

03-011

## Design of outdoor exercise machines with biomimetic inspiration

D. Parras; F. Cavas; S. Pérez; F.J.F. Cañavate; D.G. Fernández-Pacheco

Universidad Politécnica de Cartagena;

The current social model produces in parallel both an increase of the sedentarism of the population and an impoverishment of their diet. These two phenomena are the main reason of a gradual increase in the number of overweight and obese people in developed countries during recent years. At present, there are two types of outdoor exercise facilities: geriatric parks or biohealthy circuits, with devices that offer very low resistance to movement; and outdoor facilities oriented to calisthenics exercises, where multi-articular exercises can be performed with a high level of exigency. Therefore, there is no type of intermediate facilities intended for a more active public without the need for a great physical condition. This communication presents the design of three devices intended for outdoor exercise where the load is proportional to the user's weight. In addition, and with the aim of adapting this type of machinery to the environment where they will be used, the design has been inspired by elements of nature, reducing the visual impact of structures and improving their aesthetic appearance.

**Keywords:** 3D modelling; healthy product; user-oriented design; biomimicry

## Diseño de máquinas para hacer ejercicio al aire libre con inspiración biomimética

El modelo social actual produce de forma paralela tanto un aumento en el sedentarismo de la población como un empobrecimiento de su dieta. Estos dos fenómenos son la principal causa de que, en los últimos años, se esté produciendo un aumento paulatino de personas con sobrepeso y obesidad en los países desarrollados. En la actualidad, existen dos tipos de instalaciones para hacer ejercicio al aire libre: los parques geriátricos o circuitos biosaludables, con aparatos que ofrecen una resistencia muy baja al movimiento; y las instalaciones al aire libre orientadas a ejercicios de calistenia, donde se pueden realizar ejercicios multiarticulares con un nivel de exigencia bastante elevado. Por lo tanto, no existe un tipo de instalaciones intermedias destinadas a un público más activo sin necesidad de que tengan una gran condición física. En esta comunicación se presenta el diseño de tres aparatos destinados a hacer ejercicio al aire libre donde la carga es proporcional al peso del usuario. Además, con el fin de adaptar este tipo de maquinaria al entorno donde van a ser utilizados, el diseño se ha inspirado en elementos de la naturaleza, reduciendo de esta forma el impacto visual de las estructuras y mejorando su apariencia estética.

**Palabras clave:** Modelado 3D; producto saludable; diseño orientado al usuario; biomimesis

Correspondencia: Francisco Cavas Martínez francisco.cavas@upct.es



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## 1. Introducción

El modelo social que se ha instaurado en los últimos años en los países más desarrollados se caracteriza por un sistema más acomodado, donde hay grandes niveles de automatización en los procesos reduciendo el esfuerzo físico de los operarios, con horarios de trabajo que impiden la preparación de comidas más elaboradas y saludables, y donde la evolución de la tecnología en el entretenimiento tiende a ser más estática y sedentaria. Todas estas razones están provocando un aumento del sedentarismo de la población, un empobrecimiento de su dieta y un aumento paulatino de las personas con sobrepeso y obesidad.

Según el INE (Instituto Nacional de Estadística), y comparando los datos con la primera Encuesta Nacional de Salud realizada en 1987, la obesidad va en aumento tanto para hombres como para mujeres: de cada 100 adultos de 18 años o más en España, 17 padecen obesidad y 37 presentan sobrepeso. Además del problema de salud pública que supone la obesidad, se suman las patologías derivadas y los numerosos gastos médicos que éstos conllevan. Para luchar en contra de esta tendencia, uno de los mejores aliados es la práctica de ejercicio físico (Fontana Estevez et al., 2014).

Los parques geriátricos o también llamados circuitos biosaludables son espacios verdes, ubicados en las ciudades, compuestos por diferentes equipos y que se emplean para ejercitarse. Además, aportan una nueva filosofía de vida para las personas mayores, permitiéndoles disfrutar de su tiempo de ocio con salud. Están diseñados para la práctica de ejercicio físico de adultos a partir de 40 años y son especialmente recomendables para mayores de 60 años porque les permite mejorar la movilidad, aumentar la flexibilidad y tonificar la musculación de todo el cuerpo.

Por otro lado, se encuentran los gimnasios urbanos orientados a ejercicios de calistenia. La calistenia se basa en un conjunto de ejercicios que centran su interés en los movimientos de grupos musculares, más que en la potencia y el esfuerzo, con el objetivo último de desarrollar la agilidad, la fuerza física y la flexibilidad. Estos gimnasios consisten en estructuras fijas que sirven de apoyo para la realización de estos ejercicios, como son las barras de dominadas, barras paralelas y espalderas. Sin embargo, los ejercicios de calistenia requieren una condición física alta, por lo que el público que puede beneficiarse de estas instalaciones es reducido.

Teniendo en cuenta lo anterior, se llega a la conclusión de que no existe un tipo de instalaciones intermedias destinadas a un público más activo sin necesidad de que tengan una gran condición física. En esta comunicación se lleva a cabo el diseño de tres máquinas destinadas a hacer ejercicio al aire libre donde la carga es proporcional al peso del usuario.

## 2. La biomimética en el diseño de productos

Biomímesis (de bio, vida y mimesis, imitar), también conocida como biomimética o biomimetismo, es la ciencia que estudia a la naturaleza como fuente de inspiración para resolver aquellos problemas humanos que la naturaleza ha resuelto, mediante elementos que imitan o se inspiran en ella (Rinaldi, 2007). Bar-Cohen (2005, 2006) nos ofrece una visión de algunas áreas que han utilizado la naturaleza para inspirarse y presenta una perspectiva de su desarrollo potencial. Lepora et al. (2013) presentan un estudio donde analizan el estado del arte de esta disciplina y transmiten la idea de que la biomimética se

está convirtiéndose en un paradigma dominante para la robótica, la ciencia de los materiales y otras disciplinas tecnológicas, con un impacto social y económico sobre esta década y en el futuro.

Cuando se habla de la aplicación biomimética en el diseño, Benyus divide el biomimetismo en tres niveles (Fig. 1); un primer nivel reductivo o superficial, que consiste en una imitación de la forma natural; un segundo nivel, que consiste en la imitación de un proceso natural, un poco más profundo que el anterior y que resulta más sostenible porque los procesos naturales no dañan la naturaleza; y un tercer nivel, que imita a los ecosistemas naturales y se clasifica como biomimetismo profundo o integral (Benyus, 1997; Volstad y Boks, 2008).

**Figura 1: Esquema de la biomimética.**



Hoy en día, se debe lograr el equilibrio entre tecnología y estética en la primera etapa de concepción del producto logrando que el objeto, además de ser funcional, sea agradable a la vista (Gay y Samar, 2004). Los seres humanos asignamos cualidades estéticas a lo que nos provoca sensación de eficacia. La naturaleza está llena de formas y geometrías óptimas, por lo que la biomimética puede ser eficiente en términos estéticos. La biomimética es la ciencia que se inspira en la naturaleza para la resolución de un problema, pero también puede ser una actitud o una forma de pensar como puede serlo la creatividad. Aunque la transferencia de soluciones entre la naturaleza y la tecnología tiene sus limitaciones, la exploración y las posibilidades de la biomimética son prácticamente ilimitadas (Soroa, 2008) McDonald (2001) nos introduce el concepto de “inteligencia estética”, el cual nos dice que lo poseemos de forma innata, y a veces, inconsciente. Es una capacidad para percibir una amplia gama de calidades de productos que dan forma a nuestra respuesta a ellos. El autor propone un proceso de diseño para los sentidos como un medio para proporcionar productos con los que los clientes pueden sentir un mayor grado de empatía.

El objetivo de esta comunicación es el diseño de varias máquinas para hacer ejercicio al aire libre, funcionales y estéticamente atractivas, fomentando así hábitos saludables entre la población. Con el fin de adaptar este tipo de maquinaria al entorno donde van a ser utilizados, el diseño se ha inspirado en elementos de la naturaleza, reduciendo de esta forma el impacto visual de las estructuras y mejorando su apariencia estética.

### **3. Metodología**

#### **2.1. Requisitos de diseño**

En general, las máquinas que se pueden encontrar para hacer ejercicio al aire libre están desarrolladas bajo un mismo patrón. Se basan en un chasis o tubo central que sirve de fijación de todos los demás elementos. Algunas incluso son idénticas pero fabricadas y/o distribuidas por distintas empresas. En otras, las diferencias se basan en detalles en la geometría de la máquina, como la forma del mango, la curvatura del tubo central, la forma de los reposapiés o las uniones entre las piezas. El mecanismo de funcionamiento es también similar en todos los diseños: está basado en la unión articulada de una serie de piezas o conjuntos soldados, cuya geometría es la que determina la fuerza motora que debe hacer el usuario para vencer la fuerza resistente, que generalmente es proporcional al peso del usuario.

Se puede observar que existe una alta competencia en este sector debido a la gran cantidad de fabricantes de este tipo de máquinas. No obstante, se pretende que las innovaciones incorporadas a los diseños que se proponen marquen una diferencia con respecto a lo ya existente en el mercado, al estar orientadas a otra clase de usuarios y ofrecer una mejor adaptación al medio donde son instalados.

Las máquinas propuestas se centran sólo en ejercicios multiarticulares, beneficiosos para el correcto funcionamiento motor del cuerpo humano de forma natural. Algunos de estos ejercicios son:

- Empujar una carga horizontal o por encima de la cabeza.
- Tirar de una carga con objetivo de arrastrarla.
- Saltar o agacharse mediante flexión y extensión de las piernas.

Además, se abordan otros requisitos basados en conceptos biomiméticos, tales como:

- Empleo de formas y colores adaptados al entorno donde serán instalados mediante la adhesión al mecanismo de paneles de materiales resistentes a las condiciones externas. Con esto se conseguirá una considerable mejora estética con respecto a las máquinas que hay actualmente en el mercado.
- Diseño modular y de fácil montaje y desmontaje de los elementos de la máquina con el fin de facilitar la sustitución de pequeñas partes de la máquina en lugar de su totalidad.
- Diseño duradero que garantice la seguridad estructural y minimice el mantenimiento de las máquinas.
- Empleo de materiales reciclados siempre que sea posible, contribuyendo a que sea un proyecto sostenible con el medio ambiente.

#### **2.2. Normas de aplicación**

Las normas a aplicar en el diseño de este tipo productos son las siguientes:

- UNE-EN 957. Equipos fijos para entrenamiento (AENOR, 2005).

- UNE-EN 1176 1-6. Equipamiento de las áreas de juego infantil. Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo (AENOR, 1999).
- UNE-EN 1176-7 Guía para la instalación, inspección y mantenimiento de las áreas de juegos infantiles (AENOR, 1999).
- Directiva 2001/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de diciembre de 2001, relativa a la seguridad general de los productos.
- Directiva 85/374/CEE relativa a la responsabilidad por los daños causados por productos defectuosos.

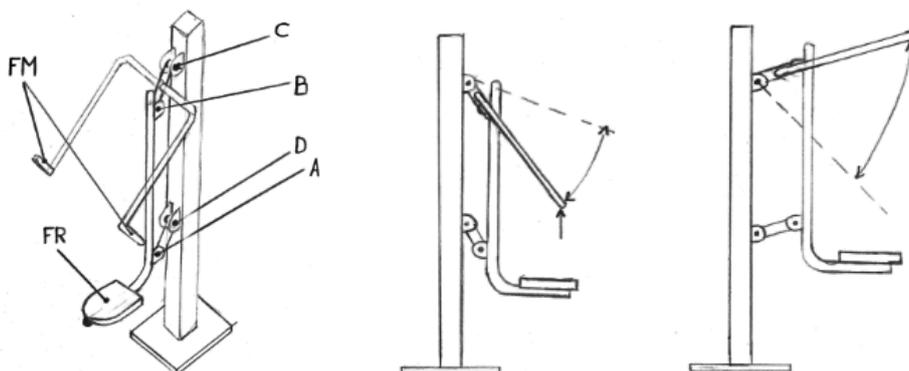
## 2.3. Modelos propuestos

### 2.3.1. Modelo 1

El diseño de la máquina 1 se basa en un cuadrilátero articulado compuesto por cuatro barras donde una de ellas es fija (bastidor). En la figura 2 se pueden observar cuatro elementos claramente diferenciados:

- Bastidor o barra vertical donde apoyan los puntos CD: elemento que fija el mecanismo al suelo.
- Barra curva donde se sitúa el asiento: lugar donde se aplica la fuerza resistente (barra AB).
- Barra que une las articulaciones B y C: lugar donde se aplica la fuerza motora.
- Barra que une las articulaciones A y D: elemento que actúa como transmisor de movimiento.

Figura 2: Boceto del modelo 1.



La máquina realiza un movimiento de ascensión de la barra BC mediante la fuerza motora aplicada por el usuario, contrarrestando una fuerza resistente. Este movimiento de elevación de los brazos superando una carga permite trabajar toda la musculatura frontal del tronco como son los hombros, pectorales y brazos, resultando un ejercicio muy completo. No se requiere que la máquina tenga respaldo ya que durante la realización del ejercicio es preferible que se mantenga la tensión de la postura mediante la fuerza de la musculatura del abdomen. Dado que en los ejercicios que implican directamente al hombro no se aconseja

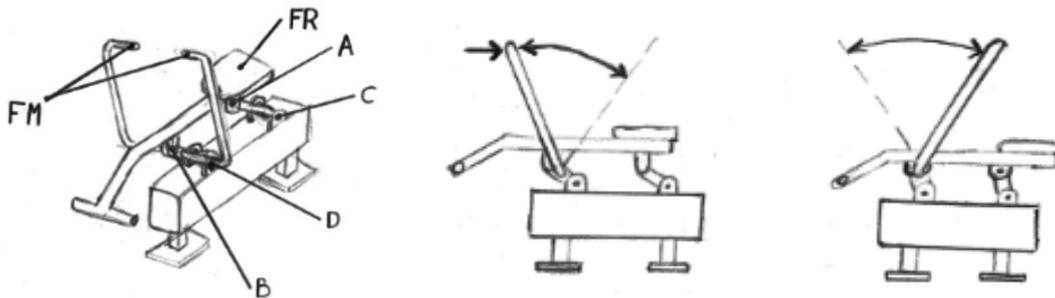
que la carga sea demasiado elevada, se establecerá un rango de factores de carga entre el 15 y el 25%, siendo el factor de carga la relación entre la fuerza motora y la fuerza resistente.

### 2.3.2. Modelo 2

El diseño de la máquina 2 se basa en un sistema de cuatro barras. En este caso la barra que actúa como bastidor se encuentra en posición horizontal con respecto al suelo, pero el principio de funcionamiento es similar al modelo 1, cambiando la geometría del diseño para adaptarlo al movimiento deseado. Se pueden observar también cuatro elementos diferenciados:

- Bastidor: barra horizontal donde apoyan los puntos CD.
- Barra curva donde se sitúa el asiento y los reposapiés: es la barra donde se aplica la fuerza resistente (barra AB).
- Barra que une las articulaciones B y C con extensiones donde se aplicará la fuerza motora (barra BC).
- Barra que une las articulaciones A y D: sólo actúa como transmisor de movimiento.

Figura 3: Boceto del modelo 2.



La máquina realiza un movimiento de traslación de la barra BD mediante la fuerza motora aplicada por el usuario, tal como se indica en la figura 3. Este movimiento de flexión de los brazos y contracción escapular superando una carga permite trabajar toda la musculatura posterior del tronco como son los hombros, espalda y brazos, resultando un ejercicio muy completo. No se requiere que la máquina tenga respaldo ya que durante la realización del ejercicio es preferible que se mantenga la tensión de la postura mediante la fuerza de la musculatura del abdomen. Debido a que en este ejercicio se implican en gran medida los músculos de la espalda, el factor de carga adecuado para esta máquina deberá ser mayor que para la máquina 1. Se establece como rango de valores aceptables para esta máquina, entre el 30-40%.

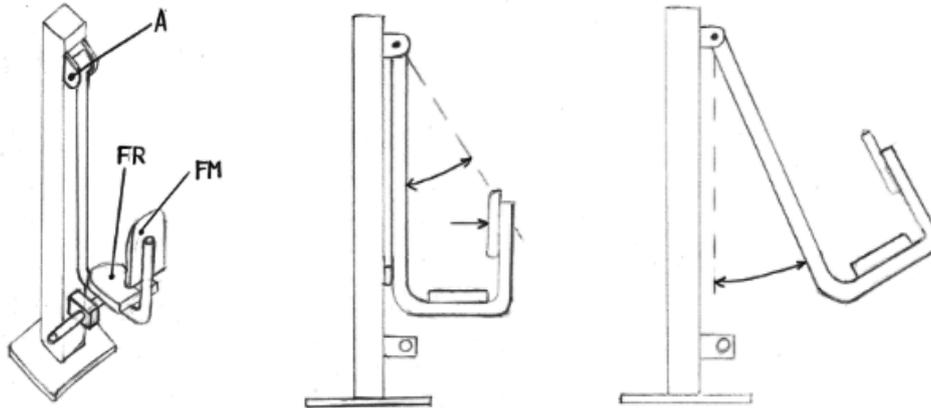
### 2.3.3. Modelo 3

El diseño de la máquina 3 se asemeja al de un columpio, con una única articulación fija al bastidor que permite un movimiento de balanceo. Se pueden observar dos elementos diferenciados.

- Bastidor o barra vertical donde apoya la articulación A y donde se sitúan los reposapiés.

- Barra curva donde se sitúa el asiento y el respaldo. En esta barra se aplica la fuerza resistente y motora a su vez.

**Figura 4: Boceto del modelo 3.**



La máquina realiza un movimiento de balanceo mediante la fuerza motora aplicada por el usuario, la cual será proporcional al peso del mismo. La fuerza motora resulta de la extensión de las piernas apoyadas en el reposapiés. Este movimiento de extensión de las piernas superando una carga permite trabajar toda la musculatura de los miembros inferiores. Se establece como rango de factor de carga válido el cercano a la unidad; de esta forma se conseguirá que al final del recorrido la fuerza motora sea cercana a la fuerza resistente.

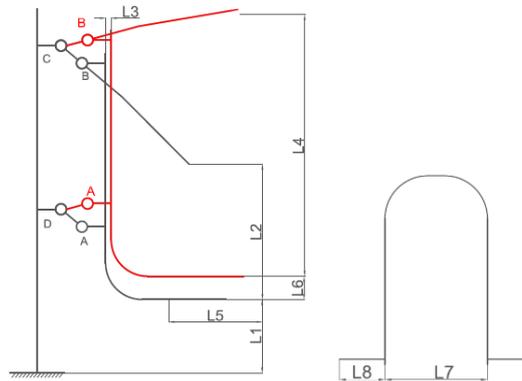
#### **2.4. Estudio antropométrico**

Con el estudio antropométrico se establecen las medidas que aseguran la correcta ergonomía de las máquinas, según las medidas antropométricas de la población laboral española (Benjumea, 2001). El criterio escogido para adecuar las medidas antropométricas a los diseños es el siguiente:

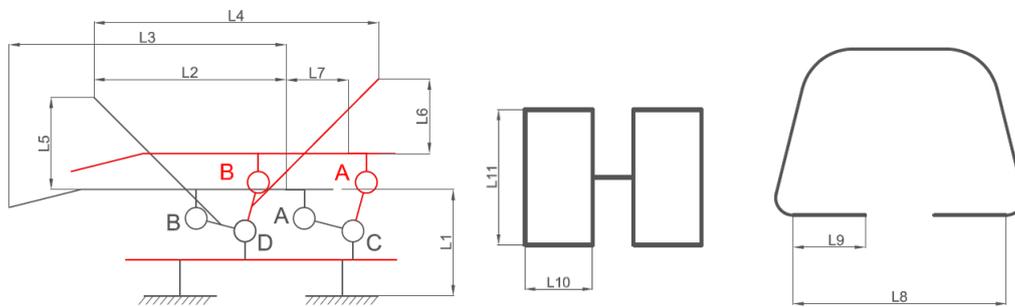
- Determinación de las medidas antropométricas importantes para el diseño de la máquina, en función del movimiento realizado y la posición del usuario en el mismo.
- Relación de las medidas antropométricas seleccionadas con las medidas geométricas de la máquina en cuestión.
- Establecimiento de unos rangos de valores aceptables para las medidas geométricas relacionadas con los datos antropométricos.

En las figuras 5-7 se representan esquemas de cada uno de los modelos. Acotadas sobre estos dibujos se encuentran las medidas en base a las cuales se ha establecido la geometría principal del modelo. En gris se representa la posición inicial o de reposo de la máquina, mientras que en rojo se representa la posición final de la misma.

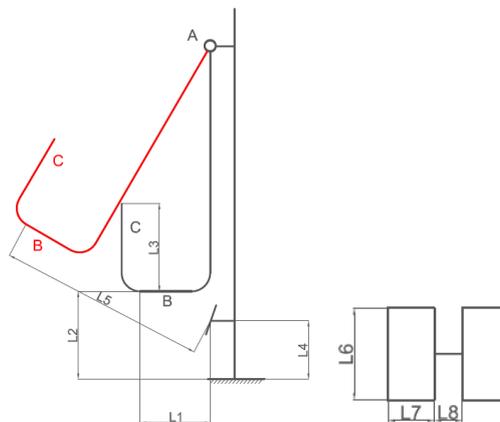
**Figura 5: Esquema del modelo 1.**



**Figura 6: Esquema del modelo 2.**



**Figura 7: Esquema del modelo 3.**



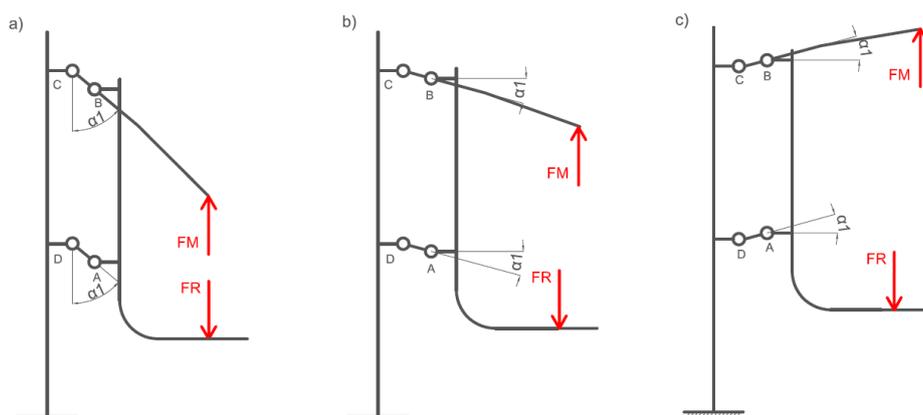
## 2.5. Cálculos de factor de carga

Una de las características principales de estos diseños es que la carga que hay que levantar es proporcional al peso del usuario. La mayor o menor proporción de la fuerza resistente con respecto a este peso dependerá exclusivamente de la geometría de la máquina, es decir, la distancia desde los puntos de aplicación de fuerza hasta los puntos de apoyo que constituyen las articulaciones. Este aspecto hará variar las reacciones en los apoyos de las articulaciones, aumentando o disminuyendo la fuerza motora necesaria para producir el equilibrio estático. El factor de carga deseado será diferente y propio de cada máquina, ya que hay grupos musculares que son capaces de ejercer más fuerza que otros. Se han

establecido unos valores adecuados para el factor de carga de cada máquina en base a los cuales se realizarán los diseños.

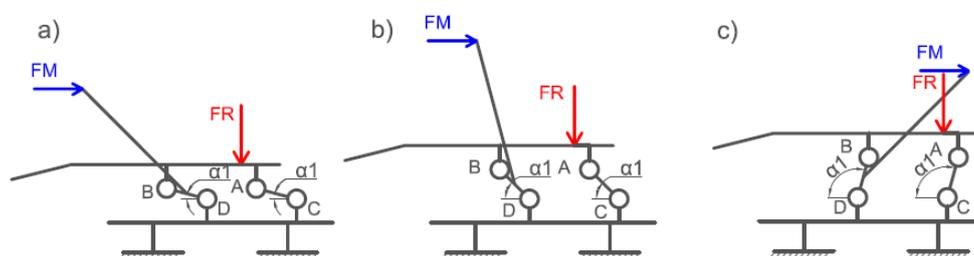
- **Modelo 1:** Tras la realización de los cálculos de este modelo se obtiene un factor de carga en torno al 16% del peso del usuario, lo que significa que un usuario de 70 kg de peso debería aplicar una fuerza motora equivalente a elevar una masa de 11,2 kg, un valor adecuado para un trabajo moderado en ejercicios orientados a la tonificación y fortalecimiento del hombro en series de medias o altas repeticiones.

**Figura 8: Esquema de factores de carga del modelo 1.**



- **Modelo 2:** Tras la realización de los cálculos de este modelo se obtiene un factor de carga inicial del 31% del peso del usuario. Esto quiere decir que un usuario de 70 kg de peso debería aplicar una fuerza motora equivalente a elevar una masa de 21,7 kg, disminuyendo progresivamente durante el recorrido. Este factor de carga es adecuado para el ejercicio propuesto sobre todo en series de altas repeticiones orientados a la tonificación y fortalecimiento de brazos y espalda. El arco formado por la barra donde se aplica la fuerza motora garantiza el correcto recorrido para la realización del ejercicio, manteniendo una posición cómoda del usuario durante todo el ejercicio.

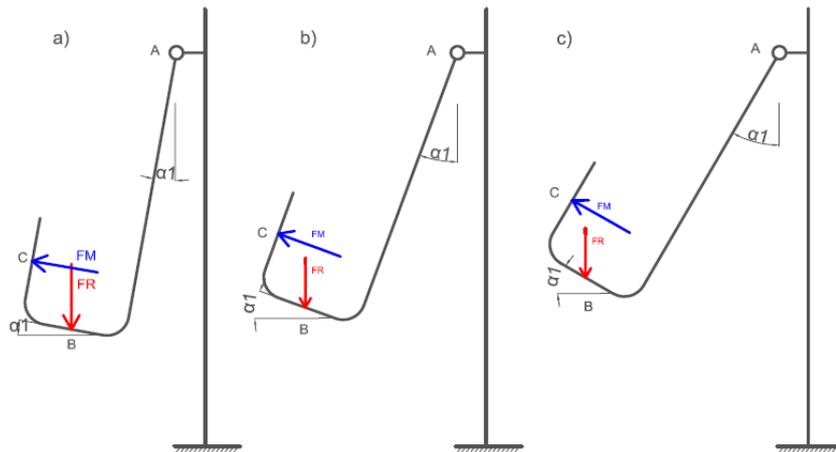
**Figura 9: Esquema de factores de carga del modelo 2.**



- **Modelo 3:** Tras la realización de los cálculos de este modelo se llega a la conclusión de que en la posición de reposo el factor de carga es nulo debido a la que la máquina se encuentra en equilibrio estático. Sin embargo, a medida que aumenta el ángulo de inclinación de la barra aumenta el factor de carga y, por lo tanto, la fuerza a aplicar para mantener esa posición. El factor de carga cuando la inclinación es de  $20^\circ$  es del

64%. Esto quiere decir que un usuario de 70 kg de peso, debería vencer con la fuerza de sus piernas una fuerza equivalente a elevar una carga de 44,8 kg, la cual aumentará a medida que aumente el ángulo de inclinación. Este factor de carga es adecuado para el ejercicio propuesto, permitiendo un trabajo isométrico en distintas posiciones, pliométrico y móvil a altas repeticiones para fortalecer y tonificar la musculatura de las piernas.

**Figura 10: Esquema de factores de carga del modelo 3.**



## 2.6. Cobertores biomiméticos

La inspiración en formas de la naturaleza para el diseño de productos no es nueva, existen muchos diseñadores que ya utilizan estos recursos, desde un punto de vista formal, como modelo para sus diseños. Tavsan et al. (2015) presentan este método, concretamente en diseño de mobiliario, consiguiendo objetos atractivos y emocionantes. Otro ejemplo de aplicación de formas bioinspiradas se encuentra en el diseño de asientos en parques de ciudad, donde se ha buscado que las formas estén integradas en el paisaje con un diseño innovador, utilizando la flor del lirio como elemento impulsor de la forma de estos asientos (Ding et al., 2011).

Según explica Donald Norman en su libro *El diseño emocional. Por qué nos gustan (o no) los objetos cotidianos* (2004) hay tres componentes que hay que destacar en el diseño de productos: la usabilidad o la ausencia de ella, la estética y la utilidad práctica. El diseñador debe considerar varios aspectos en la creación de productos: la elección del material, el método de fabricación, el lanzamiento al mercado, el coste y la utilidad práctica. Pero hay que considerar un aspecto igualmente importante y casi decisivo, como es el componente emocional de los productos.

La naturaleza puede ser una fuente inagotable de ideas para aplicarlas en diseño de producto. Cuando un producto cumple su función y queremos que con la forma obtenga un valor añadido se deben utilizar formas que provoquen sensaciones que emocionen, una posibilidad puede ser inspirarse en las formas de la naturaleza.

Las máquinas para hacer ejercicio al aire libre suelen tener un aspecto robusto y neutro, debido a lo cual en esta comunicación se ha querido desarrollar, además del aspecto funcional del producto, su lado más estético y emocional. Se han diseñado unos cobertores con formas de la naturaleza, que pueden ser intercambiables según la temática que se requiera. De igual forma, se han tenido en cuenta los colores de cada componente y su conjunto para obtener un producto atractivo e innovador.

Además, teniendo en cuenta la parte más sostenible del producto, los paneles cobertores de las máquinas se fabricarían en plastimadera, material fabricado a partir de polietileno reciclado. Este material se caracteriza por tener las siguientes propiedades:

- Buenas propiedades mecánicas.
- Ecológico y rentable.
- Mínimo Mantenimiento.
- Duradero y resistente a factores atmosféricos.
- Color integrado.
- No absorbe contaminantes ni hongos.

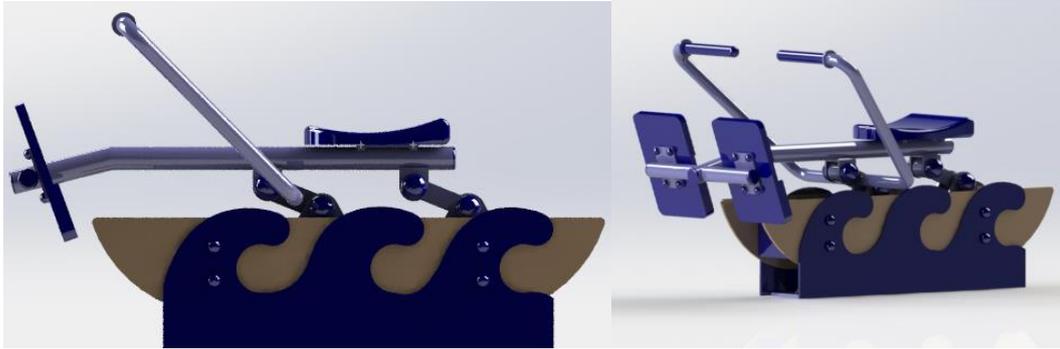
### 3. Resultados

En las figuras 11-13 se muestran los diseños finales modelados con el programa de diseño asistido por ordenador SolidWorks. En estos modelos, la parte mecánica tiene un diseño sencillo y funcional respetando las pautas establecidas en los bocetos previos. En cuanto a la parte estética, se ha adaptado el diseño a un entorno de playa, integrándolo con los colores y los elementos que lo rodean con unos cobertores intercambiables.

**Figura 11: Diseño final modelo 1.**



**Figura 12: Diseño final modelo 2.**



**Figura 13: Diseño final modelo 3.**



#### **4. Conclusiones**

El estilo de vida que se ha ido imponiendo en la sociedad ha favorecido un incremento del sobrepeso de la población debido, sobre todo, al aumento del sedentarismo y una deficiencia en la dieta. Una gran parte de esta población ha encontrado un aliado en la actividad física y el culto al cuerpo para intentar huir de esta realidad. De esta forma, se ha visto incrementada la cantidad de personas que practica deporte, ya sea al aire libre o en instalaciones privadas. Por este motivo, se ha producido una creciente demanda por parte de personas de todas las edades de instalaciones deportivas que den apoyo a la cada vez más generalizada intención de adquirir unos hábitos saludables.

En esta comunicación se ha presentado el diseño de unas máquinas que permitan, a personas con una condición física moderada, ejercitarse disfrutando de la realización del deporte al aire libre y de un entorno natural. Se han diseñado tres modelos de máquinas

para hacer ejercicio al aire libre que cubren unos ejercicios generales que permiten fortalecer y tonificar todo el cuerpo. En los diseños propuestos se ha conseguido adaptar el factor de carga, según los rangos establecidos en un cálculo previo, a un público más joven y activo. Además, se ha desarrollado un diseño sencillo de los mecanismos garantizando su funcionalidad y durabilidad frente al tiempo, los agentes meteorológicos y posibles actos de vandalismo.

Uno de los rasgos a destacar de estos diseños es su integración con el medio gracias a los paneles de adaptación biomimética. Esto supone la mayor diferencia con respecto a los productos similares del mercado al ofrecer una considerable mejora estética de las máquinas, además de ayudar a introducirlos en el entorno de su instalación. Con esta filosofía de diseño estas máquinas, con solo cambiar los colores y el diseño de los cobertores, se pueden adaptar a muchos otros entornos creando una gran variedad de ambientes. De esta forma, se crea una estética atractiva e innovadora que favorece la relación entre el objeto y el usuario.

## 7. Referencias

- AENOR, (1999). UNE-EN 1176 Equipamiento de las áreas de juego infantil. AENOR, España.
- AENOR, (2005). UNE-EN 957 Equipos fijos para entrenamiento. AENOR, España.
- Bar-Cohen, Y. (2005). Biomimetics: mimicking and inspired-by biology. En *SPIE Smart Structures Conference* (pp. 1-8). San Diego, CA:
- Bar-Cohen, Y. (2006). Biomimetics-using nature to inspire human innovation. *Bioinspiration & Biomimetics*, 1, 1-12.
- Benjumea, A.C. (2001). Datos antropométricos de la población laboral española. *Prevención, trabajo y salud: Revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, 14, 22-30.
- Benyus, J.M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. William Morrow New York.
- Ding, W., Yang, L., & Zhao, Y. (2011). The conception design of flower-shaped seat in park landscape. En *International Conference on Materials and Products Manufacturing Technology, ICMPMT 2011* (pp. 111-114). Chengdu:
- Fontana Estevez, R.J., Grasso, L., & Pinto, M.F. (2014). Beneficios percibidos por adultos mayores que asisten a un programa de actividad física. En *VI Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XXI Jornadas de Investigación Décimo Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR* Facultad de Psicología-Universidad de Buenos Aires.
- Gay, A., & Samar, L. (2004). *El diseño industrial en la historia*. Tec.
- Lepora, N.F., Verschure, P., & Prescott, T.J. (2013). The state of the art in biomimetics. *Bioinspiration & Biomimetics*, 8, 11.
- Macdonald, A.S. (2001). Aesthetic intelligence: Optimizing user-centred design. *J. Eng. Des.*, 12, 37-45.
- Norman, D.A. (2004). *El diseño emocional*. Paidós.
- Rinaldi, A. (2007). Naturally better. *European Molecular Biology Organization*, 8, 995-999.
- Arquitectura biomimética. (2008). Obtenido el 7/01/2016, desde <http://cuantics.blogspot.com.es/2008/07/arquitectura-biomimtica.html>
- Tavsan, F., & Sonmez, E. (2015). Biomimicry in Furniture Design. En *7th World Conference on Educational Sciences* (pp. 2285-2292). Athens, Greece:
- Volstad, N.L., & Boks, C. (2008). Biomimicry—a useful tool for the industrial designer? En *DS 50: Proceedings of NordDesign 2008 Conference* Tallinn, Estonia: