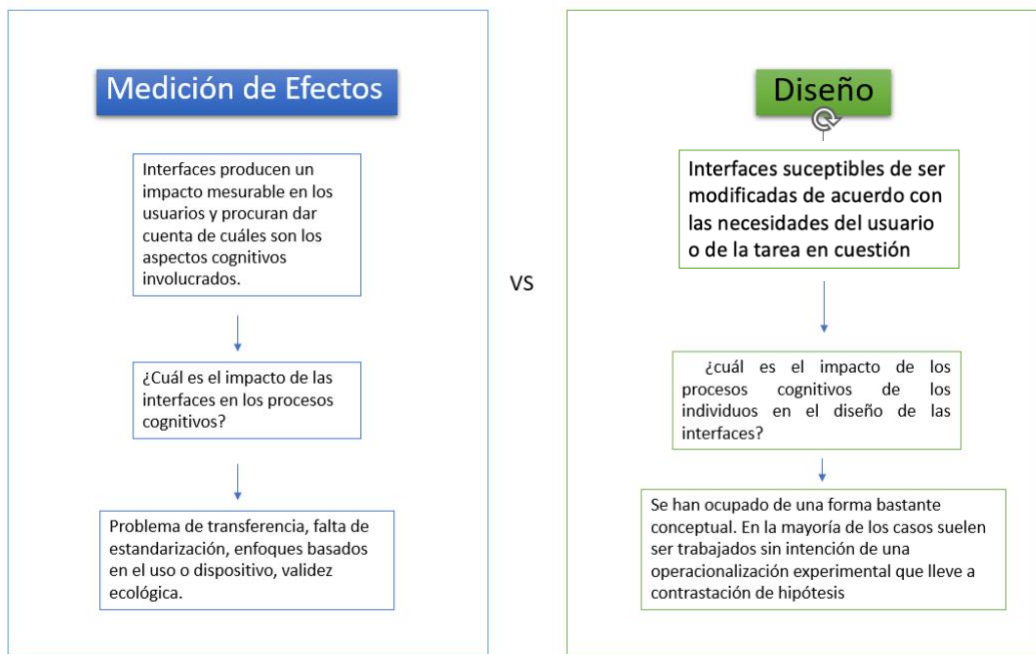


Figura 2. Propuesta de contraste entre los dos enfoques principales que se encontraron en la revisión narrativa.

La identificación de estos enfoques implicó la creación de un rasgo de la matriz que pudiera clasificar en alguna de estas dos categorías los trabajos encontrados. Se encontró una mayor prevalencia del enfoque de medición de efectos con 28 casos. Mientras que 19 casos correspondieron al enfoque de diseño.

1.7 Enfoque de Medición de efectos

La premisa fundamental dentro de este enfoque es que las interfaces producen un impacto medible en los usuarios y procuran dar cuenta de cuáles son los aspectos cognitivos involucrados (atención, distintos tipos de memoria, velocidad de procesamiento, entre otros). Podría caracterizarse en la pregunta: ¿cuál es el impacto de las interfaces en la cognición?

Como consecuencia suelen involucrar paradigmas de entrenamiento (trabajar con una interfaz para mejorar algún aspecto en específico) o monitoreo (de qué manera el uso constante de una interfaz está produciendo cambios en algún aspecto específico).

Algunos de los principales constructos teóricos con los que suele trabajar son plasticidad cerebral, cambios y efectos conductuales, mejora, entrenamiento y beneficios cognitivos, entre otros.

Algunas de las teorías de la interfaz que pueden entrar en este enfoque son: modos tecnológicos (Clark, 1977), anclas materiales/cognición distribuida (Hutchins, 2000) y, más recientemente, la propuesta de interfaces cognitivas de Jürgen Buder (2017), la cual, a pesar de no ser un paradigma estandarizado en neurociencia o psicología, reúne en gran medida las características del enfoque, por lo que procederemos a describirlo.

Interfaces cognitivas

La propuesta también establece la dicotomía hardware/software como elementos a constitutivos de la interfaz (Buder, 2017):

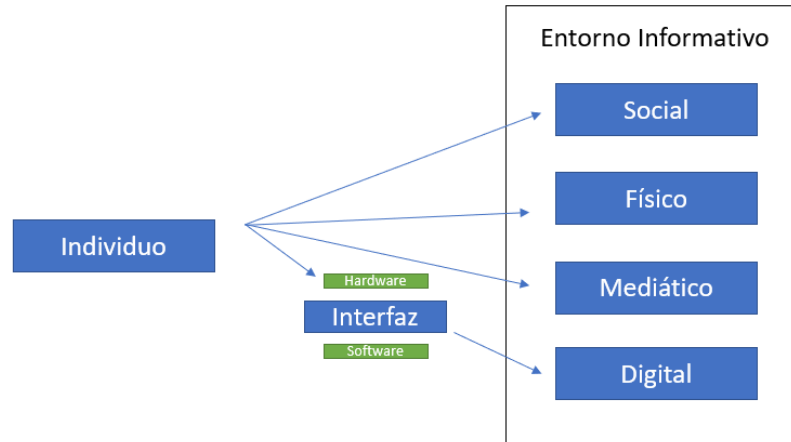


Figura 3: Adaptada de Buder, J., & Hesse, F. W. (2016). La propuesta de las interfaces cognitivas en la que, para que el individuo entre en contacto con entornos digitales se requiere una interfaz que configura las posibilidades de acceso y que, a su vez, está constituida por una instancia de hardware y otra de software.

Siguiendo este modelo, Buder propone que dependiendo de 1) si hay o no información; 2) la información que se presenta; 3) cómo se presenta la información y 4) cómo se puede interactuar con dicha información, se producirán modificaciones conductuales que pueden presentarse como “beneficios cognitivos”.

Se recupera la premisa inicial y la dicotomía, y se resalta la producción de conductas específicas que resultarán “benéficas” sólo en función de una tarea determinada. Sin embargo, el modelo problematiza sólo la manera en la que la información es presentada, pero no cómo es procesada, además de centrarse en un nivel de información textual lingüística, y señalando otros códigos y tipos de estímulos de manera periférica y no centrándose, en realidad en algún proceso cognitivo perceptivo o motor.

Limitaciones del enfoque

Algunas de las críticas que se han hecho a las investigaciones que forman parte de este enfoque son:

- Problema de transferencia. Ante el uso de interfaces digitales como herramientas de entrenamiento cognitivo, parece no existir evidencia suficiente para asegurar que la mejora

en el rendimiento de una tarea implicará también una mejora en un contexto distinto al del entrenamiento.

- Problemas de enfoques basados en el uso y el dispositivo. Ante la diversidad de instanciaciones que presentan las interfaces, se reconoce también que es necesario el trabajo teórico para identificar de qué manera el usuario o el dispositivo específicos podrían estar interviniendo en una modificación conductual específica (Choudhury, 2013).
- Validez ecológica. En algunos casos, el diseño experimental no refleja el uso real de lo dispositivo o la configuración de los elementos contextuales.
- Disparidad de los resultados (Boot et al., 2011; Irons, Remington, & McLean, 2011).
- Falta de estandarización. Tanto de protocolos experimentales para medir los mismos elementos con los mismos instrumentos, como de definiciones precisas. “We conclude that theoretical work is urgently needed”. (Kühn, 2019)

1.8 Enfoque de Diseño

La premisa fundamental dentro de este enfoque es que las interfaces son susceptibles de ser modificadas de acuerdo con las necesidades del usuario o de la tarea en cuestión. Podría caracterizarse en la pregunta: ¿cuál es el impacto de los procesos cognitivos de los individuos en el diseño de las interfaces?

Como consecuencia suelen involucrar paradigmas de ergonomía, es decir, la adecuación de las interfaces a las configuraciones humanas. Así, lo cognitivo se ve como una herramienta para entender el diseño de las interfaces. Y, aunque este enfoque no descarta una posible adecuación conductual producto de la interfaz, si se centra en la transformación, evolución, éxito o fracaso de las interfaces. (predicción)

Algunas de las teorías de la interfaz que pueden enmarcarse desde este enfoque son: ecología de las interfaces (Scolari, 2011), mente extendida (Clark, 1973), *scaffolded cognition* (Williams, 2009), *affordances* (Gibson, 1977) (con respecto a estas tres sería necesaria una nota al pie), arqueología mediática (Huhtamo, 2011) y ergonomía cognitiva (Cañas, 2002). Por considerar que reúne las características principales del enfoque, procederemos a abordar esta última.

Ergonomía cognitiva

La ergonomía cognitiva es un paradigma desde el cual se pueden explicar, al menos en parte, las transformaciones que sufren las interfaces bajo la premisa de que éstas ocurren en relación con la mejora en el uso para una tarea específica. Intenta ayudar al diseño de artefactos que se ajusten a las competencias y necesidades cognitivas (van der Veer, 2008).

Si bien es cierto que este enfoque se centra en el diseño de interfaces y “artefactos”, también puede servir como modelo de análisis del comportamiento y la evolución de las interfaces y objetos tecnológicos a lo largo de la historia.

Van der Veer (2008) señala que la cognición (en la ergonomía cognitiva) no debe entenderse únicamente en un sentido de adecuación física, por ejemplo, las manijas de las puertas, sino en un sentido más amplio que involucre aspectos como facilitación de la información o lectura de *queues*.

Así, se trasciende lo motor, en un modelo que se vuelve óptimo para el estudio de las interfaces digitales y su materialidad digital y permite la incorporación de aspectos cognitivos.

Limitaciones del enfoque

La principal limitación de este tipo de enfoques es que se han ocupado en ciencias sociales de una forma bastante conceptual (Travieso, 2021), por lo cual, en la mayoría de los casos suelen ser trabajados sin intención de una operacionalización experimental que lleve a el contraste de hipótesis. Sin embargo, el enfoque propuesto de ergonomía cognitiva es quizá aquel más cercano a superar esta limitación.

Adicionalmente, otro de los problemas generales que se identifica es la necesidad de un mayor trabajo teórico y conceptual en lo relacionado a las interfaces digitales, se identifica una separación entre las disciplinas sociales teóricas y las científicas experimentales, en la que no parece haber una correspondencia interdisciplinar que permita una retroalimentación entre reflexiones teóricas y su correspondiente instrumentalización en diseños experimentales que permita generar datos para nutrir los modelos. Producto de esto es posible apreciar un posible sesgo en los resultados que no parecen otorgar una continuidad al estudio del objeto tecnológico.

1.9 Conclusión

Los enfoques existentes para la problematización de las interfaces dan cuenta de las distintas posturas y pueden clasificarse en dos: aquellos que buscan una evaluación del impacto, y, por otro lado, los que buscan describir la transformación de dichas interfaces a partir de distintos criterios.

La principal diferencia entre los enfoques radica en la manera en la que problematizan a las interfaces y, por consecuencia, los constructos teóricos que habilitan en sus respectivas investigaciones. Sin embargo, consideramos que se trata de dos caras de una misma moneda, en el sentido de que entender los procesos implicados en el diseño de interfaces también podrían arrojar luz sobre aquellos que ocurren bajo el enfoque de medición de efectos.

Consideramos que, para continuar la exploración del tema, es pertinente la consideración de un enfoque combinado, representado principalmente por las propuestas de interfaces cognitivas y ergonomía cognitiva. Propuestas que resultan armónicas con una serie de elementos tanto teóricos como operacionales que permitirían continuar desarrollando investigaciones hasta constituir una perspectiva ecológica de las interfaces (evolución, éxito o fracaso) en relación también con los efectos sobre los usuarios (implicaciones conductuales).

Capítulo 2. Un complemento evolutivo y conductual para la teoría de ergonomía cognitiva como base para un modelo de análisis de las interfaces

Hacer una lectura de la historia de la humanidad a partir de los objetos que ha producido no sólo es posible sino que ha sido una tarea en la que, de una u otra forma, han participado muchas disciplinas: la arqueología, el diseño, la ingeniería, la antropología, e incluso, más recientemente, la neurociencia y las ciencias cognitivas (Korte, 2020; Stout et al., 2014, 2014; Zelinski & Reyes, 2009). Todas estas áreas han explorado, en mayor o menor medida, la relación que puede existir entre un artefacto y algún rasgo de los individuos o de los grupos humanos y dan evidencia del interés contemporáneo que existe en el tema.

De esta manera, consideramos que aquello que se está explorando es la relación entre cognición e interfaz, es decir, cómo las conductas se ajustan a partir de la manera en la que un individuo se relaciona con un artefacto tecnológico por medio de una interfaz que delimita sus posibilidades de uso y, a su vez, cómo es que se modifica el objeto producto de esta interacción.

En el capítulo anterior, hicimos una propuesta de clasificación de dos enfoques fundamentales desde los cuales es posible agrupar las investigaciones en el área: 1) el enfoque de medición de efectos, centrado en evaluar las adecuaciones conductuales producto del uso de interfaces y; 2) el enfoque de diseño, centrado en la manera en la que se configuran y diseñan las interfaces de los artefactos tecnológicos. En este sentido, las investigaciones se han centrado en procurar explicaciones de uno u otro enfoque: o bien cómo diseñar de la mejor forma una interfaz, o bien qué efectos tiene alguna interfaz específica sobre la conducta humana.

No obstante, a pesar de esta aparente división consideramos que, en realidad, el paradigma explicativo subyacente para ambas preocupaciones es el mismo y debe ser abordado como tal: los mecanismos que permiten explicar por qué el diseño de una interfaz ha sido exitoso deben estar a la base también de la evaluación de sus efectos.

En el presente capítulo, buscamos recuperar la teoría de la ergonomía cognitiva (EC) como la base de un modelo que permita tender un puente entre estas dos dimensiones: por una parte, explicar la transformación y fijación de las interfaces, y, por otro lado, permitir la problematización en términos de medición de efectos. La EC plantea que el éxito o la aptitud de una interfaz no se da de manera arbitraria, sino que está asociado a una configuración específica de un sistema de trabajo, esto es una manera de entender la relación entre el usuario y los objetos tecnológicos con

base en la adaptación material que permite el desempeño de una tarea a través de la interacción con un dispositivo tecnológico (Cañas & Waerns, 2001)

Por otro lado, en la revisión de la literatura, se ha identificado que dentro de la diversidad de posturas desde las cuales se ha estudiado a los artefactos tecnológicos han surgido una tendencia en las propuestas que nos parece pertinente sumar a la propuesta de la ergonomía cognitiva. Se trata de la inclusión de una metáfora evolucionista (Arthur, 2010; Lake & Venti, s. f., 2009) como modelo heurístico (Winther, 2007) de descripción del cambio tecnológico. Parte del supuesto que es posible integrar una visión “biologicista” en el análisis de los artefactos, es decir, observarlos como analogías de *organismos* susceptibles de evolucionar a partir de presiones selectivas y, desde esta metáfora, llegar a análisis robustos.

Ahora, recuperar este esquema tendría que involucrar marcos conceptuales y metodologías particulares. Sin embargo, si bien la pertinencia de dicho enfoque es reconocida por varios trabajos de manera explícita se ha ejecutado con relativa baja frecuencia y con críticas con respecto a la verdadera inclusión de categorías usadas en la biología evolutiva, argumentando que pueden producirse algunas fallas al intentar extrapolar la categorías de una disciplina a otra (Langrish, 2004; Villaplana, 2006).

En consonancia con estas observaciones, proponemos que, como complemento a esta tendencia evolucionista, es pertinente recuperar algunas aportaciones de la propuesta de la ecología de la conducta (Davies et al., 2012), que busca explicar la motivación de las conductas en relación con el entorno desde un paradigma evolutivo. De dicho enfoque se recuperan particularmente los modelos de optimalidad, que incluyen a su vez los siguientes conceptos: 1) la *divisa* del máximo beneficio, es decir la relación entre costo y beneficio implicada para un organismo en la realización de una conducta y 2) las *restricciones* que regulan la conducta. Se propone extender este modelo de exploración conductual a las interfaces para desarrollar esquemas explicativos acerca de su origen y predicciones de su permanencia.

A partir del análisis realizado en el capítulo anterior, se encontró que algunas de las reflexiones en torno a cómo se abordaban a las interfaces digitales (ID) señalaban la pertinencia de centrarse en la tarea como una variable central desde la cual entender las adecuaciones conductuales que un artefacto podría estar motivando. En consonancia con el planteamiento de la tarea como un elemento central en el modelo de la EC, proponemos que un modelo de optimalidad es un

parámetro adecuado para evaluar el desempeño de una tarea en relación con una forma de interfaz determinada.

Así, el presente trabajo plantea que incorporar esta dimensiones teórico-metodológicas en la aplicación de un modelo complejo busca: a) dar suficiencia explicativa a los cambios que se producen en la interacción interfaz-conducta; y, por otro lado, b) sugiere una posible descripción de los mecanismos materiales implicados a partir de los cuales existen estas adecuaciones. De esta manera, nuestra propuesta se puede sintetizar en la siguiente premisa: las motivaciones del cambio tecnológico en las interfaces se da partir del criterio de optimalidad en el desempeño de la tarea en cuestión, produciendo en el camino una serie de variantes con mayor o menor grado de éxito que se fijan o desaparecen.

Este planteamiento se implementa en un análisis de caso de la evolución de la bicicleta recuperado en gran medida del trabajo de Van Nierop (Van Nierop et al., 1997) quien, desde una propuesta de un análisis de sistemas dinámicos, aplica, hasta cierto, punto la metáfora evolucionista. Este análisis será complementado con tres aportaciones fundamentales de este trabajo:

1. La inclusión del modelo de la ergonomía cognitiva basado en sistemas de trabajo con sus subcomponentes (artefacto, interfaz, dominio, tarea).
2. La consideración de cada instanciación de interfaz como un taxón dentro de una representación a modo de árbol filogenético.
3. La ampliación de la muestras a taxones más recientes que permitan observar la viabilidad del modelo como un descriptor y eventual predictor de las interfaces.

Finalmente, el capítulo concluye con la propuesta de recuperar este modelo como marco pertinente en las investigaciones en interfaces digitales y como una respuesta a la necesidad de modelos teóricos comunes que permitan tanto una referencialidad armónica, como una operacionalización coherente en la investigación experimental. Es decir: un enfoque interdisciplinario para describir un objeto interdisciplinario.

2.1 Ergonomía cognitiva

La ergonomía es una disciplina que tiene como principal propuesta el estudio de la relación entre las personas y su ambiente de trabajo así como la aplicación de conocimiento anatómico, fisiológico y psicológico para la resolución de los problemas que se desprendan de esta relación. Si bien su enfoque y planteamiento tiene una visión amplia, generalista e interdisciplinar (Browne et al, 1950), se suele asociar sobretodo a la determinación de consideraciones fisiológicas, corporales, anatómicas para “ajustar la máquina al hombre”, con el objetivo de mejorar “el bienestar, la salud, la seguridad, la protección y el confort de las personas”.

En ese sentido, aunque en ocasiones se suele entender que la propuesta fundamental de la ergonomía refiere al diseño los objetos tecnológicos para que “la interacción sea eficaz”, también implica relaciones más compleja con los sistemas de trabajo involucrados (Cañas, 2001), una categoría emergente que involucra tanto a los usuarios como las tareas desempeñadas en relación con el artefacto tecnológico. A partir de este contraste pueden distinguirse dos dimensiones con respecto a cómo entender los procesos implicados:

1. Ergonomía física: el aspecto puramente físico que hace referencia a la estructura muscular y esquelética de la persona.
2. Ergonomía cognitiva: cómo una persona actúa en un sistema de trabajo lo que a su vez implica la percepción de estímulos por parte del usuario, la recepción de información de otros sujetos, la discriminación y ejecución de las acciones adecuadas. (Cañas & Waerns, 2001).

Dichas dimensiones no son opuestas: la EC incorpora también el paradigma material (Cañas, 2001), sobre todo si consideramos que la conducta se produce a partir de lo físico, está motivada materialmente. En ese sentido, es fundamental destacar la relevancia del soporte material y la incidencia que tiene sobre la naturaleza de la tarea (Norman, 2013): si hay una modificación del nivel material en el artefacto, se modifica a su vez el despliegue conductual necesario para la realización de la tarea.

Aquí, la historia de los instrumentos musicales ofrece un buen ejemplo. El desarrollo de muchos instrumentos fue guiado por una exploración de una modificación de la interfaz. Pensemos en la guitarra eléctrica. A partir de una modificación de la interfaz material, (la adición de pastillas que

captaran la señal acústica del sonido y lo amplificaran de forma eléctrica) surgieron una serie de requerimientos y posibilidades que tuvieron un impacto concreto en el surgimiento técnicas necesarias y de formas discursivas posibilitadas por esta instancia material. No podríamos hablar de rock sin la distorsión propia del circuito de captación y transducción de una señal acústica a una señal eléctrica que se asocia con una técnica específica, y a su vez implica una serie de cambios asociados: la introducción de cuerdas más delgadas y metálicas, la posibilidad de quitar la caja acústica.

Es por eso que consideramos que la EC, como “disciplina científica que estudia los aspectos conductuales y cognitivos de la relación entre el hombre y los elementos físicos y sociales del ambiente, cuando esta relación está mediada por el uso de artefactos” (Ergonomic Research Society) es un modelo base adecuado para aproximarnos al estudio de los objetos tecnológicos en su relación con los usuario. Es decir, este enfoque plantea que para entender y evaluar una conducta humana es necesario considerar la interacción que ocurre con un entorno tanto ambiental como socio-técnico y humano a partir del cual se crea lo que proponen como un “sistema cognitivo conjunto”: “ahora se considera que un enfoque en el que no se tenga en cuenta la interacción entre dos sistemas cognitivos, el humano y el que constituye el artefacto semiautomático, será insuficiente para explicar un sistema” (Cañas, 2003).

Es importante señalar que, si bien la ergonomía cognitiva no recupera la categoría de interfaz, es posible integrarla dentro del modelo de sistema de trabajo que propone. Dicho modelo está compuesto de la interacción de un artefacto que establece un dominio de trabajo para la realización de un trabajo cognitivo en donde la inclusión de la interfaz mediaría el artefacto con el usuario.

De esta manera, para la aproximación al estudio de interfaces digitales, la EC tiende un puente entre la dimensión física o material asociada de los elementos a partir de los cuales están constituidas las interfaces con las que un usuario lleva a cabo una tarea que sería aplicable tanto en una materialidad física como en una dimensión virtual.

2.2 Modelos de cambio tecnológico: un enfoque evolucionista

En la medida en que se suele asociar el desarrollo histórico de la humanidad con los dispositivos tecnológicos que nos han acompañado, suele haber una tendencia a producir modelos de cambio tecnológico que le confieren a la tecnología una serie de rasgos asociados a los seres vivos tales

como adaptación, progreso y evolución. Esta simetría en la relación humano-tecnología ha dado lugar a términos como tecnogénesis (Hayles, 2012): la adaptación conjunta que se da entre la especie humana y la tecnología y que da lugar a tipos de interacción específicas y adaptaciones tanto de los artefactos como de la conductas asociadas.

El trabajo de Hayles es sólo uno de varios que han procurado establecer una aplicación heurística desde una visión biologicista o evolutiva para el diseño de interfaces. De entre las propuestas existentes, debido a que representan las áreas de interés en las que se aplican las metáforas evolutivas, recuperamos específicamente dos: la propuesta de modos tecnológicos (Clark, 1978; Foley & Lahr, 1997) y la de la arqueología de medios (King, 2013; *Variantology / On Deep Time Relations of the Arts, Sciences and Technologies*, s. f.).

Modos tecnológicos

La propuesta de modos tecnológicos fue planteada por Grahame Clark (1989) como un modelo de análisis de la evidencia arqueológica de herramientas como puntas de lanza o hachas mediante el cual era posible establecer asociaciones con características cognitivas de los sujetos que las manipulaban y que, por lo tanto, podría arrojar información acerca de la evolución de la cognición humana. Clark planteó y caracterizó cinco modos de tecnologías líticas dominantes que son jerárquicos y que están basados en rasgos exclusivamente materiales (Clark, 1978).

Así, desde la lectura de Foley y Lahr (1997), más allá de algunas críticas que se han hecho al modelo de Clark, el mérito de esta concepción está en desligar el análisis de la tecnología de algunas variables confusoras, como podrían ser asociaciones históricas o sociales, con la intención de alinearlos con modelos de la biología evolutiva. Es por ello que el modelo presenta un *continuum* tecnológico en el que cada modo es descrito en una dimensión material y a modo de componentes, lo que permite que cada rasgo que surge se una a una secuencia del continuo, a modo de “apomorfias biológicas”, es decir rasgos evolutivamente novedosos. En consonancia con este enfoque, Foley y Lahr asumen que la evidencia de tecnología lítica puede ser considerada del mismo modo que los fósiles, y, en ese sentido constituyen evidencia de “rasgos particulares de la evolución humana” (Díez Martín, 2003).

La propuesta de Foley y Lahr a partir de Clark es uno de los modelos contemporáneos que han buscado aplicar el paradigma evolucionista al desarrollo tecnológico, construyendo así una

aproximación “cladística” desde la cual es posible definir las relaciones evolutivas entre los organismos basándose en similitudes derivadas. Así, se defiende la idea de que la tecnología puede estudiarse desde una perspectiva filogenética y que el universo tecnológico es susceptible de ser analizado a partir de un paradigma evolucionista.

Media archeology

La arqueología de medios es una propuesta para el estudio de la historia de los medios, los soportes físicos a partir de los cuáles se llevan a cabo los procesos de transmisión de información entre personas (Parikka, 2012). Uno de sus objetivos es lograr observar el entorno mediático contemporáneo como la prevalencia de formas específicas que terminaron fijándose a partir de un pasado heterogéneo. La arqueología de medios busca volver visible dicho pasado diverso mediante la proposición de una variantología, es decir, el descubrimiento de las variaciones individuales en el uso de interfaces. De esta manera, busca dotar de este mismo paradigma diacrónico, de cambio y transformación a las interfaces contemporáneas para responder a la pregunta de cómo es que van modificando las interfaces, con un enfoque central en aquellas formas que han desaparecido.

¿Qué se recupera?

Consideramos que ambos enfoques realizan aportaciones pertinentes. Por un lado, con la propuesta de Clarke (1978) y Foley y Lahr (1997) que proponen identificar variaciones específicas en los objetos tecnológicos a modo de apomorfias, es posible establecer un parámetro unitario de rasgos que caracterizan a una interfaz sobre otra y que incluso pueden ser el resultado de convergencias en el surgimiento de características tecnológicas.

Desde ahí, la propuesta de visibilizar aquellas formas tecnológicas que no resultaron exitosas da como resultado una visión no lineal de la evolución de las interfaces que además, podría permitir una caracterización más específica mediante la identificación de las apomorfias dentro de cada filogenia tecnológica. La relevancia de este enfoque es que vuelve posible la reconstrucción de una cladística evolutiva y, por lo tanto, se pueden hacer propuestas sobre la aptitud de unos rasgos frente a otros e incluso podría justificarse la convergencia en el surgimiento de rasgos en interfaces aparentemente lejanas que surgieron de manera casi simultánea (Pacey & Bray, 2021).

Sin embargo, como veremos un poco más adelante, si bien esta propuesta se ve como sintomática de una necesidad, necesita más componentes para el desarrollo de un modelo más robusto y efectivamente evolucionista. Parece haber una falta de definición clara categorías que podrían derivar en la operacionalización para el análisis específico de las interfaces. En este sentido, se ha señalado que varios acercamientos son vagos acerca del uso del término “evolución”, esta vaguedad conceptual ha dado lugar a algunas críticas acerca de recuperar una metáfora evolucionista en el estudio del cambio tecnológico, bajo el argumento de que el diseño de los objetos producidos por humanos no está determinado por una estructura genética interna “but by the people and the industries that make them and the relationships of these people and industries to the society in which the products are to be sold” (Forty, 1986).

Como respuesta a este tipo de argumentos, Langrish (2004) propone la necesidad de distinguir entre qué tipo de evolución sería adecuada para entender a los artefactos tecnológicos. Considera que hay quienes ocupan el concepto con sentido spenceriano de “progreso”, mientras que la evolución darwiniana tiene un enfoque distinto, no es progresiva sino adaptativa. Así, dentro de este enfoque darwiniano, Langrish recupera incluso el término *memetics* en relación a la evolución de las ideas que propone Richard Dawkins (2006).

Así, a pesar de algunos esfuerzos aislados, se observa como una constante que, al aplicar un paradigma evolutivo a la historia de la tecnología por parte de científicos sociales y filósofos, ha habido pocos intentos de cuantificar sistemáticamente la diversidad tecnológica, y por lo tanto “the dynamics of technological change remain poorly understood” (Gjesfjeld et al., 2016).

La perspectiva evolutiva en el cambio tecnológico es una herramienta heurística para la producción de esquemas explicativos de la cual se pueden hacer recuperaciones conceptuales cuidando mantener su coherencia y buscando que sean operativas. La pertinencia de asumir un enfoque evolucionista en el estudio de las interfaces vuelve posible la complejización de la relación que existe entre individuo y artefacto e incluso podría llevarse a relación con propuestas teóricas más complejas, como las de nicho cognitivo (Pinker, 2010) y nicho cultural (Boyd et al., 2011), de estrategias propias de la especie humana moldeadas por la constitución no sólo de dinámicas sociales sino por la instrumentación de objetos materiales para la realización de tarea.

2.3 Aportaciones necesarias: ecología de la conducta y modelos de optimalidad. armonización de enfoques

En este sentido, en la búsqueda de un marco conceptual conciso al enfoque evolucionista, este trabajo busca complementar con lo planteado por la propuesta de la ecología de la conducta Davies et al. (2012), quienes, en su análisis de los comportamientos de organismos vivos, plantean un esquema explicativo de las conductas (y su fijación o desaparición) de una manera compleja. Para ello, Davies recupera las cuatro preguntas de Niko Tinbergen (1963) con respecto a la función, la evolución, la causación y el desarrollo ontogenético de las conductas animales y que incorporan un enfoque evolutivo en el análisis.

Desde esta perspectiva también proponen la aplicación de modelos de optimalidad. El supuesto es que, la realización de una conducta implica una serie de costos que sólo tiene sentido cubrir si el beneficio que se obtiene es mayor. Por lo tanto una conducta es óptima si en la relación costo-beneficio, se obtiene el mayor beneficio con el menor costo. En este sentido, un modelo óptimo busca predecir cuál es la relación específica entre costos y beneficio que darán como resultado el máximo beneficio neto al individuo.

Ahora, en anticipación a posibles errores en los resultados del modelo, recuperan dos categorías que permiten la calibración del modelo: las divisas (*currency*) y las limitaciones (*constraints*). La divisa será aquello que se considera aquello que está siendo optimizado, el resultado abstracto ideal de una conducta. En su trabajo Davies et al. utilizan la divisa del “beneficio máximo”, pero podría ser susceptible de adecuarse si se considera que una conducta está motivada por otros criterios. Por otro lado, las limitaciones se refieren a aquellos elementos que están alrededor de una conducta y que pueden ejercer cierto tipo de presiones en el resultado de la tarea. En el caso del forrajeo de animales proponen búsqueda y tiempo de manejo, costos de energía y riesgos de predación (Davies et al., 2012).

Asímismo, señalan que el énfasis de este enfoque está en “quantitative, testable predictions about the choices that will maximize fitness”, y aclaran que aunque a menudo los comportamientos observados se alejen de las predicciones del modelo, “discrepancies can then be used to refine the model to provide a better understanding of costs, benefits, currencies and constraints” (Davies et al., 2012).

Así, continuando con los esquemas de explicación heurística, proponemos ocupar este modelo para el análisis de interfaces, recuperando como punto base la divisa de máximo beneficio que van determinando la supervivencia, la extinción, así como la adecuación (*fitness*) de los cambios de las interfaces.

Armonización de enfoques

El enfoque complementario para un análisis evolucionista tiene que ver con la definición de cuáles son los rasgos que evolucionan. La ergonomía cognitiva integra una visión que parte de lo material como elemento nuclear pero que considera las implicaciones que una configuración específica puede tener en un nivel de desempeño cognitivo. El supuesto es que las interfaces adquieren su estructura específica a partir de su optimalidad, del máximo beneficio por el menor costo, aunque esta optimalidad puede resultar compleja y variar poblacionalmente o a partir de una divisa diferenciada.

Finalmente, ya algunos trabajos han propuesto una relación entre la ergonomía cognitiva y la metáfora biologicista conductual. Por ejemplo, Buder & Hesse (2017) hacen una extensión de los patrones de forrajeo de comida, para referirse al “forrajeo de información”. En ese sentido, la *information foraging theory* asume que las personas desarrollan estrategias de búsqueda de información que optimizan la utilidad entre la información ganada en relación con el costo de interacción (Pirolli & Card, 1999). Incluso en estudios de modelado computarizado se han observado “striking similarities between the foodforaging patterns of animals and the information-foraging behavior of humans”. (Buder & Hesse, 2017). Ya existe también el antecedente de ocupar esto en el análisis del uso de una interfaz digital (Fu & Pirolli, 2007). Es por esto que consideramos que se trata de propuestas compatibles que pueden instrumentalizarse.

2.4 Modelo

Así, proponemos hacer una revisión de los objetos tecnológicos a partir de la EC como una doble articulación entre el usuario en su interacción con la estructura material de un objeto y la realización exitosa de una tarea, introduciendo el modelo de optimalidad para explicar el nivel de desempeño alcanzado por la interacción de la tarea y la interfaz en una tarea determinada. Toda vez que permite la descripción como el funcionamiento conjunto de los componentes que intervienen en una conducta mediada por un artefacto. (Hollnagel & Woods, 1983).

El modelo de la EC se conforma de los siguientes elementos: herramienta (artefacto) cognitiva, dominio de trabajo, trabajo cognitivo y sistema cognitivo (Cañas & Waerns, 2001) que se describen en la siguiente tabla:

Elementos del modelo

Categoría	Descripción
Artefacto	Es el dispositivo tecnológico. Implica las representaciones, procesos y acciones del dominio de trabajo.
Dominio de trabajo	Los dominios están organizados en torno a objetivos específicos e incluyen posibilidades y limitaciones (Cañas & Waerns, 2001). Definen la naturaleza de la tarea.
Trabajo cognitivo (tarea/outcome)	Representa a la tarea o el producto realizados. El trabajo cognitivo es llevado a cabo por los sistemas cognitivos que utilizan conocimiento para producir cambios en el ambiente o dominios de trabajo
Sistema cognitivo	Es la articulación de estos elementos.

Tabla 3. Componentes del Modelo de EC construido a partir de (Cañas & Waerns, 2001)

Es importante destacar que en este enfoque se privilegia la tarea o el producto como resultado de la interacción conductual. En ese sentido, aunque presente, se piensa en un usuario general que sólo es caracterizado mediante la evaluación del resultado de un trabajo. De esta manera, parte de nuestra propuesta consiste en incluir dentro de este modelo descrito a la interfaz como un componente que media la relación del usuario con el artefacto, toda vez que en realidad no estamos en relación con todo el objeto sino con una puerta de acceso (Hookway, 2014) que es la que establece el dominio de trabajo:

Interfaz	Acceso del usuario y que habilita un dominio de trabajo específico
----------	--

Así, realizamos la siguiente propuesta de articulación de los componentes:

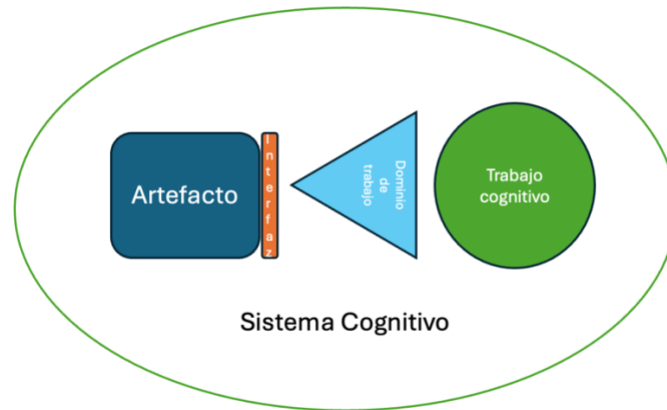


Fig 4. Propuesta de representación del modelo de ergonomía de cognitiva de Cañas incorporando la dimensión de las interfaces.

Es importante destacar que es el componente de la interfaz el que termina por configurar el dominio de trabajo y, por lo tanto determina la naturaleza de la tarea. En ese sentido, la introducción de un nuevo artefacto con una nueva interfaz o su adecuación modifica la actividad al establecer un dominio de trabajo específico, y la modificación de la actividad cambia la forma como el sistema cognitivo conjunto procesa la información (Cañas & Waerns, 2001).

Por otro lado para complementar el modelo descrito se proponen los siguientes elementos que describen algunos valores a partir de los cuáles se configuran las relaciones entre los elementos del modelo.

Elementos de un enfoque evolutivo

Elemento	Descripción
Divisa	Optimalidad Una divisa puede mantenerse para evaluar distintos sistemas cognitivos
Restricciones	Propiedades fijas de la interacción del organismo con su entorno . Podemos identificar algunas restricciones como la facilitación social (qué tan disponible está la interfaz para una población determinada) o la lectura de queus (qué tanta información

	<p>ofrece la interfaz al usuario para guiar su conducta), curva de aprendizaje.</p> <p>Las restricciones son particulares de cada sistema.</p>
--	--

Tabla 4. Ampliación de componentes del modelo de la EC con un enfoque evolutivo de la ecología de la conducta y los modelos de optimalidad.

Caracterización apomórfica

Otro elemento fundamental del modelo, en su perfil evolutivo es el establecimiento de rasgos que se consideran innovadores (Foley & Lahr, 1997). Dentro de la referencia biológica, dichos rasgos constituyen sólo una parte de la expresión del organismo, y no su totalidad y podrían ser rasgos que se encuentran sólo en un taxon, en taxones relacionados filogenéticamente, o bien, como una convergencia evolutiva. En ese sentido, esta visión propone ver a los artefactos tecnológicos no como un todo sino como un conjunto de rasgos que pueden ser únicos o compartidos con otras tecnologías. Pensemos en el motor en el caso del automovil y un generador eléctrico, o las pantallas en el caso de los celulares y los cajeros ATM.

Así, la implementación de este modelo requiere una caracterización apomórfica de rasgos que se hacen presentes dentro de los artefactos y que modifican el sistema cognitivo, mediante la modificación de la naturaleza de la tarea, dando como resultados variaciones en la optimalidad de la relación usuario/interfaz/tarea y, posiblemente, especiación tecnológica.

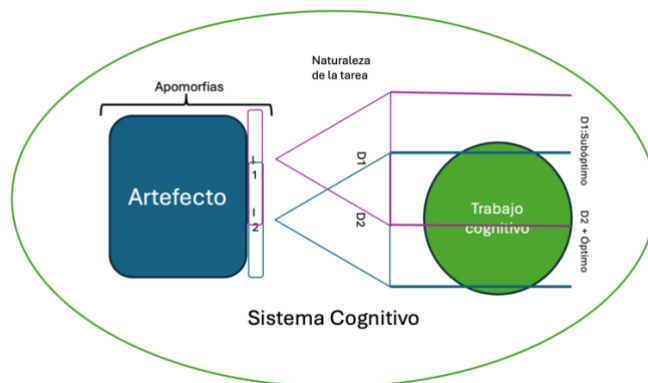
Cambio en la naturaleza y caracterización de la tarea:

Esto es el reclutamiento diferenciado de los mecanismos motores, perceptuales y cognitivos motivado por una instanciación interfaz/artefacto específica. Por ejemplo, las acciones que realizamos para sumar, no son las mismas si sumamos con lápiz y papel que si lo hacemos con calculadora. En este caso, se mantiene, en principio un trabajo cognitivo que se realiza a partir de mecanismos diferenciados. Dicha diferencia pueden evaluarse y contrastarse mediante criterios de optimalidad. Bajo esta visión, lo que determinará el éxito, fracaso o adecuación de la interfaz es el máximo beneficio en relación con tarea.

La propuesta del proyecto no implica sólo la comprobación de una diferencia en el desempeño que parece intuitiva cuando comparamos actividades como “sumar”, pero que se vuelve menos evidentes cuando nos preguntamos “de qué manera es mejor escribir”, lo cual requiere identificar cuál es la tarea ¿llevar un registro veloz y expedito en forma de texto? ¿O buscar la retención y análisis de la información? En ese sentido es fundamental caracterizar la tarea tanto como sea posible, un fallo en la caracterización de ésta significará un fallo en el modelo. Además, implica la caracterización de los elementos involucrados en la producción de una conducta óptima u subóptima.

La relación entre artefacto y tarea es compleja. Si bien se puede decir que surgen ante una necesidad de llevar a cabo una tarea, también es posible encontrar tareas que surgen a partir de la experimentación/surgimiento de una interfaz específica. Ciclo artefacto-tarea Carroll, Kellog y Rosson, 1991)

Es decir, la variación en la optimalidad como un motor de las especiación de interfaces. Entonces se tiene que tener mucho cuidado con la determinación de la tarea, porque la relación que existe entre un artefacto, interfaz, dominio que dan como resultado un desempeño subóptimo puede verse modificado si el trabajo cognitivo se particulariza.



A

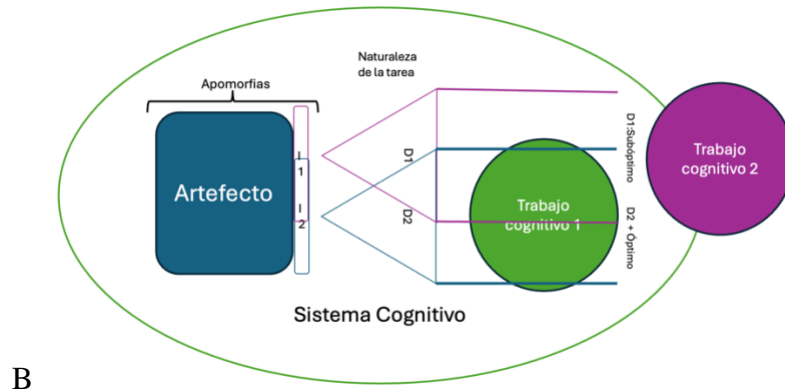


Fig 5. Inclusión de los criterios de apomorfia, naturaleza de la tarea y modelo de optimalidad en un sistema cognitivo y en donde la divisa es el máximo beneficio ($B > C$). En el caso de A se observa que a partir de la configuración específica de la interfaz del artefacto se generan resultados subóptimos en el desempeño de un trabajo cognitivo. Sin embargo, como se ve en B, esta falta en la optimalidad del trabajo puede fijarse como una configuración idónea para un trabajo cognitivo diferente, produciendo otro sistema cognitivo.

Sobre la optimalidad

Lo adecuación de cada diseño depende en los criterios de selección del momento y de otros diseños que estén disponibles en un momento específico. Es decir, la optimalidad estará determinada de manera ecológica y será una condición dinámica sujeta a los cambios que se den tanto en las interfaces como en el entorno (Van Nierop et al., 1997).

Ahora, aquello que se considera óptimo dependerá de la relación también de la divisa y las restricciones, establecidas en el modelo. Entonces lo óptimo es algo que se analiza para un sistema cognitivo determinado. Con respecto a una posible variación que exista entre los usuarios, el modelo está pensado en una caracterización poblacional en donde tenderá a haber conductas normales; entonces si bien la relación entre usuario e interfaz puede variar, lo hará poblacionalmente.

Finalmente, es posible sugerir axiomas de productividad generalistas a partir de los cuales definir la optimalidad. Un ejemplo de ello serían axiomas biológicos de gasto energético en relación con la ejecución de una tarea determinada.

El error/fallo como motivación del ajuste de la interfaz

En ese sentido, se vuelve fundamental la manera en la que se considera al error o fallo en el cumplimiento de la tarea. En este caso no se considera el error como una deficiencia cognitiva, sino de forma más neutra como “todas aquellas ocasiones en las cuales una secuencia planeada de actividades mentales o físicas fallan al alcanzar su pretendido resultado”(Reason, 1990). Es decir, el error puede ser visto bajo el espectro de la suboptimalidad, siendo un resultado óptimo aquel que cumpla con la tarea de forma completa bajo la divisa elegida y habilitando un espectro de suboptimidad hasta llegar al incumplimiento de la tarea. Así, el error es sólo respecto a la tarea y no necesariamente implica una falla de la interfaz sino que se puede reflejar en la realización de otro trabajo cognitivo para el cual haya una relación con mayor optimidad. Al respecto se ha subrayado e papel crucial que juegan los diseños no exitosos, toda interfaz genera compromisos y por lo tanto posibilidad de error (Petroski, 1992) pero también puede estar a la base de la habilitación de una nueva tarea que emerge con el dominio de trabajo de una nueva interfaz.

De esta manera, el modelo nos permite hacer una caracterización de los artefactos a partir de rasgos, de una suma de componentes, nos ayuda a entender las distintas fases implicadas en la realización de una tarea y cómo la modificación en cada una de ellas da cómo resultado una adecuación en la tarea. Además, en tanto que hay una aproximación cladística, es posible asociar los rasgos con otros taxones y puedo conducir a mecanismos explicativos del cambio tecnológico.

2.5 Análisis de caso

A continuación, procederemos a explorar la viabilidad de la aplicación del modelo propuesto en un análisis de caso que se recupera de trabajos que han ocupado a la bicicleta como artefacto paradigmático a partir del cual explicar el cambio tecnológico. Este ejercicio retoma gran parte del trabajo de Van Nierop et al. (1997) y Lake y Venti (2009). Se considera que este objeto es adecuado como como modelo de la evolución tecnológica ya que permite caracterizar innovaciones exitosas frente a diseños fallidos. Además, en el desarrollo de la bicicleta es claro desde el inicio que había restricciones (presiones de selección) para los modelos: estabilidad, seguridad, velocidad y confort (Van Nierop, 1997).

El objetivo de Van Nierop et al. era proveer nuevos conceptos y herramientas para entender y cuantificar los procesos de evolución del diseño relacionado con la categoría de aptitud (*fitness*) desde una perspectiva de sistemas dinámicos. Por su parte, Lake y Venti, recuperan el trabajo de

Van Nierop et al. y extienden otras concesiones de la teoría evolutiva en el trabajo del cambio tecnológico, hablando acerca de procesos “espacios ecológicos vacíos” a partir de los cuales se produce un aumento en la diversidad. En ese sentido, esto se entienden como consideraciones a partir de las cuáles es posible enmarcar el modelo en el desarrollo de una perspectiva ecológica del cambio tecnológico.

A partir de los trabajos mencionados, se proponen las siguientes fases:

- 1) Caracterización de rasgos básicos y apomórficos
- 2) Establecimiento de divisas y restricciones
- 3) Cambios en la naturaleza de la tarea y en los dominios de trabajo
- 4) Resultados subóptimos en la producción de nuevos sistemas cognitivos

- 1) Caracterización de rasgos básicos y apomórficos

La bicicleta moderna implica la fusión de una serie de tecnologías que, en su conjunto producen un objeto tecnológico específico. El “ancestro” reconocido más antiguo de la bicicleta es el velocípedo de Karl von Dreis (fig. 6), a partir del que se pueden caracterizar aquellos rasgos básicos que estarían a la base del artefacto “bicicleta”, como lo vemos en la siguiente figura:

Rasgos básicos

- Dos ruedas
- Marco
- Asiento
- Manubrio

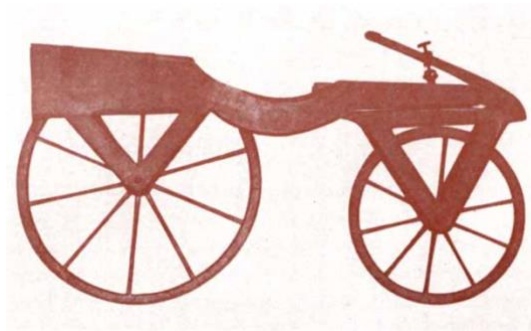






Fig. 6 Un *draisine* de madera de alrededor de 1820 se identifica como el primer vehículo de dos ruedas, aunque no se consideraba un medio serio de transporte (Wilson, 1973).

Es importante destacar que cada uno de los rasgos puede ser rastreado retrospectivamente, sin embargo, en términos de la codificación conceptual del objeto estaríamos alejándonos de la bicicleta. A su vez, en este trabajo consideramos que los rasgos son fundamentalmente características materiales de las cuales se desprenden otro tipo de relaciones. Esto marca una

diferencia con respecto al trabajo de Van Nierop et al. que toma como punto para su análisis de adecuación el grado de popularidad que cada uno de los taxones tenía.

Rasgos apomórficos

Rasgos apomórficos	Nombre	Fecha	Ilustración
a) Pedales	Velocípedo francés	1863	
b) Tamaño de rueda y ruedas de radios	High-wheeler	1870	
c) Engranajes y cadena	Rover Safety Bicycle	1885	
d) Número de ruedas	Royal Salvó Tricycle	1873	


e) Motor	Daimler Motor Bicycle	1885	
----------	--------------------------	------	--

Tabla 5. Rasgos apomórficos que han producido nuevos taxones dentro del grupo “bicicleta” (Imágenes de Wilson, 1973).

2) Establecimiento de divisas y restricciones

Divisas

En el caso de la bicicleta, es plausible establecer la divisa del máximo beneficio en términos energéticos. La tarea es el desplazamiento y la relación que tiene con los costos energéticos. El costo energético de recorrer 1 km es de aproximadamente .75 calorías por gramo con el uso de la Bicicleta, esto se reduce a una quinta parte, alrededor de .15 calorías por gramos por kilómetro given distance is reduced to about a fifth (roughly .15 calorie per gram per kilo meter), por lo que puede considerarse que la búsqueda estaría guiada.(Wilson, 1973)

Restricciones de Van Nerop

En lo que respecta a las restricciones, del mismo modo que ocurre con la divisa, son susceptibles de ser modificadas ya sea por el condiciones cambiantes del ambiente o por la jerarquización de ciertas condiciones requisitos sobre otros. En ese sentido, recuperamos las restricciones propuestas por Van Nerop: propulsión, estabilidad del conductor, facilidad conducción, confort, resistencia del viento. Estas restricciones se constituyen como una serie de condiciones que impactan en cómo se realiza la tarea o trabajo cognitivo y, así, también motivan en el caso del cambio tecnológico una serie de innovaciones para la proposición de diseños que pueden resultar exitosos con respecto a una restricción.

Pensemos en el caso de la estabilidad del conductor, la búsqueda de la mejora de esta restricción da como resultado la aparición del rasgo apomórfico de la tercera llanta, sin embargo, una tercera llanta también incrementa la fricción que existe con la superficie y por lo tanto aumenta

el gasto calórico del desplazamiento. Así este rasgo produce un taxon menos óptimo si el trabajo consiste en buscar un desplazamiento lo más eficaz posible.

3) Cambios en la naturaleza de la tarea y los dominios de trabajo

Sin embargo, sería un error pensar que debido a la suboptimalidad para este trabajo del triciclo, esto implicaría una extinción de la interfaz. Como menciona Wilson (1973): “the bicycle created a new demand. Then it came about that the bicycle could not satisfy the demand it had created”. Es decir, a partir del surgimiento de un nicho motivado por una configuración inicial de un sistema de trabajo, empezó a diversificar la necesidad del transporte. Ya no sólo a partir de un óptimo gasto energético, sino de particularizaciones de la tarea que inicialmente no estaban consideradas. Esta relación es a lo que se refiere el ciclo artefacto tarea propuesto por J. Carroll & Rosson (1992) y que consiste en que las demandas de una tarea producen artefactos que a su vez crean posibilidades de nuevas tareas (fig. 7).

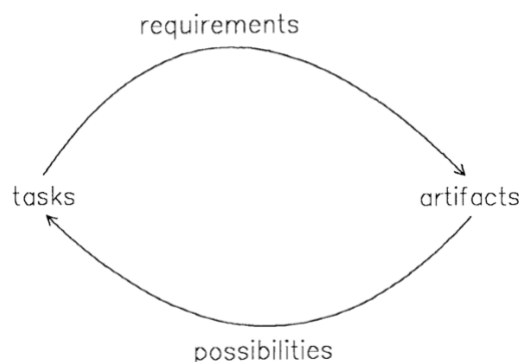


Figura 7. Ciclo artefacto-tarea recuperado de Carroll & Rosson, (1992)

En el caso de la bicicleta, la tercera rueda significó la posibilidad de generar nuevas tareas que requerían mayor estabilidad como el transporte de mercancía o el diseño de un vehículo para niños. Este proceso puede describirse con la terminología del modelo de EC propuesto, en el que la aparición de un rasgo apomórfico implicará una adecuación en la naturaleza de la tarea y, por lo tanto, producirá un cambio en el dominio de trabajo que, a su vez, produce un resultado no óptimo para una tarea determinada.

4) Resultados subóptimos en la producción de nuevos sistemas cognitivos

Siguiendo con este planteamiento, proponemos que debe considerarse como un sistema cognitivo la dimensión del artefacto, su interfaz, el dominio de trabajo y el trabajo o tarea que se quiere realizar. Considerando que, siempre que surja una variación del artefacto o la interfaz que modifique la naturaleza de la tarea o el dominio de trabajo, producirá un resultado que será sólo subóptimo en relación con la tarea específica, pero que puede resultar óptimo para otra tarea similar (fig. 8).

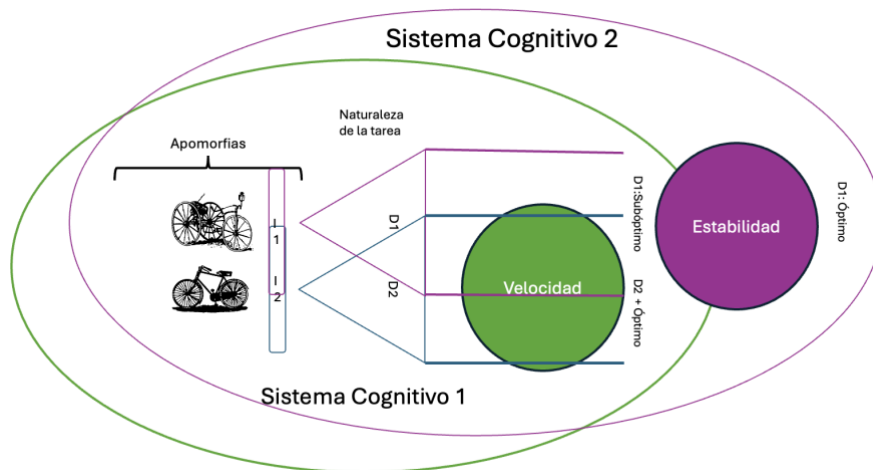


Figura 8. La modificación de un artefacto o su interfaz genera una relación diferenciada de optimalidad con respecto a otra variante cercana. En caso de que dicha variante resulte subóptima, esta condición será sólo con respecto a ese sistema cognitivo 1 (tarea caracterizada por la velocidad), es decir, a la correspondencia entre artefacto-dominio de trabajo-trabajo cognitivo, pero entrañan la posibilidad de construir su propio sistema cognitivo para un trabajo cognitivo específico (tarea caracterizada por la estabilidad).

Relación cladística

Caracterizar de esta manera nos permite establecer una serie de relaciones filogenéticas en el diseño que darían como resultado procesos de especiación (fig. 9), toda vez que no sólo es el nivel de rasgo material el que se modifica, sino a los sistemas cognitivos en su conjunto.

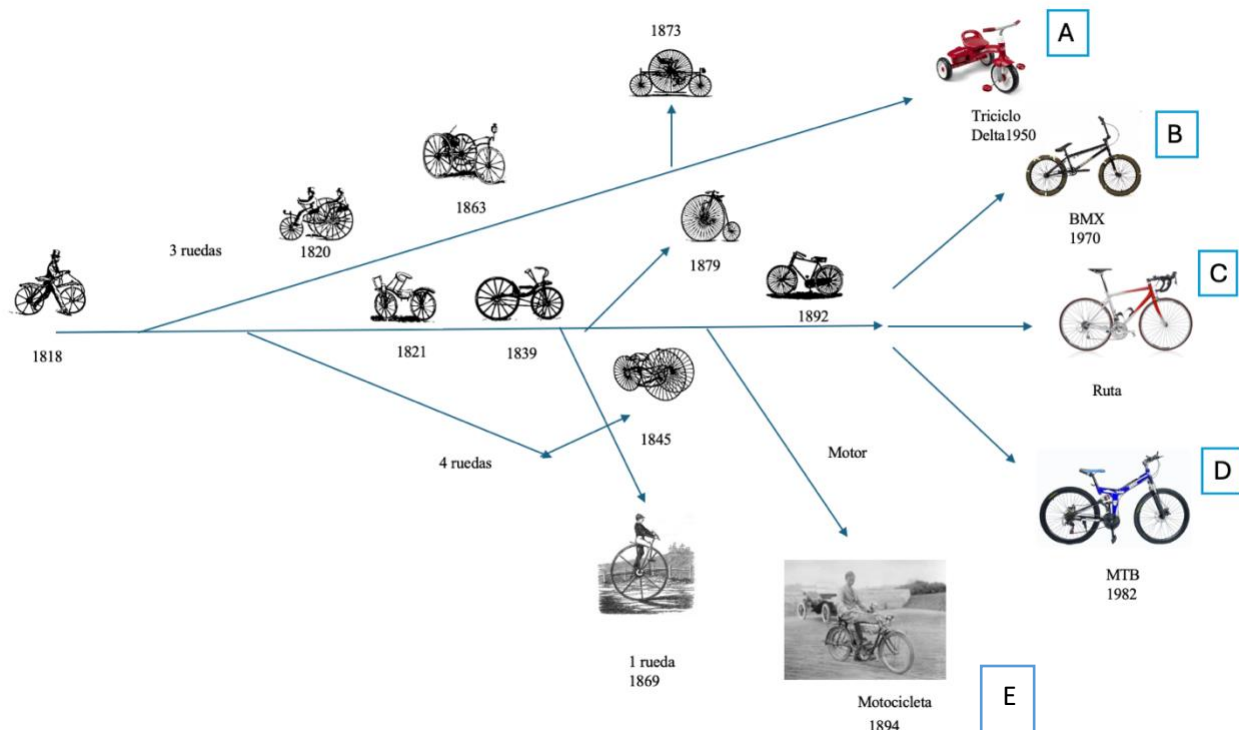


Figura 9. Es posible observar cómo el desplazamiento del dominio de trabajo produce esquemas de especiación a partir del surgimiento de rasgos apomórficos que van generando un desplazamiento de la naturaleza de la tarea hasta formar sus propios sistemas cognitivos.

Cada taxón representado en el extremo derecho de la figura 9 termina generando su propio sistema cognitivo que se fijará en relación de la ejecución óptima de la tarea. En la figura se observan al menos cinco sistemas cognitivos particularizados que se han especializado con base en una codificación de rasgos en particular asociada con el desempeño de una tarea específica para la cual resulta óptima dicha codificación.

Así, en A, el rasgo apomórfico es la tercera rueda que da como resultado una mejora en la estabilidad que es más óptima para trabajos cognitivos específicos (transporte de carga) o bien, para restricciones específicas (falta de control de equilibrio en niños). En B, C y D, observamos que las apomorfias parecen responder al trabajo requerido. En el caso de B, un menor tamaño de marco, ruedas más pequeñas y gruesas, la eliminación de un sistema de velocidades, un eje del manubrio más libre, y un asiento más bajo que permiten una mayor respuesta de la bicicleta a los movimientos del usuario pero que reducen la velocidad y la comodidad en el desplazamiento lineal. En el caso de C, llantas más delgadas, un asiento más elevado y un manubrio que lleva a una posición más horizontal, son todos rasgos que procuran disminuir la resistencia del viento en un

trabajo cognitivo que favorece la velocidad. En el caso de D, hay convergencia con respecto al grosor de las llantas con B, pero éstas son más grandes, la posición del asiento más elevada que en B pero menos que en C, busca situarse entre estabilidad y velocidad, y, finalmente, el rasgo apomórfico es la presencia de una suspensión delantera, rasgos son adecuados en un trabajo caracterizado por la inestabilidad del terreno.

Por último, el caso de E es un buen ejemplo para hablar de los posibles procesos de especiación. Si bien en los casos A-D, cada uno de los taxones propone un sistema cognitivo que es óptimo, parece que la no optimalidad en la tarea no implica costos tan elevados que no permitan por ejemplo ver a personas en ciudades conduciendo una bicicleta de montaña. Sin embargo, con el rasgo apomórfico del motor, parece que la naturaleza de la tarea se desplaza de tal manera que incluso en términos de clasificación se percibe ya como un objeto diferenciado asociado a sus requerimientos técnicos y posibilidades específicas.

Desde esta base, es posible llegar a la caracterización y articulada de la relación entre los mecanismos conductuales activados por la interfaz en el usuario y cómo produce distintos resultados, aunque en el presente trabajo no lo exploraremos. No obstante, como resultado de este ejercicio surge una reflexión con respecto a los procesos de especiación tecnológica en relación con la optimalidad.

Dominio de interfaz

Producto de este análisis, proponemos esta categoría que refiere al rango en el que una interfaz puede ser modificada (tanto en diseño como tarea) sin consolidarse como una instancia conceptualmente diferenciada; es decir, sin que la consideremos como un objeto distinto. ¿Cómo se sabe que algo es conceptualmente diferenciado? Por el tipo de tareas que involucra. Un ejemplo sería el tipo de manubrios que utilizan la bicicletas. Aunque en principio, a la base de esta diferencia existe una serie de rasgos que tendrían un impacto en el rendimiento, observamos que suele haber una coexistencia de estas variantes sin que ello derive en un taxón diferenciado. Proponemos que esto obedece a que, muchas veces, lo que se fija no es óptimo pero tiende a lo óptimo. Mientras el dominio de la interfaz sea tal que tienda a lo óptimo, puede mantenerse sin necesidad de producir sistema cognitivo nuevo.

Si bien en este capítulo hemos partido de la caracterización de objetos con los que interactuamos de una forma física y directa, consideramos que las bases de la aproximación propuesta deben servir también para el trabajo de interfaces digitales, toda vez que son variaciones de un mismo proceso de interacción entre una persona, una herramienta y una conducta realizada.

La idea es que este modelo puede aplicarse a cualquier interfaz: instrumentos musicales , lentes, audífonos, computadoras y que sería posible la caracterización específica no sólo de la optimalidad en el sistema, sino aquella contenida en cada rasgo, para poder predecir qué interfaces tendrían mayor posibilidad de constituir sistemas cognitivos que se fijen.

Capítulo 3. Evidencia de contraste en el desempeño de interfaces digitales: Propuesta de modelo de análisis desde la optimalidad y la ergonomía cognitiva.

“Software tends to be so powerful, (...) it forces you to operate within a framework of their choosing” escribe el diseñador Ryder Carroll (R. Carroll, 2018), creador del método *bullet journal*, las ventajas del uso de una libreta como método de organización, registro y planeación sobre otro tipo de herramientas digitales. Lo que está planteando Carroll es que, frente a la posibilidad de al menos dos configuraciones de interfaz, existe una que considera más adecuada para desempeñar una actividad de escritura relacionada con esquemas de organización mental, de atención y de memoria.

Una vez recuperada la categoría de interfaz y caracterizado cómo un modelo de ergonomía cognitiva puede ser pertinente como base de la explicación tanto del diseño como los efectos de los artefactos tecnológicos, nos proponemos llevar esta propuesta al caso de las interfaces digitales. La intención es proponer un marco común a partir del cual aproximarse a la preocupación latente de los retos y oportunidades relacionados en el uso de tecnología digital en asociación con adecuaciones conductuales (Bauer & Andringa, 2020; Hartanto & Yang, 2016; Horowitz-Kraus & Hutton, 2018; Kowalczyk et al., 2018; Thomas et al., 2019).

Para hacerlo, proponemos que la principal consideración requerida es que, en el caso de las interfaces digitales, existe un nivel adicional de mediación que descompone la interfaz en dos niveles: uno material y otro virtual, lo cual produce una disociación en la interacción que se da entre el usuario, el objeto tecnológico y la tarea. Esto requiere una adecuación en el modelo de ergonomía cognitiva propuesto en el capítulo anterior que permita mecanismos descriptivos de esta doble condición.

Así, el proyecto propone que esta nueva correspondencia entre la conducta (lo motor, el hardware) y la realización de la tarea (el software, la materialidad emergente en lo digital) atraviesa el reclutamiento de mecanismos específicos, lo que a su vez implica costos-beneficios particulares y criterios de ergonomía y optimalidad propios de lo digital y producen conductas optimalmente diferenciadas ($B > C$).

De este modo, en este capítulo se propone primero una caracterización de la complejización en la interacción del usuario con una interfaz digital. Después, se exploran algunas de las dificultades que se desprenden de esta consideración. Posteriormente, se recuperan evidencia del contraste en la optimalidad que existe a partir de modificaciones de la interfaz digital motivada por

la búsqueda de resultados óptimos. Posteriormente, se propone cómo entender esto dentro de la propuesta del modelo de EC adaptado a la consideración de interfaces digitales. Finalmente, a partir de lo anterior, se discuten las necesidades futuras en la ampliación del modelo para incluir descripciones detalladas de lo que sucede con el usuario en relación a la categoría de rutas cognitivas buscar esbozar una caracterización más precisa rutas cognitivas.

3.1 La disociación de la interfaz

Los objetos tecnológicos han presentado una evolución en su diseño que puede ser vista en términos de ergonomía: la constante búsqueda y adecuación del objeto para lograr el desempeño exitoso de una tarea específica. Como hemos mencionado, estos procesos no se han desarrollado de modo lineal, sino que pueden ser vistos como una suerte de ecología tecnológica evolutiva en el que suele haber competencia por nichos: el surgimiento de más de un objeto tecnológico para tareas similares. De ahí se sigue que hay objetos que producen mejores resultados que otros, son más ergonómicos en la relación entre el usuario, su configuración material y el desempeño de una tarea determinada.

Sin embargo, los objetos digitales no se comportan bajo estas mismas condiciones ya que la forma de interacción que se da con el usuario ya no es a partir de una materialidad directa, sino que existe una condición virtual añadida que requiere la mediación de una interfaz digital que configura la interacción humana con la tecnología y determina las fronteras entre humano y máquina (Hookway, 2014)

Esta diferencia en cómo los usuarios se relacionan con el objeto y con la realización de la tarea nos permite distinguir entre dos niveles de interacción:

Interacción directa

- Las acciones de entrada están físicamente acopladas a la entidad perceptible por el usuario que se manipula. Para el usuario, esto parece como si no hubiera mediación, traducción o adaptación entre el input y el output. En este tipo de interacción la interfaz se invisibiliza.

Interacción virtual

- La actividad del usuario y la retroalimentación se producen en espacios dislocados, por lo que a menudo son necesarias la escala y la abstracción entre las acciones de input y la retroalimentación. En este tipo de interacción, la interfaz digital se hace evidente.

Estas dos dimensiones no sólo determinan la manera de interactuar del usuario, sino también la naturaleza de la tarea (Cañas & Waerns, 2001; Norman, 2013) e incluso los criterios a partir de los cuales surgen adecuaciones en la interfaz .

En el caso de la interacción directa, la dimensión material provocan que se genere una invisibilización de la interfaz, hay un acoplamiento físico. Esto provoca que el objeto evolucione en relación con el usuario y la tarea en cuestión y que las modificaciones realizadas sean perceptibles en esta misma dimensión (fig. 1).

Interacción Directa

• Usuario



• Objeto



• Tarea



Fig. 10. Ejemplo de esquemas de interacción directa. En este caso la tarea es el desplazamiento. Como vimos en el capítulo anterior, históricamente el desarrollo de la bicicleta estuvo acompañado de una serie de modificaciones objetuales a partir de la relación del usuario y sus limitaciones (estabilidad, propulsión) con el objeto y la tarea desempeñada.

En el caso de una interacción virtual, la doble condición de la materialidad, física y virtual, vuelve evidente la dimensión de la interfaz, que provoca una la escala y dislocación de la conducta realizada con respecto a la correspondencia de la tarea. Un ejemplo de esto puede observarse en el caso del género de videojuegos *first person shooters* (FPS) en los que la acción para “disparar” se ve escalada y dislocada a las posibilidades de un hardware (HW) específico, como podría ser teclado, ratón, pad, control, etc. (fig. 2).

Interacción virtual

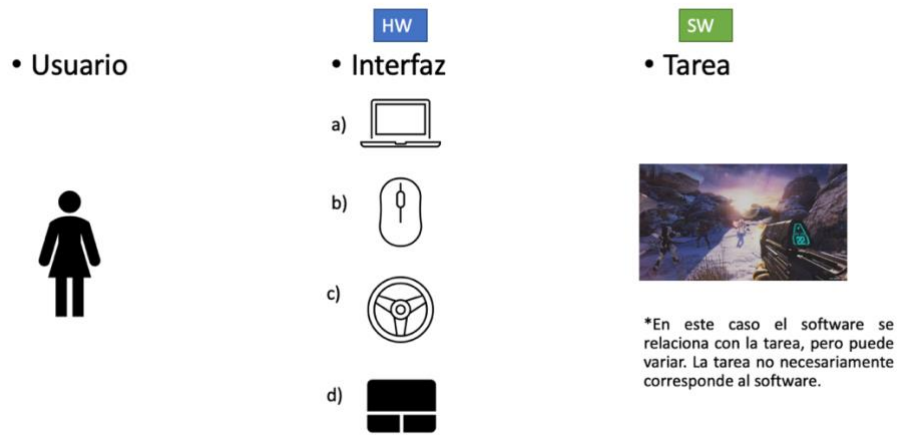


Fig 11. En el caso de una interacción virtual, existe un desdoblamiento de la interfaz, constituyéndose en un nivel de hardware (HW), relacionado con la dimensión física de la interfaz y un software (SW), que refiere al aspecto virtual de la interfaz. Como se describe en la figura, el SW puede o no igualarse a la realización de la tarea.

Además, esta dislocación produce también una no correspondencia entre la ejecución de la tarea y la información de retroalimentación a la que el usuario puede tener acceso y que permite, en el caso de la interacción directa, tener nociones más claras acerca del fallo o error de una interfaz en la realización de una tarea y, por lo tanto, propiciar su modificación.

Ante esta disociación surge la pregunta: ¿los principios de ergonomía que planteamos en el capítulo pasado para las interfaces no digitales siguen aplicando en objetos digitales? La respuesta es si bien la tradición de la ergonomía física, aquella que se refiere a lo muscular, anatómico, motriz, no basta para explicar de qué manera se van propiciando las adecuaciones en un nivel de la materialidad digital software, el enfoque de ergonomía cognitiva sí. Así, con el surgimiento de las interfaces digitales, se vuelve necesaria una revisión que permita, extender las consideraciones ergonómicas más allá de lo físico hacia lo cognitivo permitiría sentar las bases de un modelo a partir del cual analizar las ID.

El problema de materialidad virtual en las interfaces digitales

En oposición al diseño de los artefactos físicos, para los cual se han consolidado una serie de conocimientos, convenciones y tradiciones, el diseño de artefactos digitales es muy reciente.

(Murray, 2012). Esto implica que muchas de las configuraciones siguen teniendo un carácter exploratorio. Por ejemplo, en el caso de un vaso, queda claro que el diseño físico del vaso será más ergonómico si permite una fácil sujeción de la mano. Sin embargo, a partir de la materialidad virtual todavía no hay asociaciones construidas entre cuál sería la configuración de HW/SW más adecuada para una tarea de edición de imagen o programación.

En este punto, queremos proponer que el problema del diseño en las interfaces digitales puede no ser visto como un problema de diseño en sí, sino de optimalidad en la resolución de una tarea. Es decir, la flexibilidad y proliferación de las interfaces digitales permiten la realización de una misma tarea a partir de configuraciones de HW/SW diversas. Desde ahí que sea posible el establecimiento de comparaciones centrándonos no en el diseño intrínseco de una interfaz sino en la optimalidad de la tarea realizada.

3.2 Evidencia de contraste

A pesar de que sí existen una serie de investigaciones que parten del supuesto del uso de alguna interfaz digital para la mejora en una actividad o proceso (Kim & Maher, 2008; O'Neill & Gillespie, 2008; Rojas et al., 2022), son pocas las que contrastan específicamente dos configuraciones de interfaz en el desempeño de una misma tarea. Queremos recuperar tres estudios que aportan información relevante.

A) The Effect of Tangible User Interfaces on Cognitive Load in the Creative Design Process (Kim & Maher, 2008)

En un estudio del 2008, Kim y Maher, realizaron un contraste entre el uso de *tangible user interfaces* (TUI) frente a las *graphic user interfaces* (GUI) en tareas de diseño creativo. Las TUI son una propuesta de interfaz que buscan el acoplamiento de las dimensiones física y virtuales mediante la incorporación de objetos tridimensionales que se ocupan sobre una mesa digital. Otorgan la posibilidad de una manipulación física lo que se propone que permite mejoras en procesos relacionados con la cognición espacial.

En el experimento, se compararon dos configuraciones: 1) bloqueos tridimensionales y la mesa digital y el software ARToolKit; 2) mouse, teclado y el software ArchiCAD que se usaron para resolver dos tareas de rediseño de espacios. Entre los contrastes que se identificaron se encuentran:

Cambios procedimentales visibles: el grupo de TUI realizaba actos de comunicación basado en movimientos, el de GUI procedía más verbalmente 2) la prevalencia de gestos “touch” some actions that appear unmotivated actually play valuable roles in improving performance, for instance, simplifying mental computation, from a perspective of epistemic goals. 3) La relación entre el HW y la reducción en la carga cognitiva. Otros estudios han arrojado resultados similares (Chandrasekera & Yoon, 2015)

se aprecian diferencias en algunos aspectos de cognición espacial que dan como resultado un incremento en comportamientos de identificación de problemas que dan como resultados diseños innovadores (Kim & Maher, 2008). Así la elección de interfaz producen comportamientos diferenciados, que derivan en un mayor grado de efectividad en la resolución de la tarea.

B) *Gaming Across Different Consoles: Exploring the Influence of Control Scheme on Game-Player Enjoyment* (Limperos et al., 2011)

En este estudio realizó una prueba experimental para asociar el esquema de control propuesto por dos sistemas distintos en relación con el disfrute de un videojuego. Para hacerlo compararon el HW de PS2 y Nintendo Wii y eligieron el juego Madden Football como SW. Con base en la literatura, la hipótesis inicial era que la sensación de disfrute sería mayor en los controles de Wii ya que sus sensores de movimiento eliciarían una mayor interacción que derivaría en una mejor experiencia.

Sin embargo, el resultado fue distinto. Entre los hallazgos, notaron que el resultado del juego jugaba un factor importante en la sensación de disfrute. Cuando se evaluaron los efectos del control en el diferencial de puntaje obtenido, se observó que los participantes se desempeñaban mejor cuando jugaban en PS2: los participantes ganaban más y anotaban más puntos cuando jugaban en esta configuración,

Esto es evidencia de un diferencial de optimalidad en la variación de HW para un mismo SW y una misma tarea, que además parece derivar en una respuesta actitudinal compleja con respecto al “disfrute” de una actividad.

C) *Measuring the Impact of Game Controllers on Player Experience in FPS Games* (Gerling et al., 2011) y *Gameplay Evaluation of the Trackball Controller* (Natapov & MacKenzie, 2010)

Finalmente, recuperamos dos trabajos que llegan a conclusiones opuestas en la diferencia de rendimiento a partir de una variación de HW. En el trabajo de Gerling (2011), se estudia la diferencia que existe entre el uso de mouse y teclado, PC, frente a un control, PS3, en el juego FPS Battlefield: Bad Company. Los resultados del análisis multivariante de varianza indicaron que no hay una configuración específica de HW que llevara a diferentes niveles de eficiencia de los jugadores, de la usabilidad percibida o, en general, de la experiencia de juego. El estudio concluye, sin embargo que sí había una variación en el resultado de acuerdo al HW que fuera más familiar para el usuario.

Por otro lado en el trabajo de Natapov y MacKenzie (2010), en el que se propone un prototipo de controlador para tareas relacionadas con los FPS, se confirmó la hipótesis de que la configuración de PC (teclado y mouse) ofrecín el mejor desempeño, mientras que el control tradicional producía los peores resultados. En ese sentido, su propuesta de prototipo que se basaba en la modificación del control tradicional se mostraba como una modificación adecuado en el desempeño de la tarea.

En este caso, es relevante destacar que fueron variables tanto las formas del HW como dos SW (Penguin Hunt y Modern Warfare) mientras que la tarea “apuntar y disparar” asociada al género del videojuego, se mantuvo constante.

¿Qué se recupera?

En general existe una preocupación por la variación en el desempeño que se corrobora en la mayoría de los trabajo. Esto a su vez esta asociado a un reconocimiento de las dimensiones de SW y HW, las cuales se operacionalizan de forma distinta: en algunos el SW se mantiene como constante y se alternan formas de HW, en otras también éste varía, etc.

También es evidencia de que esta variación habilita una serie de procesos diferenciados tanto a nivel físico, como cognitivos y procedimentales. El hecho que se identifiquen, producto de

la variación de la interfaz, conductas diferenciadas de interacción, de elicitación lingüística e incluso despliegues complejos como la sensación de disfrute, es evidencia de que existe una correlación cognitiva con la interfaz y que su variación tiene una correspondiente adecuación conductual.

En ese sentido, también se rescatan los ejercicios de modificación intencional de los componentes de la interfaz en busca de un resultado óptimo para una tarea específica. Consideremos que este proceso podría replicarse para cualquier interfaz y para cualquier tarea.

Un aspecto relevante es que, particularmente en Gertling y Natapov, se hace evidente la familiarización y la curva de aprendizaje como limitaciones que influyen en el desempeño de una tarea. Por lo que, esta podría ser un buen candidato para restricción dentro del modelo de EC que proponemos.

Por otro lado, en algunos diseños experimentales se observa que hay variaciones en la dimensión de la interfaz que no permite una contrastabilidad óptima. Por ejemplo, en ocasiones no se distingue de manera clara la diferencia entre SW y tarea. Es decir, no se observa una categorización precisa de las variables dentro de un modelo descriptivo como el que proponemos.

3.3 Modelo de EC aplicado a lo digital

Consideramos que el modelo propuesto en el capítulo anterior puede adaptarse para describir de manera adecuada a las ID. Toda vez que, a grandes rasgos, la ecuación es la misma y sigue siendo pertinente hablar de sistemas cognitivos como la suma de la relación entre usuario-interfaz-tarea. Del mismo modo se pueden describir una serie de rasgos innovadores que modifican a la interfaz y por lo tanto producen una adecuación en la naturaleza de la tarea y en el rendimiento de su realización.

El reto, en el caso de las interfaces digitales, está en la consideración de su esquema de interacción virtual asociado al desdoblamiento de su interfaz en HW y SW. En principio, esta adecuación es algo simple dentro del modelo como se observa en la figura 12, aunque produce tiene dos implicaciones inmediatas relevantes. La primera es que las apomorfias se podrán producir en dos niveles, lo cual aumenta la posibilidad de variación. La segunda es que la interfaz ahora se compone también de dos niveles y cualquier modificación en la dimensión física o virtual, dará como resultado una adecuación en la interfaz.

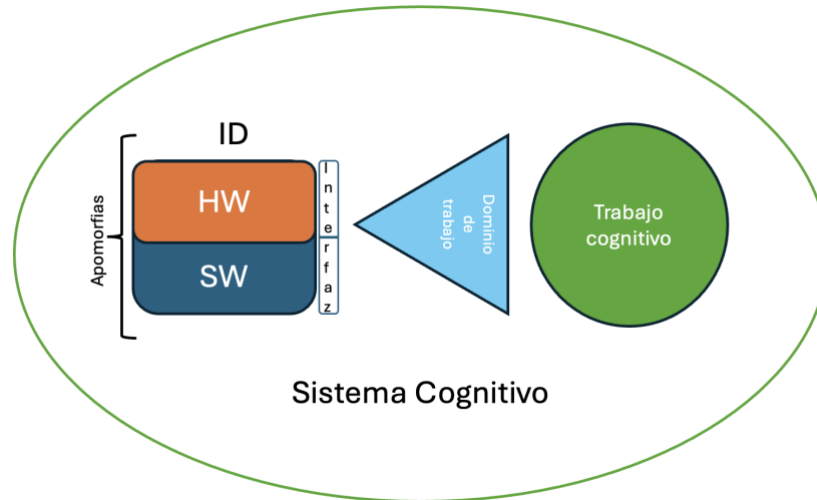


Figura 12. Propuesta de adaptación del modelo de EC a las interfaces digitales.

3.5 Rutas cognitivas: base de un modelo de EC

A partir de la revisión de los trabajos en el apartado anterior, consideramos que la inclusión de las ID no sólo requiere una adecuación del modelo para su aplicabilidad, sino que también parece realizar aportaciones al modelo general. Nos referimos a que parte de los hallazgos identificados en las investigaciones tienen que ver con un despliegue conductual específico a partir de una variación de la interfaz. Es decir, no sólo se sostiene que hay una adecuación, sino que hay una caracterización dinámica de las formas específicas a partir de las cuales se relaciona, por ejemplo interfaz y tarea. Por ejemplo en Kim y Maher (2008), se parte de un despliegue motor diferenciado entre las TUI y las GUI, que habilita a su vez procesos de percepción específicos en relación a la cognición espacial y que parecen concretarse en una facilidad de la identificación de problemas en el diseño.

Entonces es posible proponer la idea de ruta cognitiva, como un reclutamiento de distintos mecanismos propiciado por una configuración particular de las interfaces. Esta propuesta se puede integrar a los criterios del modelo de EC, recuperando los criterios de optimalidad, de divisa y las restricciones (figura 13).

Modelo genérico

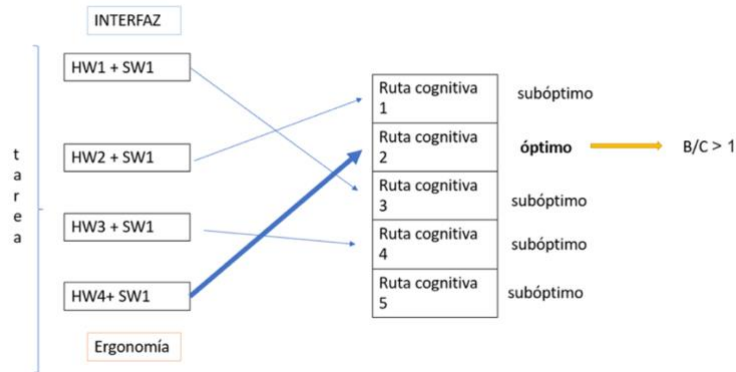


Figura13 Modelo genérico de asociación entre configuraciones de HW y SW y rutas cognitivas específicas que producirán resultados óptimos.

Recuperando los hallazgos de los trabajos revisados, proponemos que la idea de ruta cognitiva puede estar compuesta de mecanismos motores, mecanismos cognitivos y mecanismos perceptuales, como la base de la articulación de una respuesta conductual.

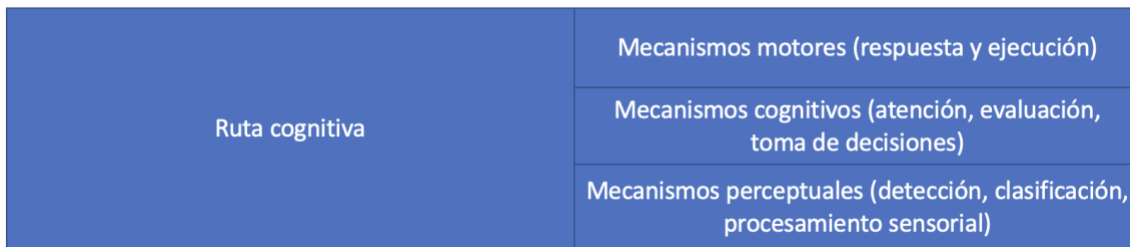


Figura 14. Caracterización de los componentes de la ruta cognitiva.

Mecanismos motores

Los mecanismos motores se refieren a los procesos neurológicos y musculares responsables de la ejecución de movimientos físicos y acciones corporales.

Mecanismos cognitivos

Los mecanismos cognitivos incluyen todos los procesos mentales superiores como el razonamiento, la toma de decisiones, la memoria, el aprendizaje, la resolución de problemas, y el control de la atención.

Mecanismos perceptivos

Todos los sistemas perceptivos captan la información del exterior a través de receptores sensoriales. Los receptores de cada modalidad son sensibles a una forma de energía física que es transformada a potenciales de acción (transducción sensorial), y después transmitido a células de segundo orden, donde se inician los nervios que transmiten esa información.

De este modo, se particulariza la premisa planteada de la siguiente forma: la variación de alguna parte de la interfaz implicaría rutas cognitivas diferenciadas, es decir: reclutará mecanismos perceptivos, cognitivos y motores específicos que darán como resultado una diferencia conductual en el desempeño de una tarea determinada.

Consideramos que estas pueden ser las bases de profundización de un modelo para poder explorar de manera cabal todas las inquietudes que se originan en la relación del ser humano con cualquier forma de tecnología.

Conclusiones

En el presente trabajo procuramos realizar una reflexión acerca de todo aquello que sería pertinente en la exploración de la relación entre las personas y los objetos tecnológicos. Para construir nuestra propuesta, defendimos que ,como primer paso, es necesaria una revisión conceptual que permita una delimitación clara del objeto de estudio a partir de la cual empezar a caracterizar también los procesos que de éste se desprenden. En ese sentido, argumentamos que la categoría “interfaz” posee una serie de ventajas y se muestra como un marco adecuado en la construcción de un esquema teórico adecuado.

Posteriormente, a partir de una revisión narrativa, logramos identificar algunas tendencias actuales en el estudio de los efectos y posibilidades de diseño de los objetos tecnológicos, lo que permitió clasificar fundamentalmente dos enfoques diferenciados. Dentro de la información recuperada, también se recuperaron algunas de las problemáticas que los trabajos realizados señalan.

Producto de lo observado en el primer capítulo, en el segundo apartado continuamos el trabajo con la recuperación de la Ergonomía Cognitiva como un marco pertinente para tender un puente entre los enfoques identificados en el capítulo anterior y que pudiera generar esquemas explicativos tanto del cambio tecnológico como de los efectos que tiene la tecnología en las personas. Propusimos también una adaptación del enfoque a partir de la integración de la metáfora evolucionista, en particular de la ecología de la conducta de la cual se recuperaron principalmente el concepto de apomorfia y algunos propuestas de teorías de optimalidad. Para demostrar la viabilidad del modelo, realizamos un estudio de caso de la bicicleta, a partir del cual se pudiera comprobar la compatibilidad de las categorías del modelo con la descripción de un objeto tecnológico específico.

Finalmente, en el último capítulo sugerimos que el mismo modelo puede ser llevado a la descripción de las interfaces digitales con algunas adecuaciones. También propusimos que la consideración de lo digital podía aportar algunas estructuras pertinentes para el modelo general de ergonomía cognitiva. Específicamente a partir de la proposición de la categoría de rutas cognitivas, como una suma de mecanismos motores, perceptuales y cognitivos que se asocian de forma específica a una forma de interfaz.

Consideramos que el trayecto recorrido sólo llega a la proposición de las bases de lo que eventualmente podría ser un modelo completo que derive en predicciones tanto de los efectos conductuales del uso de interfaces, como de cambios en el diseño de las mismas.

Proponemos que quizá el paso siguiente más evidente sea la formulación de un diseño experimental que permite obtener datos acerca de cada una de las dimensiones que componen la idea de la ruta cognitiva y que permita seguir puliendo el modelo.

Por otro lado, algo que queda claro es la relevancia de la tarea como elemento que configura en gran medida la propuesta de los sistemas cognitivos. Si bien, la propuesta que realizamos sí considera esta dimensión, no podemos dejar de señalar que se tiene que seguir trabajando en esquemas exhaustivos de la clasificación de las tareas. Sólo si se logra esta caracterización será posible que este modelo derive en predicciones.

Referencias

- Acerbi, A. (2016). A Cultural Evolution Approach to Digital Media. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00636>
- Arthur, W. B. (s. f.). *The Nature of Technology*.
- Arthur, W. B. (2010). *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*. Penguin Adult.
- Bauer, A. C. M., & Andringa, G. (2020). The Potential of Immersive Virtual Reality for Cognitive Training in Elderly. *Gerontology*, 66(6), 614-623. <https://doi.org/10.1159/000509830>
- Boyd, R., Richerson, P. J., & Henrich, J. (2011). The cultural niche: Why social learning is essential for human adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(supplement_2), 10918-10925. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100290108>
- Buder, J., & Hesse, F. W. (2017). Informational Environments: Cognitive, Motivational-Affective, and Social-Interactive Forays into the Digital Transformation. En J. Buder & F. W. Hesse (Eds.), *Informational Environments* (pp. 1-25). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64274-1_1
- Cantamutto, L. y C. V. D. (2016). *El discurso digital como objeto de estudio: De la descripción de interfaces a la definición de propiedades*.
- Cañas, J. J. (s. f.). *Ergonomía Cognitiva: El estudio del Sistema Cognitivo Conjunto*.
- Cañas, J. J., & Waerns, Y. (2001). *Ergonomia cognitiva: Aspectos psicologicos de la interaccion de las personas con la tecnologia de la informacion*. Editorial Médica Panamericana.
- Carroll, J., & Rosson, M. B. (1992). Getting Around the Task-Artifact Cycle: How to Make Claims and Design by Scenario. *ACM Trans. Inf. Syst.*, 10, 181-212. <https://doi.org/10.1145/146802.146834>
- Carroll, R. (2018). *El método Bullet Journal: Examina tu pasado. Ordena tu presente. Diseña tu futuro*. Editorial Planeta.
- Chandrasekera, T., & Yoon, S.-Y. (2015). The Effect of Tangible User Interfaces on Cognitive Load in the Creative Design Process. *2015 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Media, Art, Social Science, Humanities and Design*, 6-8. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-MASHD.2015.18>
- Clark, G. (1978). *World prehistory in new perspective* (3rd. ed). Cambridge University Press.
- Davies, N. B., Krebs, J. R., & West, S. A. (2012). *An Introduction to Behavioural Ecology*. John

Wiley & Sons.

Dawkins, R. (2006). *The selfish gene* (30th anniversary ed). Oxford University Press.

Díez Martín, F. (2003). La aplicación de los «modos tecnológicos» en el análisis de las industrias paleolíticas: Reflexiones desde la perspectiva europea. *Spal Revista de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Sevilla*, 12, 35-51. <https://doi.org/10.12795/spal.2003.i12.02>

Dobrowolski, P., Hanusz, K., Sobczyk, B., Skorko, M., & Wiatrow, A. (2015). Cognitive enhancement in video game players: The role of video game genre. *Computers in Human Behavior*, 44, 59-63. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.051>

Drucker, J. (2011). *HUMANITIES APPROACHES TO INTERFACE THEORY*.

Emerson, L. (2014). *Reading writing interfaces: From the digital to the bookbound*. University of Minnesota Press.

Firth, J., Torous, J., Stubbs, B., Firth, J. A., Steiner, G. Z., Smith, L., Alvarez-Jimenez, M., Gleeson, J., Vancampfort, D., Armitage, C. J., & Sarris, J. (2019). The “online brain”: How the Internet may be changing our cognition. *World Psychiatry*, 18(2), 119-129.

<https://doi.org/10.1002/wps.20617>

Foley, R., & Lahr, M. M. (1997). Mode 3 Technologies and the Evolution of Modern Humans. *Cambridge Archaeological Journal*, 7(1), 3-36. <https://doi.org/10.1017/S0959774300001451>

Forty, A. (1986). *Objects of Desire: Design and Society, 1750-1980*. Thames and Hudson.

Fu, W.-T., & Pirolli, P. (2007). SNIF-ACT: A cognitive model of user navigation on the World Wide Web. *Human-Computer Interaction*, 22(4), 355-412.

Galloway, A. R. (2012). *The Interface Effect*.

Gerling, K. M., Klauser, M., & Niesenhaus, J. (2011). Measuring the impact of game controllers on player experience in FPS games. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 83-86.

<https://doi.org/10.1145/2181037.2181052>

Gjesfjeld, E., Chang, J., Silvestro, D., Kelty, C., & Alfaro, M. (2016). Competition and extinction explain the evolution of diversity in American automobiles. *Palgrave Communications*, 2(1), 16019. <https://doi.org/10.1057/palcomms.2016.19>

Hartanto, A., & Yang, H. (2016). Is the smartphone a smart choice? The effect of smartphone separation on executive functions. *Computers in Human Behavior*, 64, 329-336.

<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.07.002>

- Hayles, N. K. (2012). *How we think: Digital media and contemporary technogenesis*. The University of Chicago Press.
- Hollnagel, E., & Woods, D. D. (1983). Cognitive Systems Engineering: New wine in new bottles. *International Journal of Man-Machine Studies*, 18(6), 583-600. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(83\)80034-0](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(83)80034-0)
- Hookway, B. (2014). *Interface* (Online-Ausg). The MIT Press.
- Horowitz-Kraus, T., & Hutton, J. S. (2018). Brain connectivity in children is increased by the time they spend reading books and decreased by the length of exposure to screen-based media. *Acta Paediatrica*, 107(4), 685-693. <https://doi.org/10.1111/apa.14176>
- Hutchins, E. (2020). The Distributed Cognition Perspective on Human Interaction. En N. J. Enfield & S. C. Levinson (Eds.), *Roots of Human Sociality* (1.^a ed., pp. 375-398). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003135517-19>
- Kim, M. J., & Maher, M. L. (2008). The impact of tangible user interfaces on spatial cognition during collaborative design. *Design Studies*, 29(3), 222-253. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2007.12.006>
- King, R. S. (2013). What Is Media Archaeology? Jussi Parikka. *Literary and Linguistic Computing*, 28(3), 484-486. <https://doi.org/10.1093/lc/fqs061>
- Korte, M. (2020). The impact of the digital revolution on human brain and behavior: Where do we stand? *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 22(2), 101-111. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2020.22.2/mkorte>
- Kowalczyk, N., Shi, F., Magnuski, M., Skorko, M., Dobrowolski, P., Kossowski, B., Marchewka, A., Bielecki, M., Kossut, M., & Brzezicka, A. (2018). Real-time strategy video game experience and structural connectivity – A diffusion tensor imaging study. *Human Brain Mapping*, 39(9), 3742-3758. <https://doi.org/10.1002/hbm.24208>
- Kühn, S., Romanowski, A., Schilling, C., Lorenz, R., Mörsen, C., Seiferth, N., Banaschewski, T., Barbot, A., Barker, G. J., Büchel, C., Conrod, P. J., Dalley, J. W., Flor, H., Garavan, H., Ittermann, B., Mann, K., Martinot, J.-L., Paus, T., Rietschel, M., ... Gallinat, J. (2011). The neural basis of video gaming. *Translational Psychiatry*, 1(11), e53. <https://doi.org/10.1038/tp.2011.53>
- Lake, M. W., & Venti, J. (s. f.). *Quantitative Analysis of Macroevolutionary Patterning in Technological Evolution: Bicycle Design from 1800 to 2000*.

- Lake, M. W., & Venti, J. (2009). Ten. Quantitative Analysis of Macroevolutionary Patterning in Technological Evolution. En S. Shennan (Ed.), *Pattern and Process in Cultural Evolution* (pp. 147-162). University of California Press. <https://doi.org/10.1525/9780520943360-011>
- Langrish, J. Z. (2004). Darwinian Design: The Memetic Evolution of Design Ideas. *Design Issues*, 20(4), 4-19. <https://doi.org/10.1162/0747936042311968>
- Latham, A. J., Patston, L. L. M., & Tippett, L. J. (2013). Just how expert are “expert” video-game players? Assessing the experience and expertise of video-game players across “action” video-game genres. *Frontiers in Psychology*, 4, 941. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00941>
- Lee, J. H., & Ostwald, M. J. (2022). The impacts of digital design platforms on design cognition during remote collaboration: A systematic review of protocol studies. *Heliyon*, 8(11), e11247. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11247>
- Limperos, A. M., Schmierbach, M. G., Kegerise, A. D., & Dardis, F. E. (2011). Gaming across different consoles: Exploring the influence of control scheme on game-player enjoyment. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 14(6), 345-350. <https://doi.org/10.1089/cyber.2010.0146>
- Lister, M., Dovey, J., Giddings, S., Grant, I., & Kelly, K. (2008). *New Media: A Critical Introduction*. Routledge.
- Lodge, J. M., & Harrison, W. J. (2019). The Role of Attention in Learning in the Digital Age. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 92(1), 21-28.
- Logan, R. K. (2010). *Understanding New Media: Extending Marshall McLuhan*. Peter Lang.
- López-Riquelme, G. O., Gómez-Gómez, Y. M., & Solís-Chagoyán, H. (2022). Cognición social: Del antropocentrismo a la cognición social comparada. *Revista Iberoamericana ConCiencia*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.32654/ConCienciaEPG/Eds.especial-8>
- Manovich, L. (2002). *The Language of New Media*. MIT Press.
- Marsh, E. J., & Rajaram, S. (2019). The digital expansion of the mind: Implications of internet usage for memory and cognition. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 8(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2018.11.001>
- Mulder, A. (2004). *Understanding Media Theory: Language, Image, Sound, Behavior*. V2_ publishing.
- Mumford, L. (2010). *Technics and Civilization*. University of Chicago Press.
- Murray, J. H. (2012). *Inventing the medium: Principles of interaction design as a cultural*

- practice* (Online-Ausg). MIT Press.
- Natapov, D., & MacKenzie, I. S. (2010). Gameplay evaluation of the trackball controller. *Proceedings of the International Academic Conference on the Future of Game Design and Technology*, 167-174. <https://doi.org/10.1145/1920778.1920802>
- Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things* (Revised and expanded edition). Basic Books.
- Oei, A. C., & Patterson, M. D. (2013). Enhancing cognition with video games: A multiple game training study. *PloS One*, 8(3), e58546. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058546>
- O'Neill, B., & Gillespie, A. (2008). Simulating naturalistic instruction: The case for a voice mediated interface for assistive technology for cognition. *Journal of Assistive Technologies*, 2(2), 22-31. <https://doi.org/10.1108/17549450200800015>
- Ong, W. J., & Hartley, J. (2016). *Oralidad y escritura: Tecnologías de la palabra*. FCE - Fondo de Cultura Económica.
- Pacey, A., & Bray, F. (2021). *Technology in world civilization: A thousand-year history* (Revised and expanded edition). The MIT press.
- Parikka, J. (s. f.). *What is Media Archaeology?*
- Petroski, H. (1992). *The Evolution of Useful Things*. Knopf.
- Phirom, K., Kamnardsiri, T., & Sungkarat, S. (2020). Beneficial Effects of Interactive Physical-Cognitive Game-Based Training on Fall Risk and Cognitive Performance of Older Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6079. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176079>
- Pinker, S. (2010). The cognitive niche: Coevolution of intelligence, sociality, and language. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(supplement_2), 8993-8999. <https://doi.org/10.1073/pnas.0914630107>
- Pirolli, P., & Card, S. (1999). Information foraging. *Psychological Review*, 106(4), 643-675. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.106.4.643>
- Quéau, P. (1995). Virtual Thought (P. Ridet, Trad.). *Réseaux. The French Journal of Communication*, 3(2), 313-324. <https://doi.org/10.3406/reso.1995.3301>
- Reason, J. (1990, octubre 25). *Human Error*. Higher Education from Cambridge University Press; Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139062367>
- Rojas, C., Zuccarelli, E., Chin, A., Patekar, G., Esquivel, D., & Maes, P. (2022). Towards

Enhancing Empathy Through Emotion Augmented Remote Communication. *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts*, 1-9.

<https://doi.org/10.1145/3491101.3519797>

Stout, D., Apel, J., Commander, J., & Roberts, M. (2014). Late Acheulean technology and cognition at Boxgrove, UK. *Journal of Archaeological Science*, *41*, 576-590.

<https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.10.001>

Thomas, N., Bless, J. J., Alderson-Day, B., Bell, I. H., Cella, M., Craig, T., Delespaul, P., Hugdahl, K., Laloyaux, J., Larøi, F., Lincoln, T. M., Schlier, B., Urwyler, P., Van Den Berg, D., & Jardri, R. (2019). Potential Applications of Digital Technology in Assessment, Treatment, and Self-help for Hallucinations. *Schizophrenia Bulletin*, *45*(Supplement_1), S32-S42.

<https://doi.org/10.1093/schbul/sby103>

Tinbergen, N. (1963). On aims and methods of Ethology. *Zeitschrift Für Tierpsychologie*, *20*(4), 410-433. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1963.tb01161.x>

Van Nierop, O. A., Blankendaal, A. C. M., & Overbeeke, C. J. (1997). The Evolution of the Bicycle: A Dynamic Systems Approach. *Journal of Design History*, *10*(3), 253-267.

<https://doi.org/10.1093/jdh/10.3.253>

Variantology | On Deep Time Relations of the Arts, Sciences and Technologies. (s. f.).

Recuperado 10 de octubre de 2024, de <http://variantology.com/?lang=en>

Villaplana, Á. C. (2006). *El enfoque evolucionista del cambio tecnológico*.

Wilson, S. S. (1973). Bicycle Technology. *Scientific American*, *228*(3), 81-91.

Winther, R. G. (2007). Estilos de Investigación Científica, Modelos e Insectos Sociales. En E. S. Díaz (Ed.), *Variedad Infinita. Ciencia y representación. Un enfoque histórico y filosófico*.

UNAM and Editorial Limusa, Mexico.

Zelinski, E. M., & Reyes, R. (2009). Cognitive benefits of computer games for older adults.

Gerontechnology, *8*(4), 220-235. <https://doi.org/10.4017/gt.2009.08.04.004.00>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS

Cuernavaca, Morelos, 25 de noviembre de 2024

Psic. Uriel Mendoza Acosta
Jefe de Investigación y Posgrado
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **Bases para un modelo de análisis de interfaces desde la ergonomía cognitiva y la optimalidad** que presenta el egresado:

Omar Mejía García

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Bajo mi decisión en lo siguiente:

La tesis del estudiante Omar Mejía García, presenta un análisis sobre la interacción entre usuarios e interfases digitales desde la perspectiva de la ergonomía cognitiva. En primer lugar, se presenta un análisis sobre el problema y se propone a la ergonomía cognitiva como un marco teórico interdisciplinario fundamental para el estudio de las interfases digitales con los humanos, lo cual implica una perspectiva evolutiva basada en la optimalidad para entender cómo nos relacionamos con objetos reales del mundo y cómo ha evolucionado esta forma de interacción, para plantear el problema de la interacción con productos tecnológicos digitales con los cuales no se puede interactuar directamente. Después de realizar una revisión profunda del problema, se analiza tanto el impacto de las interfases digitales como productos tecnológicos, así como la propia evolución de dichas interfases por efecto del uso y demandas del usuario, planteando que, aunque no por la misma ruta, tanto las interfases digitales como los objetos reales, siguen un proceso de modificación selectiva basada en ergonomía y optimalidad. Para mostrar este efecto, se ilustra con un ejemplo la evolución ergonómica y óptima de un artefacto modelo: la bicicleta, la cual se ha modificado de acuerdo con las demandas, no sólo a lo largo de la historia, sino que también ha producido variantes de acuerdo con las demandas específicas



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, Edificio 41,
Tel. 777 329 70 00, Ext. 3753 enlace.cincco@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS



de uso para cada tarea. Finalmente, se propone que, de la misma manera, la evolución de las interfaces digitales y su respectivo hardware, deben haber seguido un proceso evolutivo similar, basado en la optimalidad y la ergonomía cognitiva, de acuerdo con las demandas cognitivas y los alcances y limitaciones que los aspectos motores y conductuales imponen para cada tarea, produciendo interfaces óptimas. El trabajo presentado representa un avance sustancial en el entendimiento de la interacción entre humanos (y otros animales) con tecnologías digitales.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente

(e.firma UAEM)

Dr. Germán Octavio López Riquelme
CINCCO, UAEM



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, Edificio 41,
Tel. 777 329 70 00, Ext. 3753 enlace.cincco@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

GERMAN OCTAVIO LOPEZ RIQUELME | Fecha: 2024-11-25 10:34:14 | FIRMANTE

ZBixOWCm/fr3SkHP+ix++15pc7UvX1jperDng61mte7NkLFxOBE1hE11ZbvNcHv9ulZUxA78+4OEX9phPH0hgN5B/8Wu9N4KbMm/DsASOJXC3OjqvjjzWTRZzQp6XktPOGNVxySVQabRntI0zSDpk5hajuX+DalPsuhtOKp6NPi3jVWBhCsoXCQuXFD3lot3ZPM8/syssSK3RgHPGohqgtiNABHXWfXyCbR7rwsJLsRisP48bkRYfbONFYJ0ivU8drTTigj8zXsYak s9ZCy5O18Yp778tynjEU9VNsm8KuHGH9fs5SCQMKn4S2FgU4Km5/b/01db5E+PylDwvQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[pXPeDKIEY](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/JK32x2A7NeLPVH4FefPZimg9L6avjKZL>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029

Lunes, 18 de Noviembre del 2024

PSIC. URIEL MENDOZA ACOSTA
Jefe de Investigación y Posgrado
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **Bases para un modelo de análisis de interfaces desde La ergonomía cognitiva y la optimalidad** que presenta el egresado:

OMAR MEJÍA GARCÍA

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

- La tesis presentada cumple con los requisitos teórico-conceptuales, metodológicos y formales de una tesis de Maestría en Ciencias Cognitivas.
- La tesis se caracteriza e incluye reflexiones de carácter interdisciplinar.
- La tesis aborda un fenómeno relevante en las Ciencias Cognitivas.
- Evidencia una madurez analítica e interpretativa.

Sin más por el momento, quedo de usted

A t e n t a m e n t e

(e.firma UAEM)

Dra. Marta Caballero García

Profesora Investigadora Titular Universitaria, Indefinida
Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Internacional de La Rioja, España
Acreditada por la Agencia Nacional de Calidad y Acreditación (ANECA) España: Profesora
Titular Universitaria
Acreditada por el Sistema Nacional de Investigadores- CONACyT de México Nivel I (1 enero
2023 a 31 diciembre 2027). Integrante desde 2005

www.unir.net

Rectorado - Avenida de la Paz, 137-26006 - Logroño (La Rioja), España - Telf.: +34 941 276 155
Sede Madrid - C/Almansa, 101- 28040, Madrid, España - Telf.: +34 91 567 4391



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARTA CABALLERO GARCIA | Fecha:2024-11-16 03:29:41 | FIRMANTE
hmtaUSzm+ANNEaugM0i7rlcv9PO8NLlxRTZQpVsn5k1+qAqFWYX3xDlMSYKz/eOfmB37QhG86i8VR6Km4L1VxrU08xQgyhMvUk5e7e+pBUX3pQhYuEoHvHm38LLzie
aUNCjB+R4Nlg+K9B1drP6UlwMMFE3HzplrZZ:3h0AEeeKbZICMTdQ5odq6hOnOXGJaD8+01Vjp2DnGc9AU7EsxqR3AUjaASYMk6OHUXzOqBE2Jogtdzb7yJF2BUu7qzlv
50edFz76gvm9xo9toNOylelMZYW3JqyUSrVZPgf2qgROIE22SOX4RX133bvtwJoPZT2X2qt1gQPpnHw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



nGpqRdr8K

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/iwVOxEwyLHkMzk2UZBQcr9ARpAvjph7>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS

Laboratorio de Epistemología y Filosofía de la Mente

Cuernavaca, Morelos, 02 de octubre de 2024

Psic. Uriel Mendoza Acosta
Jefe de Investigación y Posgrado
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **Bases para un modelo de análisis de interfaces desde la ergonomía cognitiva y la optimalidad** que presenta el egresado

Omar Mejía García

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

- Realiza una revisión de la literatura sobre interfaces, ergonomía cognitiva y modelos evolutivos
- Integra de manera coherente diferentes marcos conceptuales (ergonomía cognitiva, teoría evolutiva, optimalidad)
- Establece claramente la problemática y justificación del estudio
- Desarrolla un estudio de caso (bicicleta) que ilustra efectivamente el modelo propuesto
- Propone un modelo integrador que combina ergonomía cognitiva con principios evolutivos
- Introduce el concepto de "rutas cognitivas" como aportación al modelo general
- Desarrolla una propuesta de análisis específica para interfaces digitales
- Mantiene una progresión lógica entre capítulos
- Construye gradualmente su argumento
- Conecta efectivamente la teoría con ejemplos concretos



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, Edificio 41,
Tel. 777 329 70 00, Ext. 2240, 3753, 3762 / jorge.oseguera@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS

Laboratorio de Epistemología y Filosofía de la Mente

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente
Por una humanidad culta

(E.FIRMA UAEM)

DR. JORGE OSEGUERA GAMBA
Responsable del Área Disciplinar
“Epistemología y Filosofía de la Mente”
Coordinador del Doctorado en Ciencias Cognitivas



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, Edificio 41,
Tel. 777 329 70 00, Ext. 2240, 3753, 3762 / jorge.oseguera@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JORGE PABLO OSEGUERA GAMBA | Fecha:2024-11-28 20:19:37 | FIRMANTE

nmP0Zx4s4D34KzZt4CbiX/3RyDx3LGh30PbR4B78WC0WieMXx0VzNUyUvYvmBYG0bvdur2ArfRtuiUOx0U7i1hry9upR9p0qC0hIOFqog1iy+cOwGIEWTvbMKer4IZj6Hi8yEX
nNANZM1qo41rXsQ6TwUzor5GkWF2jbTHWKajtAltUp81NinkO/DUDDYfUe1gdaT2HGc7J3PLHc2j2RDqhqkwJihuNHAYYxLk4nXn5eQA4GCbnFil3oGDm+ng2IERoPXNcknywW
ULbQ3KKKH7E2yVD5/9SK+IAkGp/Dx8F8nSYLOawQDjF25P3g+Sp7xxB2d500JkGSrwTqQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



9ZuRI80i6

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/CyY0CHForUdP7G6rA7MUleRnDkO4glHm>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS

Cuernavaca Morelos a 02 de diciembre de 2024.

Psic. Uriel Mendoza Acosta
Jefe de Investigación y Posgrado
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **Bases para un modelo de análisis de interfaces desde la ergonomía cognitiva y la optimalidad** que presenta el egresado:

Omar Mejía García

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

El trabajo se desarrolla de manera adecuada, con una perspectiva interdisciplinaria relevante.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente

(e.firma UAEM)

DR. JEAN PHILIPPE ADRE JAZE CLAUDE



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, Edificio 41.

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JEAN PHILIPPE ANDRE JAZE CLAUDE | Fecha:2024-12-02 10:11:12 | FIRMANTE

0m0LcBwiE/NN04S6RxpEIP7SKIP6uwYVSB0WuAu9hobhrjSIVNJZjQYUqEej+4ZJL4eZAo2AP3DEH1rQR1IURqbC8jRZj4UN/qWKNTZlaZCEpC1dcjGOs1WzQV6mUGmc8l/E/6f2GZL9CzxxZi9KGp9MKNwaFV4q/8/LTavcnuAt8Uhv+42lIny2mSezGhDWJ6SxIQDiD8E+5b+FwgM49GAxymYKSoY173n2F981nbLLkGlez8hpXTAdUvRpoqcE3TFaDFPxy1JXgG7hJDHfg8mOCqXU4K+Li9ZLrTNBVvbUWYLhgBojeltUKQfo35A5GB9XW2pRFG7rWASKbrqRQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[D7vRL1aZm](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/QO29R3CnVdGztSqX4XXZV6MdNkzw738C>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029

26 de noviembre de 2024

Psic. Uriel Mendoza Acosta
Jefe de Investigación y Posgrado
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
PRESENTE

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **Bases para un modelo de análisis de interfaces desde la ergonomía cognitiva y la optimalidad** que presenta el egresado:

Omar Mejía García

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis no es satisfactoria por lo que doy mi **voto aprobatorio**.

Baso mi decisión en lo siguiente:

Considero que su tesis para optar por el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas contiene ideas importantes, interesantes y una visión de conjunto sobre el tema de interfaces y la ergonomía cognitiva para la optimalidad que evidencia un dominio y profundidad de la temática tratada, así como un gran manejo y un buen uso interpretativo de la información consultada en la bibliografía especializada (primaria y secundaria), no sólo citando fuentes de autoridades reconocidas y confiables, sino efectuando críticas apropiadas al material teórico empleado en el trabajo de investigación.

Ahora bien, lo primero que me gustaría señalar es que la tesis es un denodado esfuerzo de síntesis, en sus primeros capítulos, de algunos de los conceptos medulares, tesis o distinciones conceptuales trazadas en los tópicos abordados que me parece plausible destacar. Por otro lado, es preciso destacar que la temática abordada es un tópico vigente e importante para cualquiera que se interese no sólo en las ciencias cognitivas sino en otras áreas como la filosofía de la tecnología. Por ende, me parece que el interés investigativo de esta tesis está plenamente justificado. De igual manera el planteamiento del problema está explicitado de manera adecuada por el tesista.

En segundo lugar, En cuanto a la metodología seleccionada, revisión teórica y análisis crítico en un primer momento y, posteriormente, un estudio de caso es pertinente para los propósitos que persigue el tesista en su trabajo. La decisión metodológica de elegir un estudio de caso beneficia la investigación porque aporta la evidencia requerida para soportar la hipótesis del trabajo.

En cuanto a lo formal se refiere, la tesis se ajusta a las normas de presentación de un informe de investigación en lo concerniente a la estructura lógica, redacción, ortografía, gramática, citación adecuada y referencias bibliográficas. Aunque, desde luego, le hice observaciones en este aspecto que puede mejorar la redacción final del documento. El contenido del texto es claro, coherente, sistemático y pertinente. En el documento se arriesgan una serie de argumentos que intentan dar cuenta de la tesis a defender.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente



Mtro. Nino Angelo Rosanía Maza