



Estudio de casos

Evaluación de usabilidad de talleres de diseño de juguetes interactivos

Usability assessment of design workshops of interactive toys

Alejandro Daniel Murga González , Camilo Caraveo Mena , Adnán Márquez Borbón ,
Yuritzí Abigail Urías Vázquez 

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd Universitario 1000, Unidad Valle de Las Palmas, 22260 Tijuana, Baja California, México

Autor de correspondencia: Alejandro Daniel Murga González, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd Universitario 1000, Unidad Valle de Las Palmas, 22260 Tijuana, Baja California, México. Correo electrónico: alejandro.murga@uabc.edu.mx. ORCID: 0000-0002-5840-1822.

Recibido: 10 de Enero del 2025

Aceptado: 29 de Diciembre del 2024

Publicado: 28 de Marzo del 2025

Resumen. - *El proyecto de investigación consiste en la evaluación de talleres de diseño desde la perspectiva de la ergonomía y la usabilidad, para abonar a la línea de la pedagogía de las disciplinas proyectuales. Dichos talleres fueron orientados a la creación de juguetes interactivos para poblaciones etarias infantiles con discapacidades múltiples y en condiciones de vulnerabilidad. La fundamentación de este proyecto se basa en el entendimiento del proceso instruccional del taller como un producto evaluable que influye en la calidad del objeto a diseñar. En este sentido, se le da al taller un tratamiento similar a los objetos como juguetes interactivos, que poseen interfaces análogas y digitales y pueden ser vistos desde el plano de la cognición aplicada. Para ello se definen los elementos tecnológicos, colaborativos y pedagógicos como dimensiones a evaluar desde variables de usabilidad, teniendo como indicadores aspectos como el manejo del software y hardware, la calidad del diseño instruccional o la integración de equipos. El desarrollo de este proyecto se remonta a los ejercicios pedagógicos en el programa educativo de Diseño Industrial de la UABC-FCITEC que comenzaron en 2017 y que han derivado en la actual colaboración con la Facultad de Artes Ensenada dirigida al Centro de Atención Múltiple de Tecate. Se cree que la evaluación de las cualidades de usabilidad en los procesos proyectuales puede robustecer el entendimiento de la ergonomía y su cruce con la pedagogía.*

Palabras clave: Evaluación de usabilidad; Taller de diseño; Pedagogía del diseño; Interfaz; Artes.

Abstract. - *The research project focuses on evaluating design workshops from the perspective of ergonomics and usability to contribute to the pedagogy of design disciplines. These workshops were aimed at creating interactive toys for young children with multiple disabilities and living in vulnerable conditions. The project is based on the understanding of the instructional process within the workshop as an evaluable product that influences the quality of the designed object. In this regard, the workshop is treated similarly to objects like interactive toys, which feature analog and digital interfaces and can be analyzed from the perspective of applied cognition. To achieve this, technological, collaborative, and pedagogical elements are defined as dimensions to be evaluated through usability variables, with indicators such as software and hardware management, the quality of instructional design, and team integration. The development of this project originates from pedagogical exercises in the Industrial Design educational program at UABC-FCITEC, initiated in 2017, which have led to the current collaboration with the Faculty of Arts in Ensenada, directed at the Centro de Atención Múltiple in Tecate. It is believed that evaluating the usability qualities of design processes can strengthen the understanding of ergonomics and its intersection with pedagogy.*

Keywords: Usability assessment; Design workshops; Design pedagogy; Interface, Arts.



1. Introducción y antecedentes

En el censo 2020 reportado por INEGI se identificó que el 2.0% de la población con discapacidad en México pertenece al grupo etario de 0-17 años. En Baja California, la Secretaría de Educación Pública reportó entre los periodos 2021-2023¹ un total de 489 alumnos repartidos en los Centros de Atención Múltiple (CAM), Unidades de servicios de Apoyo a la Educación Regular (USAER) y en las escuelas de educación básica regulares (sin servicio USAER), siendo que la mayor parte de dicha población -375 alumnos o 76%- se encuentra sin acceso a una educación apoyada en centros especializados. A pesar de los esfuerzos del Gobierno del Estado en aterrizar estrategias de inclusión y apoyo a poblaciones con discapacidad sigue siendo un reto habilitar planta docente para establecer estrategias de enseñanza-aprendizaje dirigidas a poblaciones con discapacidades múltiples, lo cual implica una brecha para garantizar el acceso a la educación para este sector.

Por ello, consideramos conveniente proponer dispositivos de bajo costo que asistan a este proceso, particularmente en el desarrollo sensorial, y que sean transferibles para su aprovechamiento en los sistemas de educación pública. Esta propuesta tiene como antecedente inmediato la vinculación con el Centro de Atención Múltiple de Tecate (CAM) desde el 2023 desde la cual se ha generado proyectos de investigación, servicio social, registro de propiedad intelectual, generación de cursos de licenciatura y posgrado. En la iniciativa se han sumado profesores de diversos campos disciplinares con experiencia en el trato de poblaciones con discapacidad, habilitados en el área de ergonomía o con conocimientos tecnológicos, música y artes, lo cual hace posible que proyectos como este sean culminados. Uno de los proyectos académicos que han sido

desarrollados a partir de esta línea de investigación es *Music House*² que cuyos alcances en su primer prototipo fueron publicados [1] y del mismo modo fue expuesto en el Museo de la Ciudad de Tecate en 2022.

El proyecto *Music House* se sitúa dentro de la práctica del diseño de interfaces o tecnologías de asistencia (inclusivas), enfocadas en la música por computadora, como medio terapéutico y/o creativo. Como Frid [2] explica, el campo disciplinario es tanto extenso como amplio en el sentido de la diversidad de tecnologías interactivas empleadas: desde interfaces táctiles, prostéticos y *wearables*, hasta interfaces cerebro-computadora e interfaces de realidad virtual. Igualmente se identifican una gran variedad de casos, tanto relacionados con los tipos de usuario y de las actividades a realizar, en los cuales pueden ser aplicadas dichas tecnologías [3]. Por ejemplo, Hamidi et al. [4] presentan el *SenseBox*, una plataforma de *hardware* y *software* orientada para personas con capacidades distintas que convierte objetos cotidianos en sonidos mediante el uso de etiquetas. Dicho prototipo fue diseñado como herramienta de apoyo para sesiones de terapia, como es el caso con niños con discapacidades cognitivas. Ramirez-Melendez [5], presenta el *EyeHarp*, un instrumento musical digital que utiliza la mirada como mecanismo de control que permite a las personas con discapacidades motoras aprender, interpretar y componer música. Finalmente, Vetter et al. [6], presentan el proyecto *Tangible Signals*, dirigido a personas con discapacidades visuales con el objetivo de diseñar y fabricar interfaces táctiles para la creación y ejecución musical. Estas tres interfaces musicales, que funcionan como tecnologías de apoyo o de asistencia, abordan distintas situaciones de uso, desde su uso en terapia hasta la creación artística. De igual manera, dichos ejemplos demuestran cómo,

¹ <http://www.bajacalifornia.gob.mx/Prensa/Noticia/5473>

² Registro ante el IMP bajo el expediente MX/f/2021/001739.

partiendo de las necesidades particulares de sus usuarios, se desarrollan sus estrategias metodológicas y técnicas para lograr sus objetivos.

Ahora bien, más allá del diseño de un objeto, como juguete o cualquier otra modalidad de uso, es conveniente recuperar en los campos de las disciplinas proyectuales la dimensión pedagógica para fomentar la formación de diseñadores que tengan las competencias adecuadas en tanto soluciones dirigidas a este tipo de poblaciones. Por tanto, este trabajo presenta, desde una colaboración multidisciplinar, un enfoque cualitativo exploratorio guiado por el paradigma de Frayling sobre la investigación *a través* del Diseño [7]; que conduce a la pregunta: *¿Qué dimensiones ergonómicas se encuentran implícitas en el diseño de talleres para el desarrollo de juguetes interactivos?* El objetivo principal de este estudio es evaluar, desde los criterios de la usabilidad en el diseño, las características ergonómicas de los talleres para la creación de juguetes desde su dimensión pedagógica, tecnológica y colaborativa.

En continuidad al desarrollo de *Music House* motivó el desarrollo de cursos optativos de licenciatura, así como el posterior diseño de dos talleres: diseño de persona y prototipado de dispositivos musicales. Su propósito es la creación de prototipos sonoros, interactivos y ergonómicos, para asistir el proceso formativo de sectores etarios infantiles con discapacidad múltiple y en condiciones de vulnerabilidad. Su estructura se basa en metodologías de diseño centrado en humanos, así como apreciación artística, apoyados en técnicas participativas y colaborativas. De manera global, esta forma de trabajo busca brindar un entendimiento a los benefactores del diseño, así como sus requisitos técnicos y sensoriales.

Las consideraciones respecto a esta propuesta se basan en el entendido de que la universidad

pública tiene una función social en el sentido de generación de espacios de reflexión crítica: En este caso, incluye la calidad de vida de los infantes. Asimismo, las disciplinas proyectuales, bajo la perspectiva de Maldonado [8] tienen como consigna emanciparse mediante la materialización de un mundo mejor, permitiendo a la sociedad autogestionar sus producciones desde una perspectiva incluyente. En ese sentido, la vinculación con el sector público, privado y social se vuelve un deber para que la reflexión crítica se materialice en mejores oportunidades. Se parte del entendido de que las disciplinas artísticas y proyectuales tienen ese pensamiento disruptivo desde su consolidación como disciplinas modernas a partir de los referentes históricos de la Bauhaus y HfG Ulm, donde el aprendizaje basado en problemas y los abordajes sociales e interdisciplinarios son una realidad desde principios del siglo pasado en estos campos.

Este proyecto forma parte de un proyecto de investigación registrado en la UABC y a su vez como parte de la convocatoria de *Apoyo a Proyectos de Servicio Social* en el que participaron diez alumnos becados provenientes de los programas educativos de Diseño Industrial, Ingeniería de Software, Música y Artes Plásticas. Particularmente en este trabajo se aborda el desarrollado en una asesoría académica de la asignatura *Usability Assessment for Industrial Designers* del programa educativo de Diseño Industrial e impartida por el Mtro. Alejandro Murga, en el que se comisionó a Yuritzí Urías el desarrollo y aplicación de un cuestionario de experiencia didáctica sobre estos talleres.

En este sentido, desde la Pedagogía en el Diseño, Mazzeo y Romano [9] entendieron desde una perspectiva Bourdiana al *taller* como un lugar en el que se incorpora un *habitus* proyectual, constituido por los valores, creencias y prácticas disciplinares, que, en este caso, van dirigidas a la

ergonomía y la usabilidad. Desde una dimensión moral, Mahmood [10] identificó la repetición como un elemento clave que configura el carácter de las personas, lo cual dialoga muy bien con el carácter iterativo del proceso proyectual y la intención de la formación de perfiles profesionales con responsabilidad social, por la atención al grupo poblacional que se pretende desde estos talleres.

Un antecedente se da con el trabajo de Vargas [11] respecto a la *Evaluación formativa en el Taller de diseño de Arquitectura*. Ella abordó el desafío de la evaluación en estos contextos que se centra en los resultados o la finalización del curso, en lugar de centrarse en el proceso.

Valdespino [12], por su parte, examinó las estrategias pedagógicas que se pueden implementar en la modalidad del taller de Arquitectura como el Aprendizaje Basado en Proyectos, Problemas y Retos. Ovalle [13] analizó la dimensión constructivista en el Diseño Industrial desde las experiencias e interacciones del estudiante y del mismo modo calificó la investigación sobre las prácticas pedagógicas como poco exploradas. Ante ello, resulta conveniente sumar en el campo de la Pedagogía del Diseño exploraciones sobre el proceso pedagógico, más aún en el campo del Diseño Industrial y las Artes, debido a que existe más trayectoria para el campo de la Arquitectura.

Desde un posicionamiento teórico, De Valle [14] ya había abordado en *La Travesía de la Forma* la potencialidad pedagógica de las disciplinas proyectuales frente a otros campos de conocimiento más tradicionales, pero es cierto que esto no se ha llevado con exhaustividad al plano de la investigación aplicada.

Bajo este tenor, desde el año 2017 se ha impulsado en la FCITEC de UABC en el campo de Diseño de Productos el prototipado electrónico con plataformas como Arduino,

como un medio para acceder a conceptos complejos como ofrecimiento, interfaz e interacción.

Las plataformas como Arduino fueron pensadas para que usuarios no expertos puedan hacer propuestas interactivas y llegar a un prototipo funcional. Este proceso de enseñanza-aprendizaje se comprende como investigación para el diseño [2] desde el punto de vista de la Interacción Humano-Objeto. Más tarde, se comenzó a impulsar el *diseño de persona* como una estrategia de investigación de usuario que permite a los estudiantes sensibilizarse sobre la realidad social de los benefactores del Diseño.

Como avances preliminares que se presentan en este trabajo, se evaluó el taller de dispositivos sonoros, implementado durante el año 2024 a estudiantes de la Universidad Autónoma de Baja California, provenientes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología (FCITEC) de Tijuana, así como la Facultad de Artes (FA) de Ensenada.

Estos talleres condujeron a detectar mejoras para *Music House* (Figura 1) bajo las cuales se encuentran en curso bajo la asesoría del Dr. Camilo Caraveo Mena y el Mtro. Alejandro Murga, elaborado a través manufactura aditiva de polímeros, esto contemplando el uso rudo y la reproducibilidad del modelo para varios centros educativos. Se cree, por tanto, que la mejora de los procesos formativos desde una dimensión ergonómica puede conducir a mejores resultados en los prototipos.



Figura 1. Presentación del primer prototipo de *Music House* en CAM Tecate, antecedentes de esta propuesta de investigación.

2. Dimensión teórico-temporal del Taller de Diseño de Dispositivos Sensoriales

Dada a la poca documentación de los antecedentes disciplinarios en la región Tijuana-San Diego, los autores han visto conveniente contextualizar la temporalidad en la que se sitúa esta investigación, en complemento a los antecedentes sobre las investigaciones aplicadas por parte de terceros. Bajo esta línea, el proyecto enfocado al desarrollo de talleres se remonta a inicios del 2024 con la visita a la FCITEC del Dr. Adnan Márquez Borbón, a raíz de la difusión del proyecto Caracola Magical³ y desde el cual surgió la intención de colaborar en el desarrollo de dispositivos interactivos en conjunto; justo por la coincidencia de varios intereses de investigación desde el campo del Diseño y las Artes. Es así que se diseñó e implementó uno de los talleres bajo el nombre *Taller de Diseño Interactivo y dispositivos sensoriales: el poder del sonido*; en el cual participaron treinta y cinco alumnos de Diseño Industrial, Música y Artes Plásticas, de las etapas disciplinaria y terminal,

como una actividad de práctica de campo asociada a los talleres de diseño. Entre las personas que colaboraron estuvieron la maestra Marcela Duharte Solís, de la Universidad Iberoamericana Puebla; quien aportó reflexiones sobre la tecnología y la perspectiva de género. El doctor Adnán Márquez Borbón, lideró la parte práctica del taller con una plática introductoria sobre las implicaciones del sonido en el diseño y las artes. En un tercer momento, los estudiantes pasaron a los talleres de la FA para ser orientados respecto a la tecnología Arduino para prototipar sonidos musicales.

Esta experiencia llevó a los estudiantes a reflexionar cómo a través de la proyección de la realidad se continúa o rompe con estructuras sociales en tanto a la igualdad, inclusión; así como el rol del diseño ante ello. El taller concluyó en un segundo momento en la FCITEC con el fin de fabricar los prototipos, liderado por el maestro Alejandro Daniel Murga González. Este taller fue organizado entre la FA y la FCITEC a través del programa educativo de Diseño Industrial; y cuyos resultados fueron presentados en el Foro sobre Diseño Industrial en el contexto transfronterizo, evento oficial de la 2024 Capital Mundial del Diseño Tijuana San Diego.

Este estudio se centra en el campo de la ergonomía desde una visión interactiva, por lo cual se toma la interfaz como centro analítico. Para efectos de esta investigación, la interfaz es *el taller de diseño*, analizado en tanto un objeto que es aprehendido. En este caso, la teoría y metodología proyectual resultan objetos intangibles con los que interactúan los estudiantes para generar propuestas de juguetes para el CAM. Por ello, es relevante retomar las consideraciones de Marcus [15] respecto al concepto interfaz con una salida connotativa tanto herramental como comunicativa. Hollnagel

³ Nota de Gaceta UABC:
<https://gaceta.uabc.mx/notas/academia/disena-cimarrona->

prototipo-de-instrumento-musical-para-ayudar-personas-con-ataxia

[16], por su parte, definió se centró en la relación trabajo-mente desde un punto de vista cognitivo, lo cual dialoga con el enfoque de esta investigación.

Por ello, es posible visibilizar el taller desde una dimensión ergonómica y al mismo tiempo como una estrategia pedagógica propia de las disciplinas proyectuales. Respecto a su dimensión colaborativa, Sanders y Stappers [17] argumentan la aparición del “meta-diseñador”, enfocados desde un punto de vista procesual para crear situaciones en las que otros se vinculen con el diseño de una manera más eficiente. En este caso, el docente funge como el facilitador de este vínculo y corresponde al proceso de Diseño la categoría objetual de la que se ocupa este meta-diseñador.

Del mismo modo, el proceso instruccional y la actividad proyectual funguen en este trabajo como objeto de estudio gracias a las descripciones hechas por Roxana Ynoub [18], desde la epistemología del Diseño donde el saber-hacer se posiciona como el centro de la investigación en este campo.

En cuanto a la dimensión tipológica, Anarella [19] aludió al taller en su aspecto cotidiano, opuesto al académico, en el que resalta características relevantes, como un espacio propio que promueve prácticas independientes; abierto y dinámico, regido por la expectativa de lo inesperado; autogestionado referente a los saberes y las prácticas proyectuales, abierto a la reformulación de los mecanismos de producción; y por tanto busca la construcción de un saber propio. Souto [20] aludió al taller como un espacio “donde hay una producción (se hacen cosas) y donde el foco está puesto en el saber-hacer”, del mismo modo en que Ynoub describió las prácticas del Diseño.

Si se retoma la definición de la ergonomía de la Asociación Internacional de la Ergonomía [21]

se pueden identificar dos criterios para el diseño ergonómico: el bienestar humano y el desempeño del sistema. Bajo estos criterios la interfaz se entiende como el medio que permite la comunicación entre personas y elementos no humanos para cierto fin: realizar una tarea, actividad o meta, la cual tiene implicaciones tanto físicas como cognitivas. Dicha interfaz puede ser comprendida en este trabajo como la manera en la que se median los conocimientos de la teoría y metodología proyectual desde la noción del taller de diseño.

Desde este horizonte, se propone el taller de diseño de persona, identificado por Maguire [22] como parte de los Métodos para apoyar el diseño centrado en el humano. La concepción de esta categoría se atribuye a Cooper [23], entendida como una representación que permite ilustrar un grupo social en términos de constructos intencionados.

Nielsen [24-25] por su parte, la describió como una técnica vinculada al diseño de escenarios que consiste en la descripción de un usuario ficticio basada en personas reales, ya sea por observación directa o por bases de datos; un método para sensibilizar durante el proceso de diseño sobre un grupo poblacional. Si bien Nielsen reconoció el amplio uso de esta técnica en las investigaciones sobre usabilidad en el diseño, señaló su potencialidad de uso en todas las fases no sólo para diseñar, sino como una herramienta de investigación aplicada; que, de acuerdo con Jansen [26], es una forma de considerar a los sujetos “reales” sin caer en estereotipos.

Si bien el diseño se centra en los aspectos cognitivos y físicos que surgen dentro de una interacción dada, una preocupación es no caer en una dicotomía cuerpo-mente donde se pierde el valor y la riqueza de la experiencia humana. Por ello, emergen tendencias de diseño interactivo e interacción humano-computadora (HCI, por sus

siglas en inglés) que enfatizan interacciones encarnadas [27], así como multisensoriales [28].

Dado que, los objetivos del proyecto presentado en este texto, se ha dado una orientación centrada hacia el sonido, no solo como medio informativo o simbólico, sino también como elemento interactivo en sí [29-30]. Esto se refiere al uso de información sensorial (visual, auditiva, háptica) como un medio para proporcionar al usuario información sobre el estado del sistema (errores, realización exitosa de acciones, etc.).

Sin embargo, un enfoque distinto puede ilustrar las maneras en que la información sensorial en/de la interacción provoca una experiencia más completa y satisfactoria. El *Spinatron* [31] proporciona un ejemplo ilustrativo donde, mediante distintos tipos de síntesis sonora, de acuerdo con modelos físicos de engranajes, el control del dispositivo puede ser efectivamente manejado según el tipo de movimiento ejercido y el sonido resultante. Un movimiento rápido produce un tono alto y más fuerte, mientras que un movimiento lento produce un sonido más grave y de menor volumen.

La perspectiva de este enfoque también adopta el manejo del sonido desde una perspectiva artística, donde dicho elemento presenta una serie de características experienciales y estéticas que pueden contribuir a la experiencia interactiva.

Los efectos del sonido sobre la cognición y los estados mentales del oyente han sido evidenciados a nivel neurológico [32]. Aunque el proyecto *Music House* no es un instrumento musical como tal, emplea el sonido como un elemento que contribuye al aprendizaje del usuario.

Por ello, las melodías con relación al objeto que representan deben mostrar cualidades tanto estéticas como afectivas, que sean sencillas y claras para el usuario específico con capacidades sensoriales distintas.

Esto significa que, por ejemplo, las melodías deben ser breves, mostrar de manera animada y alegre los objetos, así como ser "convencionales" en el sentido de evitar disonancias, intervalos musicales amplios u otras características musicales que puedan ser percibidas como desagradables, como ritmos demasiado rápidos o cambios dinámicos abruptos.

Otro proyecto relacionado, *Meditaciones Binaurales* (Figura 2), aborda el diseño sonoro mediante el estímulo auditivo llamado batimientos binaurales. Este fenómeno se produce al presentar una frecuencia distinta a cada oído, creando así un efecto acústico inmersivo y circundante, que es conducente a la regulación de estados mentales y emocionales, al manejo de la ansiedad, a favorecer la concentración y a crear estados de relajación [33-35].

Se diseñó una estación de meditación empleando una placa Raspberry Pi 3 y un amplificador de audífonos de cuatro vías. La síntesis sonora se realizó dentro del entorno de programación audiovisual Pure Data, lo cual facilita el prototipado rápido y en tiempo real, así como su compatibilidad con plataformas de computación empujada basadas en Linux.



Figura 2. Primer prototipo del sistema de *Meditaciones Binaurales*.

3. Metodología

El fundamento teórico de la metodología de nuestra investigación parte de un enfoque cualitativo exploratorio, el cual aborda la experiencia del sujeto de acuerdo con el contexto en el cual se desarrolla dicha investigación. Siendo así, la estrategia considera “muestreo intencionado” [36], donde se aborda el sitio y los sujetos de estudio en el sitio donde se realizan las acciones y procesos que surgen dentro de él.

En este caso, se consideraron diversas dimensiones pedagógicas en el proceso de diseño y por lo tanto se enfocó en la práctica de enseñanza-aprendizaje situada en un contexto académico. Es decir, se examinó qué acciones educativas emergen dentro de un salón de clases y con un grupo de alumnos. Como unidad de análisis se definió al *Taller de Diseño Interactivo y Dispositivos Sensoriales: El poder del Sonido*, abordándolo desde las percepciones de los estudiantes que participaron. Este taller fue destinado a formar a alumnos de la FCITEC para

el prototipado de sonido con un sentido crítico y social.

El perfil de los participantes se centra en estudiantes de Diseño Industrial de la etapa terminal, que da un aproximado de 50 estudiantes en total como universo. Esta delimitación se justifica dado a que la UABC-FCITEC es la única facultad que ofrece Diseño Industrial en la región Tijuana-San Diego. Del total de participantes, sólo 19 respondieron el cuestionario. Sin embargo, esto implica que más de la mitad de la población participó en el taller, y un 19% del universo de los estudiantes se ubican en la etapa terminal. Dadas las condiciones del estudio, este grupo se considera como una muestra intencional representativa. Esta lógica es seguida por lo que Ynoub señaló en Samaja [37]: “la estructura de la muestra es análoga a la estructura del universo”.

Considerando la revisión de estándares de usabilidad que hizo Bevan [38], se diseñó y aplicó una encuesta a los participantes del taller, para examinar las dimensiones tecnológica, pedagógica y colaborativa, con el fin de traducir la experiencia didáctica a términos ergonómicos y proyectuales (el taller como objeto de diseño).

La técnica de recolección de datos fue la encuesta estructurada por escalas de Likert y preguntas abiertas sobre la experiencia. Los datos capturados fueron subsecuentemente analizados mediante un análisis temático tomando como marco de conceptual las variables de usabilidad, abordadas por el ISO por primera vez en la 13407 [39], recuperadas en la 9241 [40-41] que se contemplaron fueron la *efectividad*, *eficiencia* y *satisfacción*. Los temas o variables, así como sus indicadores, constituyeron una matriz de consistencia (Tabla 1).

Tabla 1. Matriz de consistencia.

Dimensiones	Variables de usabilidad	Indicadores	Técnica de recolección de datos
Tecnológica	Nivel de facilidad en el manejo	Manejo del: hardware, software, lenguaje de programación	Escala de likert y respuesta abierta sobre la experiencia
Pedagógica	Efectividad de los componentes	Material, instrucciones, contenidos, retroalimentación	
Colaborativa	Eficiencia de los procesos	Comunicación, coordinación, trabajo en equipo, prototipado	

Según las normas, tiene que ver en términos generales, con el alcance de las tareas y objetivos, la cantidad de esfuerzos implementados en su realización, así como las actitudes referentes a la experiencia de uso (en este caso, de aprendizaje). Por tanto, para este trabajo se definen dichas variables como la facilidad del manejo de elementos tecnológicos, la efectividad pedagógica de los materiales brindados, así como la eficiencia de los procesos colaborativos.

García-Córdoba [42] recomienda la encuesta o *el cuestionario* como un medio de apreciación empírica para conocer la perspectiva de los sujetos referente a sus conocimientos, creencias o sentimientos con el fin de aproximarse al objeto de estudio, en este caso la efectividad, eficiencia y satisfacción referente al taller. Asimismo, distingue la entrevista del cuestionario en cuanto al grado de participación del encuestador. De la misma manera, comenta que la condición de quienes participan en la entrevista de alguna manera es de “testigos privilegiados”, mientras que el cuestionario lo plantea para atender un amplio margen de personas. En este caso, se opta por el cuestionario, como un elemento que surge posterior a una experiencia guiada. Es decir, posterior al taller que tiene como objetivo

conducir a la recuperación de datos cualitativos, como el prototipo mismo, lo cual podría decirse que se trata de un híbrido en términos de la participación del encuestador y la forma en la que se busca contextualizar a los participantes referente a la experiencia didáctica.

4. Resultados y Discusiones

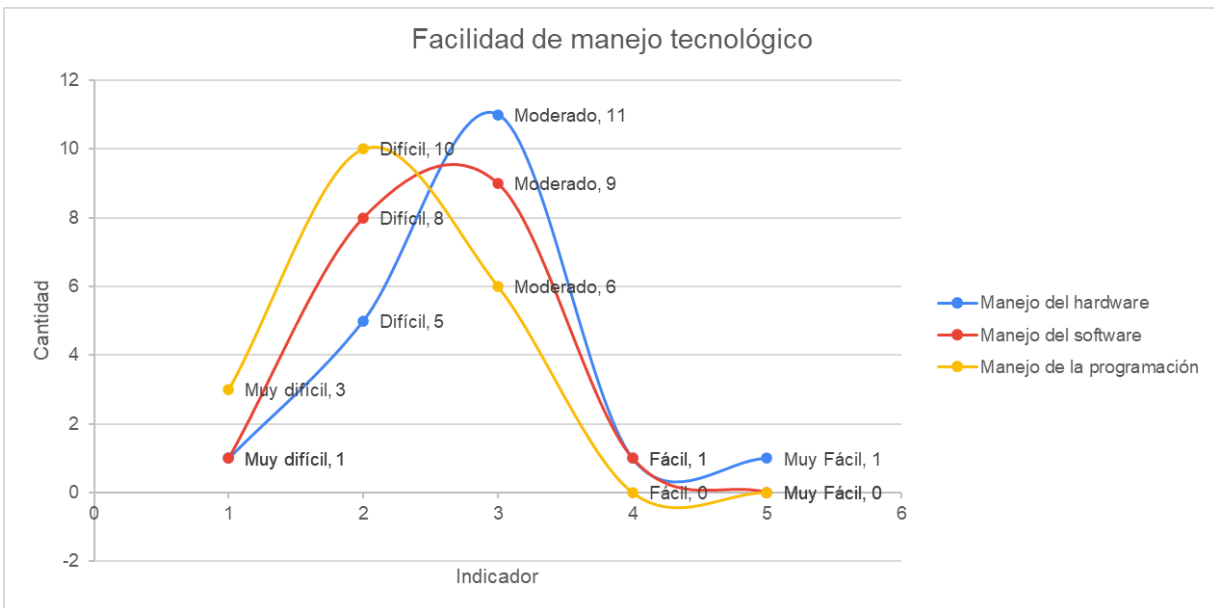
El cuestionario aplicado consistió en dos formas de respuesta: la primera, en escala de Likert de cinco valores; mientras que la segunda en forma abierta. Las secciones se dividieron en las percepciones sobre las tres dimensiones mencionadas en la matriz de consistencia: tecnológica, pedagógica y colaborativa; sumada a una sección adicional sobre la percepción general de la experiencia.

En esta sección se discute a profundidad el manejo tecnológico y la percepción general, por presentar respuestas menos uniformes y por ser las peor evaluadas. Como parte de los resultados en la dimensión tecnológica, la mayor parte de los estudiantes evaluaron tanto el manejo de hardware como de software con una dificultad moderada; mientras que el manejo del lenguaje de programación como difícil (Tabla 1). Esto es consistente con el perfil profesional que

actualmente rige a los programas educativos, en el cual las competencias orientadas hacia la programación y electrónica no están posicionadas en el centro.

Una razón de este comportamiento es que actualmente los contenidos sobre electrónica y programación se imparten en asignaturas optativas como *Desarrollo y Prototipado de Dispositivos Tecnológicos*, diseñada en inicio pensando en este tipo de prototipos. Cabe

destacar que si bien la población se repartió entre alumnos sexto y décimo semestre (etapa disciplinaria y terminal), no es seguro que la totalidad de los participantes para este entonces habían cursado la asignatura, lo cual motiva a integrar este reactivo dentro de futuras aplicaciones. Esta reflexión se ve apoyada por las respuestas abiertas en la que se destaca el deseo de acceder a cursos relacionados con programación de Arduino.

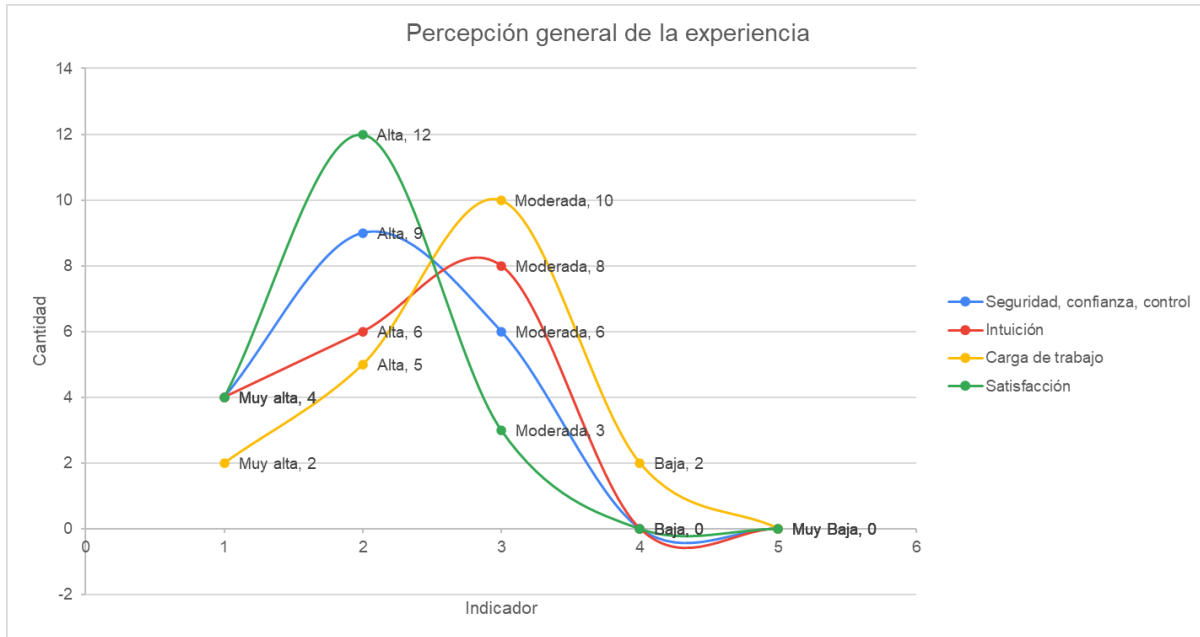


Gráfica 1. Percepción de la facilidad de manejo tecnológico.

En cuanto a la dimensión pedagógica, la mayor parte de los estudiantes evaluaron como excelente el material, las instrucciones, los contenidos y la capacidad de retroalimentación o apoyo por parte del docente. Cabe destacar que una de las sugerencias estuvo enfocada en la necesidad de mayor material visual y tiempo de desarrollo del taller. En la dimensión colaborativa se evaluó en la mayor parte como buenos los procesos comunicativos, de coordinación y prototipado. Adicionalmente, la calidad del trabajo en equipo fue evaluada en la mayor parte como muy alta en tanto a la cooperación, distribución de roles, gestión de conflictos e integración de los miembros.

Como parte de la percepción general de la experiencia se resalta que, si bien la mayor parte de los estudiantes la calificaron como satisfactoria, controlada con confianza y bajo control, reportaron una carga de trabajo y nivel de intuición moderados. Esto puede ser explicado por la atención que brindó un solo profesor a un grupo de diecinueve estudiantes inexpertos. Como observación adicional, se rescata que durante el desarrollo del taller algunos alumnos asumieron el rol de líderes para comunicar las instrucciones a grupos más pequeños. Este factor no fue considerado en la encuesta lo cual resulta de interés en el sentido de que el espacio en el

que se desempeñó el taller motivó la generación de células de trabajo y también conviene resaltar que los alumnos en estos semestres ya tienen experiencia trabajando en equipo por lo cual la integración no resulta un problema sino una ventaja que puede ser considerada en futuras ediciones del taller.



Gráfica 2. Percepción general de la experiencia.

Desde el punto de vista de la Usabilidad, esta encuesta o cuestionario puede ser interpretado como un instrumento de evaluación de desempeño del taller como producto y del mismo modo como una encuesta de satisfacción, ver gráfica 2. Bevan [43] lo ubica en la etapa de desarrollo proyectual de testeo o inclusive en el post-lanzamiento, por lo cual motiva la mejora continua de los talleres. En términos de las precondiciones de aplicación, se considera que los recursos de implementación son despreciables, se requiere acceso indirecto a los usuarios y se requieren conocimientos básicos en usabilidad y estadística.

5. Prospectiva

Como parte de la metodología de la investigación ergonómica en el campo del Diseño, Flores [44] recomienda la definición del sistema ergonómico, que incluye objetos, usuarios y entornos. En este sentido, desde el 2017 se exploró la posibilidad de expandirlo con el trabajo de Becerril, Rosas, Murga y Sepúlveda [45] (Figura 3). Este hexanomio incluye la articulación de un *meta-objeto*, es decir, el objeto producido con las herramientas que son facilitadas en el taller; así como el contexto formativo. Esta propuesta se suma a lo que se propuso en este trabajo con la figura del docente como *meta-diseñador*.

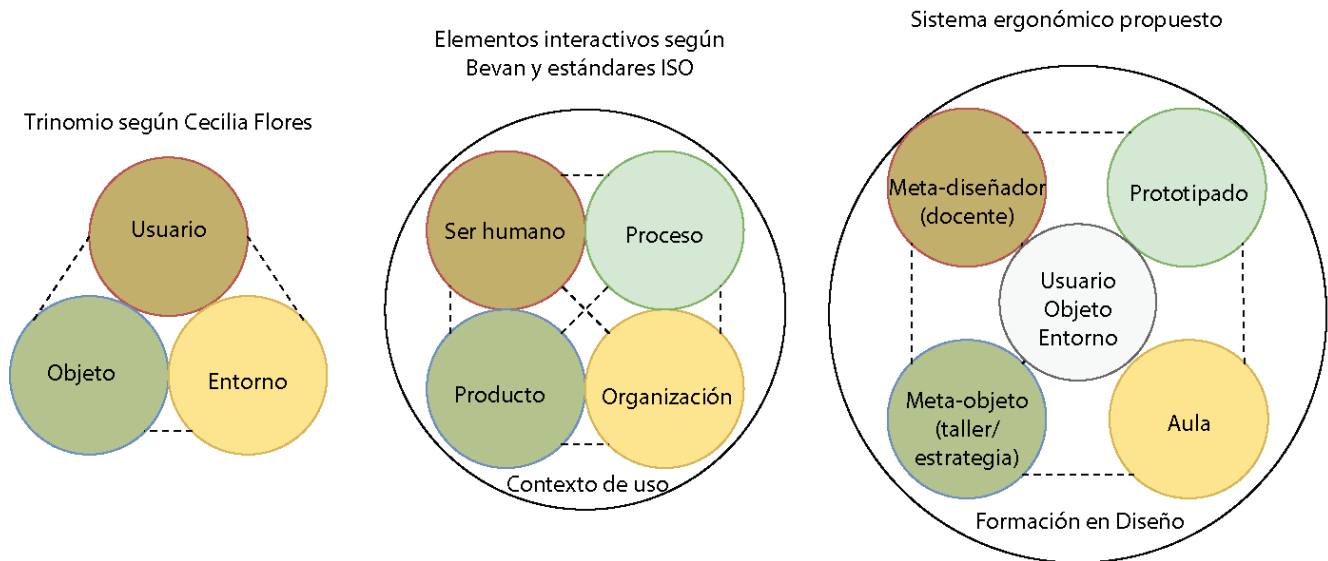


Figura 3. Presentación de Hexanomio ergonómico que expande el modelo del trinomio de Flores [34]. Basado en Becerril, Rosas, Murga y Sepúlveda [35].

En este trabajo se tuvo en cuenta el perfil de los participantes como parte de la definición de usuarios, los materiales didácticos y el diseño instruccional como los objetos a manejar, pero el entorno físico (el aula) no estuvo considerado. Esto representa un reto porque no siempre depende del docente la disponibilidad del espacio y representa una variable crítica que puede incidir en el éxito o fracaso de toda la experiencia educativa. Del mismo modo, se motiva a “homologar” el perfil de los estudiantes, garantizando que los conocimientos previos sean similares para nivelar el arranque de taller. Esto también puede ser explorado en el diseño como pruebas rápidas diagnósticas o inclusive en el momento de registro.

Para continuar esta reflexión, queda pendiente a su vez evaluar la calidad de los prototipos realizados (Figura 4). para buscar consistencias entre las percepciones estudiantiles sobre la experiencia didáctica y la evaluación sobre el desempeño de los estudiantes. En estas primeras ediciones del taller no se buscó evaluar el desempeño ya que se presentó como un apoyo adicional; una práctica de laboratorio para desarrollar un proyecto más amplio. Sin

embargo, no se descarta que en futuras ediciones esto ya esté implementado.

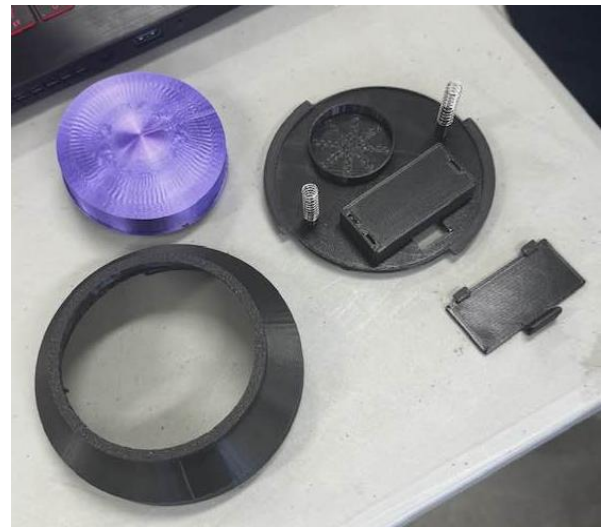


Figura 4. Ejemplo de carcasa de un botón electrónico fabricado con impresión 3D y filamento de PLA por parte de estudiantes de Diseño Industrial de la FCITEC.

Sin embargo, posterior al taller, se desarrollaron prototipos durante el periodo 2024-2 que fueron evaluados positivamente por los usuarios del CAM Tecate mediante *probes* de diseño, es decir, kits etnográficos enfocados a características interactivas, ergonómicas y de usabilidad. Se considera relevante una

evaluación intermedia aplicada por el docente en términos de las competencias proyectuales, ya que las evaluaciones de los “usuarios reales” del CAM pueden estar motivadas con sesgos que no tengan como prioridad la evaluación del perfil del diseñador.

En este tenor, para el entendimiento del sistema ergonómico o la interfaz desde un punto de vista interactivo, se tomó como referencia el modelo EPIC (Executive-Process/Interactive Control) [46] para visualizar los intercambios comunicativos desde distintos canales sensoriales y mediados por la materialidad. A su vez, se promueve el análisis de tareas para brindar un entendimiento dinámico. Para este ejercicio académico, resultará como un horizonte de posibilidad el poder diagramar la interfaz usuarios-espacio-didáctica-prototipo para complejizar la forma en la que se evalúan los diseños instruccionales y desempeños académicos dentro del campo de la pedagogía del Diseño.

6. Conclusiones

El taller de diseño, tratado como una interfaz intangible en su planteamiento teórico en este trabajo, resulta cuestionado después de las observaciones recuperadas por la encuesta en su conjugación con las observaciones particulares para ser replanteado como una interfaz híbrida. Esto ya había sido nombrado por Rizopoulos y Charitos como una interfaz espacial comunicativa [47]. Actualmente el cruce entre las condiciones espaciales de los ambientes didácticos y sus estrategias no son consideradas en las evaluaciones de satisfacción de las experiencias pedagógicas de manera generalizada y abre preguntas sobre la conveniencia de su consideración en modalidades de aprendizaje virtuales y no escolarizados.

Este trabajo abonó al proyecto “Dispositivos sensoriales para poblaciones corpo/neuro divergentes” en el que se impulsó este taller como parte de los eventos de la Capital Mundial del Diseño Tijuana-San Diego (WDC, 2024). Se hicieron visitas al Centro de Atención Múltiple de Tecate a lo largo del 2024 para conocer las necesidades de la población referente al aula sensorial que está en desarrollo. Estas visitas fueron clave para diseñar el taller para generar prototipos. Queda como horizonte investigativo testarlos con profesores y estudiantes del CAM y así perfeccionar los diseños de manera comparativa. Con el desarrollo de estos instrumentos de evaluación se puede pretender un mayor control en la calidad educativa para las disciplinas proyectuales, que implican competencias cognitivas y motrices de alta complejidad. Esto es, aprender conceptos, aplicarlos, materializarlos y ponerlos en diálogo con personas en ambientes reales.

7. Agradecimientos

Se agradece principalmente al Centro de Atención Múltiple de Tecate por siempre apoyar las iniciativas para el diseño de dispositivos sensoriales dirigidos a su comunidad. Del mismo modo a colegas y estudiantes que han participado en el desarrollo de los talleres o propuestas de diseño de los juguetes mencionados.

8. Reconocimiento de autoría

Alejandro Daniel Murga González: Conceptualización, metodología, recursos, borrador original, supervisión, administración de proyecto y adquisición de fondos. *Camilo Caraveo Mena, Adnan Márquez Borbón:* Software, validación, revisión, edición y visualización. *Alejandro Daniel Murga González, Adnan Márquez Borbón, Yuritzí Abigail Urías Vázquez:* Análisis formal, investigación, curación de datos, recursos.

Referencias

1. A. D. Murga González, G. R. Nájera Morga, and C. Caraveo Mena, "Development of interactive gadgets: pedagogical, methodological and ergonomic aspects for industrial design," *Revista De Ciencias Tecnológicas*, vol. 4, no. 4, pp. 412–424, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.37636/recit.v44412424>.
2. E. Frid, "Accessible Digital Musical Instruments— A Review of Musical Interfaces in Inclusive Music Practice," *Multimodal Technologies and Interaction*, vol. 3, no. 3, p. 57, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/mti3030057>.
3. A. Ward, T. Davis, and A. Bevan, "Music technology and alternate controllers for clients with complex needs," *Music Therapy Perspectives*, vol. 37, no. 2, pp. 151–168, 2019.
4. F. Hamidi, S. Kumar, M. Dorfman, F. Ojo, M. Kottapalli, and A. Hurst, "SenseBox: A DIY prototyping platform to create audio interfaces for therapy," in *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, Mar. 2019, pp. 25-34.
5. R. Ramirez-Melendez, "Accessible Digital Music Instruments for Motor Disability," in *Neurocognitive Music Therapy: Intersecting Music, Medicine and Technology for Health and Well-Being*, Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 7-26.
6. J. Vetter, M. Kaltenbrunner, and E. Schmid, "Sonic Interactions-Towards Accessible Digital Music-Making," in *International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, Jul. 2024, pp. 489-496, Cham: Springer Nature Switzerland.
7. C. Frayling, "Research in art and design," *Royal College of Art*, vol. 1, no. 1, pp. 54–55, 1993.
8. T. Maldonado and T. L. Serra, "Vanguardia y racionalidad: articulos, ensayos y otros escritos: 1946-1974," La Universidad De Michigan, Jan. 1977, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=111521>.
9. C. Mazzeo and A. M. Romano, "La enseñanza de las disciplinas proyectuales: hacia la construcción de una didáctica para la enseñanza superior," *CP67*, 2021.
10. S. Mahmood, *Politics of Piety: The Islamic Revival and the Feminist Subject*, Princeton and Oxford: Princeton University Press, 2005.
11. L. Vargas, "Evaluación formativa en el Taller de diseño de Arquitectura," *Revista Presencias, Saberes y Expresiones*, vol. 3, no. 2, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24054/pse.v3i2.3154>.
12. J. Valdespino, "Pedagogía reflexiva y transformadora en la construcción del pensamiento crítico en los talleres de diseño arquitectónico," *Arquitectonics: Mind, Land & Society*, no. 35, pp. 447-468, 2024.
13. M. Ovalle, "Constructivismo en la pedagogía del diseño industrial: ¿qué aprenden los alumnos?," *Revista de Estudios Sociales*, no. 21, pp. 37-52, 2005.
14. V. De Valle, *La Travesía de la forma. Diseño Gráfico y campo cultural en la Argentina*, Buenos Aires, Argentina: Ediciones Infinito, 2009.
15. A. Marcus, "Dare we define user-interface design?," *Interactions*, vol. 9, no. 5, pp. 19–24, 2002.
16. E. Hollnagel, "Cognitive ergonomics: it's all in the mind," *Ergonomics*, vol. 40, no. 10, pp. 1170–1182, 1997.
17. E. Sanders and P. J. Stappers, "Co-creation and the new landscapes of design," *Co-design*, vol. 4, no. 1, pp. 5–18, 2008.
18. R. Ynoub, "Cuestión de Método. Aportes para una metodología crítica," *Perspectivas Metodológicas*, vol. 15, no. 15, 2015.
19. L. Anarella, "Los medios digitales y la autogestión de saberes. Una experiencia pedagógica en la enseñanza del diseño," *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, no. 84, pp. 30–45, 2020.
20. M. Souto, *Grupos y dispositivos de formación*, 1999.
21. H. Hendrick, "The IEA and international ergonomics: Past, present and future," in *Ergonomics in Russia, the other independent states, and around the world*, vol. 2, pp. 1–12, 1993.
22. M. Maguire, "Methods to support human-centred design," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 55, no. 4, pp. 587–634, 2001.
23. G. Cooper and J. Bowers, "Representing the user: Notes on the disciplinary rhetoric of human-computer interaction," in *The Social and Interactional Dimensions of Human-Computer Interfaces*, pp. 48–66, 1995.
24. L. Nielsen, "Scenarier som udviklingsværktøj," *Designværkstedet*, 1998. [Online]. Available: <http://design.emu.dk/artikler/9800-scenarier.html>.
25. L. Nielsen, *Personas-user focused design*, vol. 1373, London: Springer, 2013.

26. A. Jansen, M. Van Mechelen, and K. Slegers, "Personas and behavioral theories: A case study using self-determination theory to construct overweight personas," in *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2127–2136, May 2017.
27. P. Dourish, *Where the action is: The foundations of embodied interaction*, Cambridge, Mass.; London: MIT Press, 2004.
28. K. Höök et al., "Unpacking non-dualistic design: The soma design case," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Nov. 2021, pp. 1–36.
29. W. W. Gaver, "How Do We Hear in the World? Explorations in Ecological Acoustics," *Ecological Psychology*, vol. 5, no. 4, pp. 285–313, Dec. 1993.
30. W. W. Gaver, "The SonicFinder: An Interface That Uses Auditory Icons," *Human-Computer Interaction*, vol. 4, no. 1, pp. 67–94, Mar. 1989.
31. G. Lemaitre, O. Houix, Y. Visell, K. Franinović, N. Misdariis, and P. Susini, "Toward the design and evaluation of continuous sound in tangible interfaces: The Spinotron," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 67, no. 11, pp. 976–993, Nov. 2009.
32. J. Levitin and A. K. Tirovolas, "Current Advances in the Cognitive Neuroscience of Music," *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1156, no. 1, pp. 211–31, 2009.
33. N. M. Leistikko, L. Madanat, A. Yeung, and J. Stone, "Effects of gamma frequency binaural beats on attention and anxiety," *Current Psychology*, vol. 43, no. 6, May 2023.
34. B. P. Gold, M. J. Frank, B. Bogert, and E. Brattico, "Pleasurable music affects reinforcement learning according to the listener," *Frontiers in Psychology*, vol. 4, no. 541, 2013.
35. S. A. Reedijk, A. Bolders, and B. Hommel, "The impact of binaural beats on creativity," *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 7, p. 786, 2013.
36. T. R. Lindlof and B. C. Taylor, *Qualitative communication research methods*, Sage Publications, 2017.
37. J. Samaja, *Epistemología y Metodología*, Buenos Aires, Argentina: EUDEBA, 1993.
38. N. Bevan, "International standards for HCI and usability," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 55, no. 4, pp. 533–552, 2001.
39. International Organization for Standardization, *ISO 13407: Human-centred Design Processes for Interactive Systems*, ISO, 1999.
40. International Organization for Standardization, *ISO 9241-210:2010: Ergonomics of Human-System Interaction—Part 210: Human-centred Design for Interactive Systems*, ISO, 2010.
41. International Organization for Standardization, *ISO 9241-210:2019: Ergonomics of Human-System Interaction—Part 210: Human-centred Design for Interactive Systems*, ISO, 2019.
42. F. García-Córdoba, *El cuestionario: recomendaciones metodológicas para el diseño de cuestionarios*, Editorial Limusa, 2005.
43. N. Bevan, "UsabilityNet methods for user centred design," in *Human-Computer Interaction: Theory and Practice*, vol. 1, pp. 434–438, 2003.
44. Editorial Designio / Libros / Ergonomía para el diseño. http://www.editorialdesignio.com/htmls/publicaciones/eped_cf.html, 2001.
45. V. Becerril, V. Rosas, A. González Murga, G. Sepúlveda, "Los factores humanos en el mobiliario fabricado con tecnología CAM y CNC," in *Memorias del 1er Congreso Internacional de Arquitectura y Diseño*, 2017.
46. D. Kieras and D. Meyer, "An overview of the EPIC architecture for cognition and performance with application to human-computer interaction," *Human-Computer Interaction*, vol. 12, no. 4, pp. 391–438, 1997.
47. C. Rizopoulos and D. Charitos, "Implications of theories of communication and spatial behavior for the design of interactive environments," in *2011 Seventh International Conference on Intelligent Environments*, Jul. 2011, pp. 92–99.

Derechos de Autor (c) 2025 Alejandro Daniel Murga González, Camilo Caraveo Mena, Adnan Márquez Borbón, Yuritzí Abigail Urías Vázquez



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)