

# Diseño de sistema de productos inteligentes para la asistencia del ejercicio en casa

## *Design of a smart product system to assist home workout*

Esteban Hurtado-Aguirre<sup>1</sup>, Gabriel Moya-Ortiz<sup>2</sup>, Adán Rodríguez-Vivas<sup>3</sup>, Camilo Ramírez-Ramírez<sup>4</sup>

Fecha de recepción: 10/06/2019

Fecha de aprobación: 19/09/2019

Esteban Hurtado-Aguirre, Gabriel Moya-Ortiz, Adán Rodríguez-Vivas, Camilo Ramírez-Ramírez  
Diseño de sistema de productos inteligentes para la asistencia del ejercicio en casa  
Revista IDI+ Volumen 2 N°2. Enero - Junio 2020  
Pág 32-40

---

1. Esteban Hurtado-Aguirre  
Correo electrónico: [ehur94@gmail.com](mailto:ehur94@gmail.com)  
Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial

2. Gabriel Moya-Ortiz  
Correo electrónico: [gabrielmoyaortiz@gmail.com](mailto:gabrielmoyaortiz@gmail.com)  
Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial

3. Adán Rodríguez-Vivas  
Correo electrónico: [adan.jrvivas@gmail.com](mailto:adan.jrvivas@gmail.com)  
Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Diseño Industrial  
Cartago, Costa Rica.

4. Camilo Ramírez-Ramírez  
Correo electrónico: [ramcamilo20@gmail.com](mailto:ramcamilo20@gmail.com)  
Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial

## Resumen

El sistema de asistencia de ejercicio en casa nace con el objetivo de ayudar, facilitar y mejorar la experiencia del usuario a la hora de realizar la actividad física en su hogar. El sistema emplea funciones inteligentes por medio de recursos tecnológicos, con el fin de generar productos que optimicen el desenvolvimiento del usuario en la ejecución del ejercicio en casa, mediante la retroalimentación sensorial dada por medio de estímulos sonoros, táctiles y visuales. Además, se definió que el sistema estaría compuesto por dos productos, un *mat* y una barra, los cuales permiten abarcar los ejercicios más comunes hechos en casa y que, en conjunto, favorecen la actividad física integral del cuerpo.

En este artículo se presenta el proceso de diseño donde se definen y validan aspectos como el contexto, idea, funcionalidad, forma y manufactura. Asimismo, la validación permitió confirmar que los aspectos investigados y posteriormente desarrollados fueron los correctos, teniendo el sistema un muy buen recibimiento por parte de los usuarios.

## Palabras clave

Diseño; sistema inteligente; diseño industrial; asistente de ejercicio; proceso de diseño.

## Abstract

The home exercise assistance system was born with the aim of helping, facilitating and improving the user's experience when performing physical activity at home. The system uses intelligent functions by means of technological resources in order to generate products that optimize the user's performance in the execution of the exercise at home through the sensory feedback given by means of sound, tactile and visual elements. In addition, it was defined that the system would be composed of two products, *a mat and a bar*, which allow covering the most common exercises done at home and that together favors the physical activity of the body.

In this article we present the design process where the appearance, context, idea, functionality, form, manufacture and validation of such are defined. The validation also allowed us to confirm that the aspects investigated and subsequently developed were the correct ones, showing that the system had a very good reception by users.

## Key Words

Design; smart system; industrial design; fitness assistant; process; design process.

## Introducción

El proyecto surge a partir del reto propuesto en el curso de Diseño V de la Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial del Tecnológico de Costa Rica, el cual consistía en el “diseño de un sistema de objetos inteligentes de uso cotidiano”. Posteriormente, se procedió a la búsqueda de un tema que cumpliera con el requisito anteriormente mencionado; el tema elegido fue el ejercicio en casa. El problema general del proyecto consistió en “desarrollar un sistema funcional de dispositivos inteligentes, coherentes con el ejercicio, que optimicen la habitación del hogar donde el usuario se ejercita, priorizando la actividad física sobre la logística de la rutina”.

Es de gran valor para la justificación del proyecto tomar en cuenta además cómo las dinámicas sociales han demostrado que, en muchos casos, los usuarios obtienen mejores resultados en sus metas de pérdida de peso cuando llevan a cabo sus rutinas de ejercicio en casa de manera individual, versus los usuarios que lo hacen en forma grupal (Jakicic, Winters, Lang, 1999).

Adicionalmente, se ha demostrado que las personas que hacen ejercicio en el ambiente del hogar (o del trabajo) tienen mayor facilidad a la adherencia de sus metas de actividad física a corto y largo plazo (Perri, Martin, Leermakers, Sears, Notelovitz, 1997).

Diversos estudios hallaron una asociación entre la proximidad de las instalaciones deportivas de la comunidad y la frecuencia del ejercicio; aquellos individuos con una mayor densidad de instalaciones en las cercanías de su hogar tenían más probabilidades de reportar actividad física tres veces por semana. Si la conveniencia de las instalaciones se correlaciona con el comportamiento del ejercicio, es posible que tener equipos de ejercicio disponibles en el hogar también se correlacione (Jakicic, Wing, Butler, Jeffery, 1997).

Esto deja en evidencia como “los usuarios se enfocan en experiencias integradas diseñadas para ayudarnos a cumplir con tareas que son relevantes para ellos, por lo que sus deseos están orientados en productos con los cuales puedan trabajar y les ayude a crear experiencias únicas, modeladas a las preferencias de sus objetivos y características personales, por lo que en el uso cotidiano se forja una relación personal con los productos, sus aplicaciones y con los sistemas con que interactúan” (Araya, 2019, p. 1). La importancia detrás de la resolución de este problema se basa en diversos aspectos; por ejemplo, se busca reducir la deserción en la actividad física y optimizar su realización por medio de un diseño atractivo y adecuado para la experiencia de usuario. Se busca abarcar aspectos como la ambientación del espacio, interfaces visuales atractivas, retroalimentación de ejecución, liberación de tareas y estética llamativa de los productos.

Por el lado de investigación, se pudo además definir cuáles eran los requerimientos con los cuales el sistema debía cumplir, a saber: autonomía, *output* dinámico de datos, versatilidad del ejercicio, optimización del espacio, estructura resistente, alta calidad percibida, carácter lúdico y fácil montaje.

## Metodología

### Definiendo la funcionalidad

#### Funciones

Luego de definir la población y el entorno de enfoque, se determinaron las funciones, tanto prácticas (referentes a toda aquella acción que realiza el producto de manera mecánica) como inteligentes; así mismo, se identificaron las funciones estéticas que le aportan el aspecto perceptual al producto.

#### Tecnología

Una vez establecidas las funciones, se procede a determinar la tecnología empleada. En cuanto a las inteligentes, se definen los componentes idóneos para llevar a cabo las acciones indicadas. Además, se analiza la tecnología necesaria para proporcionar la interacción con el usuario y el entorno, y los procesos y componentes requeridos para la fabricación del producto.

#### Producto como sistema

En esta sección, se realiza una tabla donde se visualizan los componentes y la relación que existe entre ellos para determinar el sistema a nivel electrónico. Además, con un árbol de sistemas y subsistemas, se descompone el producto desde lo general hasta lo específico, determinando así cada parte o pieza y el subsistema al que pertenece.

#### Definiendo la forma

#### Perceptibilidad

Con el concepto previamente definido, se procede a realizar un análisis con el cual se espera definir, o tener un primer acercamiento, el aspecto estético del producto. Para llevarlo a cabo, se propone un eje semántico con dos pares de adjetivos antónimos entre sí, así como otros cuatro para reforzar el análisis. Con esto se pretende recolectar un lenguaje visual que servirá de referencia para la topología, cromática, textura y otros aspectos perceptuales del producto.

#### Exploración de soluciones

Se proponen cuatro alternativas de diseño a través de bocetos de alta fidelidad, congruentes con el concepto definido. Para cada una se consideraron los sistemas, subsistemas y partes definidas con anterioridad; también las funciones inteligentes y prácticas. En las propuestas se evidencia la proporción objeto-usuario y objeto-entorno, así como las interfaces y modo de uso. Además, es conveniente detallar todo aspecto que se considere necesario para una explicación amplia de cada una de las propuestas.

#### Selección de la propuesta de diseño

Considerando todas las opciones del sistema propuestas en la sección anterior, se procede a seleccionar una propuesta definitiva con la cual se trabajará el resto del proceso proyectual (esta queda sujeta a cambios provenientes de las próximas etapas). Es necesario definir criterios de evaluación; en este caso, se definieron ocho: seis cuantitativos y dos cualitativos; a cada uno se le asignó

un cuantificador y un nivel de relevancia. Con esto se estructuró una tabla para lograr obtener un ponderado y con la calificación más alta tomar una decisión objetiva.

#### Definiendo la manufactura

##### Detallado del diseño

En esta etapa se diseña detalladamente la arquitectura de los productos que conforman el sistema, así como los subsistemas, partes y piezas correspondientes a cada uno de ellos. Así mismo, se diseña la relación que poseen y todo el proceso de interacción; este último se efectúa tomando un caso de uso como parámetro para construir la interacción completa del usuario con el sistema.

##### Documentación técnica

Seguidamente, se seleccionan los materiales a utilizar y se desarrolla el detallado de los planos técnicos de cada componente del sistema y sus piezas. Además, se eligen los componentes normalizados y estandarizados: tornillos, perfiles, barras, tubos y demás componentes necesarios. Por otro lado, se plantean los diagramas electrónicos y el código de programación necesario para ejecutar todas las funciones inteligentes.

##### Materialización

En esta sección se determinan los tipos de uniones presentes en cada uno de los objetos. También se justifica el enfoque de fabricación que tendrá el producto, que puede ser en serie o personalizado; es necesario definir el proceso de manufactura de cada pieza y el proceso de ensamble y montaje final de los productos. Todo lo anterior se estructuró un cuaderno técnico con todos los lineamientos y pasos necesarios para la construcción del producto a nivel industrial.

##### Prototipo funcional

Esta es una de las últimas etapas del proceso, en la cual se consideran todas las anteriores y la información obtenida para construir un prototipo funcional lo más cercano al producto final. La finalidad de este es proporcionar un acercamiento tangible sobre el cual llevar a cabo las pruebas pertinentes de funcionalidad, usabilidad y perceptibilidad, con las cuales se determinan todos los ajustes y mejoras a ser aplicados en el producto final.

##### Validando el resultado

Se realizaron diversas pruebas a lo largo de todo el proceso, tales como entrevistas, cuestionarios y uso de prototipos, con las cuales se validaron aspectos de interés específicos. Finalmente, una vez construido el prototipo, este se sometió a una última validación general para determinar su éxito según el criterio de los usuarios. Esto se debe a que, en última instancia, se está diseñando una experiencia centrada en el usuario (conocido en inglés como *Human Centered Design*).

## Análisis de resultados

Al abordar las funciones que el producto debía desarrollar, se pensó en las responsabilidades que recaen en el usuario al no contar con las facilidades que ofrece un establecimiento especializado en ejercicio: entrenador personal, máquinas especializadas, rutina personalizada, entre otras. Se determinó que el sistema debía recopilar datos, brindar retroalimentación ante los estímulos del usuario, mostrar los datos recolectados, contar con un encendido y apagado inteligente, posibilitar un montaje sencillo y permitir la reproducción de música. Asimismo, ambos productos debían estar conectados entre sí. Estas funciones contribuyen a la liberación de tareas del usuario, permitiéndole concentrarse en el ejercicio en vez de la logística de la actividad.

Al definir las acciones que el producto debía cumplir, se establecieron también los parámetros que rigieron el desarrollo del resto del proyecto. Se definió el concepto “focalización dinámica” (ver figura 1), puesto que permitía sentar las bases de una solución coherente con el problema identificado.



Figura 1. Infográfico de concepto "focalización dinámica".  
Fuente: Elaboración propia.

Para materializar las funciones que el producto debía cumplir, se jerarquizaron los requerimientos y se generó una parametrización de cada uno según su importancia. Los componentes electrónicos empleados para el correcto desarrollo de cada una de las funciones se caracterizan por ser de baja complejidad.

Abarcar la gama de ejercicios deseada fue posible al dividir cada ejercicio según el tipo de acción principal: empujar o jalar. Se definió que para los ejercicios de empuje (sentadillas, flexiones) y los abdominales lo más adecuado era una superficie en el suelo; para los ejercicios caracterizados por jalar (dominadas con todas sus variantes) era preferible una barra.

Una vez definidos los ejercicios que cada producto iba a ejecutar, se detallaron los parámetros perceptuales que permiten que el sistema se entienda como un objeto simple y tecnológico. Las esquinas redondeadas, la predominancia de colores mate, el contraste entre un tono vivo y el color neutro, así como la luz

como agente retroalimentador formaron la base perceptual que se concretaría en la búsqueda de soluciones de la siguiente sección.

Se propusieron ocho alternativas de diseño para cumplir con las necesidades propuestas y mantener coherencia con los parámetros perceptuales definidos. Cada propuesta fue evaluada por medio de una matriz de toma de decisiones; los criterios de selección fueron aspectos indispensables en los diseños y la calificación obtenida en el nivel de cumplimiento para dicho criterio. Las dos propuestas con la mayor puntuación fueron seleccionadas.

Luego de depurar ambas propuestas seleccionadas, tanto funcionalmente como estéticamente, se concretaron las dos soluciones finales: el *mat* M01 y la barra B01, formando el sistema BRIO (ver figura 2).

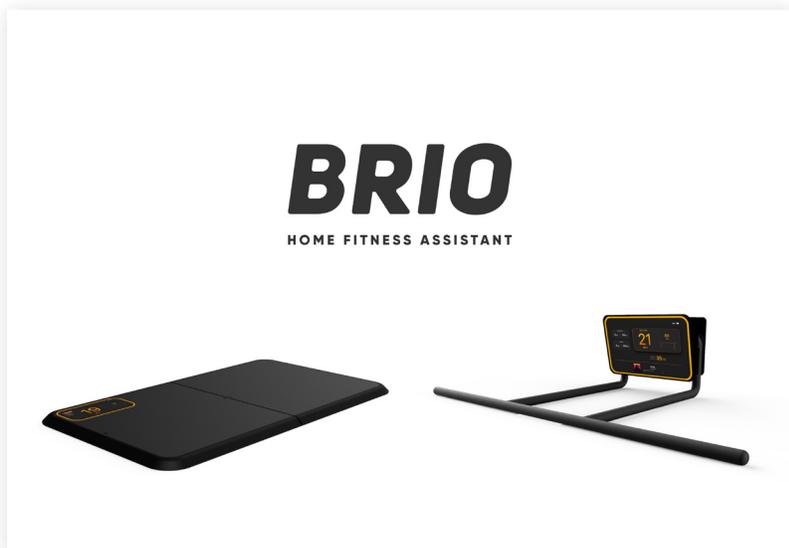


Figura 2. Sistema inteligente BRIO  
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se diseñaron las diferentes partes estructurales de cada producto, se definió la relación de sus diferentes componentes y cómo estos irían ensamblados respectivamente (ver figura 3); destaca la implementación de un sistema de vibración (M01), la presencia de un display en cada uno de los productos, el uso de sensores de proximidad para recolectar los datos y la interconectividad que existe entre ambos dispositivos.

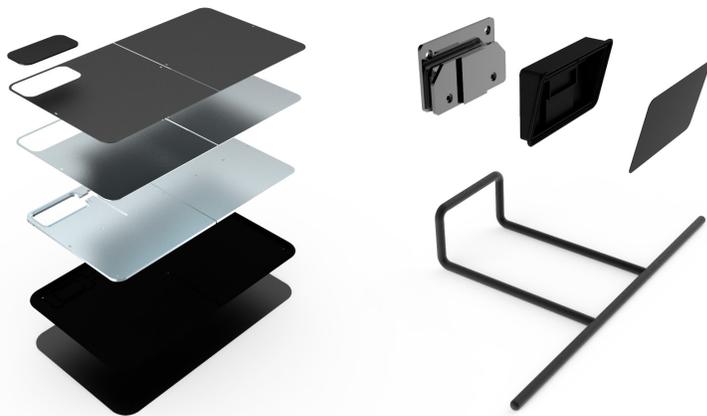


Figura 3. Vista explosionada de partes principales del sistema  
Fuente: Elaboración propia.

Una vez concretado el sistema BRIO, se evaluó la usabilidad, funcionalidad y perceptibilidad a través de una validación con potenciales usuarios. Para probar el cumplimiento positivo del sistema en cada uno de estos rubros se emplearon las técnicas de *focus group*, observación y cuestionario, respectivamente. Los resultados de dichas pruebas mostraron el agrado de los usuarios por la interacción con el producto, el fácil entendimiento de los comandos de voz e información desplegada en las pantallas, el mecanismo sencillo de desmontaje y almacenaje, así como la identificación acertada de la función del producto según su estética. Sin embargo, factores como la dependencia de la interconectividad, falta de personalización, obstaculización de la intuitividad y ausencia de instrucciones afectaron el rendimiento del producto durante la experiencia.

## Conclusiones

Es válido decir que el tipo de interacción propuesto (por comando de voz) es el óptimo, debido a que los usuarios se encuentran en contacto con líquidos como el sudor y el agua y, a su vez, mantienen las manos ocupadas durante la actividad física. Ante el deseo de mayor control y personalización del sistema, sería recomendable la implementación de una aplicación para acompañar a los comandos de voz ya existentes, brindando una mayor versatilidad en el control del sistema y adicionando la interacción táctil deseada por algunos usuarios.

Por otra parte, a pesar de que la complejidad de interacción es leve, la curva de aprendizaje inicial no puede ser superada sin la presencia de instrucciones. Los pasos a seguir para el uso adecuado del producto deben ser comunicados con anterioridad por medio de un manual.

Asimismo, la superficie antideslizante es un requisito vital para la seguridad del usuario y un buen desempeño durante el ejercicio. Durante la validación de las funciones por medio del prototipo no se utilizó el material adecuado, lo que dejó en evidencia la importancia de este. El recubrimiento de neopreno es una parte fundamental que no se puede obviar.

Con respecto a la perceptibilidad, la estética del producto permite que el

sistema se entienda como un asistente de ejercicio sin saber con antelación su propósito. Los usuarios desean tener cierto grado de personalización estética, por lo que sería recomendable añadir la opción del control de los colores o de la diagramación de la información de las pantallas desde la aplicación antes mencionada.

## Referencias

- Araya, L. (2019). *Diseño de un sistema de objetos inteligentes*. Recuperado de [https://tecdigital.tec.ac.cr/dotlrn/classes/DI/ID3111/S-1-2019.CA.ID3111.1/file-storage/view/Proyectos%2FResumen\\_Proyecto\\_Disen%CC%83o\\_5.pdf](https://tecdigital.tec.ac.cr/dotlrn/classes/DI/ID3111/S-1-2019.CA.ID3111.1/file-storage/view/Proyectos%2FResumen_Proyecto_Disen%CC%83o_5.pdf)
- Jakicic, J. M., Wing, R. R., Butler, B. A. & Jeffery, R. W. (1997). The Relationship between Presence of Exercise Equipment in the Home and Physical Activity Level. *American Journal of Health Promotion*, 11(5), 363-365. Recuperado de <https://journals.sagepub.com/doi/10.4278/0890-1171-11.5.363>
- Jakicic, J.M., Winters, C., Lang, W. & Wing, R.R. (1999). *Effects of Intermittent Exercise and Use of Home Exercise Equipment on Adherence, Weight Loss, and Fitness in Overweight Women: A Randomized Trial*. Recuperado de <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/192033>
- Perri, M., Martin, A., Leermakers, E., Sears, S. & Notelovitz, M. (1997). Effects of group-versus home-based exercise in the treatment of obesity. *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 65(2):278-85. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/14128556\\_Effects\\_of\\_group-versus\\_home-based\\_exercise\\_in\\_the\\_treatment\\_of\\_obesity](https://www.researchgate.net/publication/14128556_Effects_of_group-versus_home-based_exercise_in_the_treatment_of_obesity)