



# **DESARROLLO DE EQUIPAMIENTOS PARA PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS PARA REALIZAR ACTIVIDAD FÍSICA**

**Laura Elizabeth Castro Jiménez**

**Universitaria Agustiniiana  
Bogotá, Colombia**

## **Resumen**

En los últimos años se ha visto el interés de los gobiernos de generar programas con el fin de mejorar la salud física de los ciudadanos, permitiendo que espacios como los gimnasios sean accesibles a todos incluyendo a las personas en condición de discapacidad. Sin embargo, estas soluciones no han logrado cubrir todas las necesidades, de la población, basados en las particularidades a las que se ven sometidos en su rutina, debido a su condición u oficio. Un ejemplo de esto es el caso de las personas en silla de ruedas, las cuales debido a los movimientos repetitivos que deben hacer al desplazarse, ven afectados el rango de movimiento de algunas de sus articulaciones como lo son el hombro y el codo. **Objetivo.** Diseñar equipamientos (ayudas técnicas) para las personas en silla de ruedas que trabaje el fortalecimiento de miembros superiores y/o tronco en un parque de bolsillo de Bogotá. **Metodología.** Estudio de corte cuantitativo, se realizó un análisis biomecánico utilizando el método RULA y el método ErgoDis/IBV. Posteriormente, se utilizó el estándar internacional para el desarrollo de sistemas ISO/IEC/IEEE 29148-2011 (Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering) para el diseño. **Resultados.** Los equipamientos deben tener un enfoque dirigido a ampliar los rangos de movimiento de las articulaciones de hombro y codo, evitando cargas de peso en los ejercicios. El diseño debe ser robusto y resistente y que cumpla con las normativas planteadas para regular la fabricación de gimnasios al aire libre o parques biosaludables en China y en España, sin embargo, han servido de guía para empresas de diferentes países donde no hay una regulación exclusiva para estos casos (GB192722011 y UNE1176-1:2018). Las piezas móviles del sistema deben cumplir el requerimiento de distribución de cargas, con el fin de evitar esfuerzos musculares en los usuarios y evitar los rangos de movimiento enunciados al comienzo de esta sección. Los equipamientos diseñados están en este momento en trámite de registro.

**Palabras clave:** diseños industriales; discapacidad; actividad física

### **Abstract**

*In recent years, governments have shown interest in generating programs in order to improve the physical health of citizens, allowing spaces such as gyms to be accessible to everyone, including people with disabilities. However, these solutions have not been able to cover all the needs of the population, based on the particularities to which they are subjected in their routine, due to their condition or occupation. An example of this is the case of people in a wheelchair, who, due to the repetitive movements that they must make when moving, are affected by the range of motion of some of their joints such as the shoulder and elbow. Objective. Design equipment (technical aids) for people in wheelchairs that work on strengthening upper limbs and / or trunk in a pocket park in Bogotá. Methodology. Quantitative cut study, a biomechanical analysis was performed using the RULA method and the ErgoDis / IBV method. Subsequently, his used the international standard for the development of systems ISO / IEC / IEEE 29148-2011 (Systems and software engineering - Life cycle processes - Requirement's engineering) for the design. Results. The equipment must have a directed approach to expand the ranges of motion of the shoulder and elbow joints, avoiding weight loads in the exercises. The design must be robust and resistant and that it complies with the regulations proposed to regulate the manufacture of outdoor gyms or biosaludable parks in China and Spain, however, they have served as a guide for companies in different countries where there is no exclusive regulation for these cases (GB192722011 and UNE1176-1: 2018). The moving parts of the system must comply with the load distribution requirement, to avoid muscular efforts in the users and avoid the ranges of motion stated at the beginning of this section. The designed equipment is currently in the registration process.*

**Keywords:** industrial designs; disability; physical activity

## **1. Introducción**

De acuerdo con las cifras oficiales en Colombia las personas que sufren alguna condición de discapacidad que afecta el movimiento en el año 2016 es de 145.327 personas, estimándose para la ciudad de Bogotá 60003 personas. En el 2013 se determinó que las discapacidades relacionadas con la movilidad del cuerpo, manos, brazos y piernas fue de 50,3% del total de la población con discapacidad, siendo un número importante de ciudadanos que requieren el desarrollo de espacios inclusivos, por otro lado, las personas que cuentan con algún tipo de discapacidad motora en la ciudad de Bogotá no cuentan con una gran cantidad de alternativas de recreación al aire libre y de libre acceso, a pesar de lo descrito en el artículo 30 de la ley 1346 de 2009 y el artículo 18 de la ley 1616 de 2013, donde se establecen los derechos en el campo de la recreación para las personas en condición de incapacidad.

Uno de los aspectos en los cuales se requiere trabajar en el uso del tiempo libre y la recreación, así como en la realización de actividad física para la salud, es en el diseño y desarrollo de equipamientos específicos para el disfrute del tiempo libre, que atiendan a la normatividad legal



vigente aplicable a Colombia y a la población con discapacidad de tipo física. En este sentido, se ha encontrado en las revisiones bibliográficas previas que para los arquitectos, ingenieros, empresarios y tomadores de decisión, las personas que utilizan sillas de ruedas son población invisible y esto se ve reflejado, en las barreras de acceso que tienen que sortear para ir a diferentes sitios de la ciudad, así como, los parques no están pensados para el disfrute, sino para que puedan ingresar, negándoles la posibilidad de hacer actividad física con equipamientos específicos para sus necesidades funcionales. En otras ciudades a nivel mundial como Nueva York o en Madrid, llama la atención que la arquitectura de la ciudad está pensada para que las personas que se desplazan en sillas de ruedas se puedan mover solos por parques, plazas, montar en bus o en el metro.

De lo anterior, se reconoce como problemática la inexistencia de parques que tengan equipamientos exclusivos para las personas en silla de ruedas, por lo cual surge como pregunta de investigación ¿Cuáles deben ser las características para la fabricación y puesta en marcha de dos equipamientos (ayudas técnicas) para el disfrute del tiempo libre de personas en silla de ruedas que trabaje el fortalecimiento de miembros superiores y/o tronco en un parque de bolsillo en la ciudad de Bogotá?

## **2. Metodología**

Tipo de estudio de corte cuantitativo, de alcance de etapa de diseño industriales. Se utilizó para el análisis ergonómico el Método RULA, el cual fue publicado originalmente en Applied Ergonomics en 1993 (McAtamney, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, 24, 91-99). Donde se evaluó los esfuerzos que deberá estar sometido el aparato musculoesquelético del usuario para que no sufra riesgos en postura, función muscular y las fuerzas que ellos ejercen.

Y se complementó con el método ErgoDis/IBV, método de adaptación ergonómica de puestos de trabajo para personas con discapacidad desarrollado por el Instituto de Biomecánica de Valencia, con la colaboración del Instituto de Migraciones y Servicios Sociales y de la Universidad Politécnica de Valencia, en el marco de un proyecto del Fondo Social Europeo.

El método comienza con la recopilación de la información relacionada con el objetivo del desarrollo de la ayuda técnica y de los sujetos objetivo de la intervención, seguido del tratamiento de los datos analizados y la decisión sobre un determinado caso trabajo-sujeto en función de los resultados obtenidos.

Después de aplicado los métodos de análisis, se contó con las características ergonómicas y biomecánicas que debe tener los dos diseños industriales.



### 3. Resultados

En los últimos años se ha visto el interés de los gobiernos de generar programas con el fin de mejorar la salud física de los ciudadanos, permitiendo que espacios como los gimnasios sean accesibles a todos incluyendo a las personas en condición de discapacidad. Sin embargo, estas soluciones no han logrado cubrir todas las necesidades, de la población, basados en las particularidades a las que se ven sometidos en su rutina, debido a su condición u oficio. Un ejemplo de esto es el caso de las personas en silla de ruedas, las cuales debido a los movimientos repetitivos que deben hacer al desplazarse, ven afectados el rango de movimiento de algunas de sus articulaciones como lo son el hombro y el codo. Por lo tanto se ve la necesidad de crear una serie de máquinas que se enfoque en ampliar los rangos de movimiento de las articulaciones mencionadas anteriormente, evitando cargas de peso en los ejercicios.

De las necesidades específicas evaluadas, se define que el planteamiento general del problema, del presente proyecto, consiste en diseñar y construir una máquina multi-estaciones para la ampliación rango de movimiento de abducción ( $180^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ), flexión de hombro ( $180^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ), flexo-extensión de codo ( $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ) y prono-supinación de antebrazo. La máquina propuesta debe ser lo suficientemente robusta para estar exteriores, resistiendo a la corrosión y factores que la pueden afectar. Además, debe eliminar las cargas, y a que el objetivo es ampliar el rango de movimiento articular y no tonificar músculos.

#### Diseño estructural

Es fundamental para el proceso de diseño de la máquina, estructurar la máquina y sus componentes, de manera tal que sea robusta y resistente y que cumpla con los demás requerimientos. Para este proyecto específico se deben tener consideraciones tales como el material y haciendo un trabajo de estado del arte para que el diseño se acople a la estética de los parques saludables existentes.

#### Piezas móviles

Las piezas móviles del sistema deben cumplir el requerimiento de distribución de cargas, con el fin de evitar esfuerzos musculares en los usuarios. Lo anterior los limitar los rangos de movimiento enunciados al comienzo de esta sección.

#### Accesibilidad

Se debe tener en cuenta que los tamaños de los usuarios y el de sus sillas de ruedas varían, por lo tanto, la maquina debe permitir el acceso de un rango considerable de tamaños de usuarios, sin limitar los rangos de movimientos requeridos.

#### Normativas para seguir

Las siguientes normativas han sido planteadas para regular la fabricación de gimnasios al aire libre o parques biosaludables en China y en España, sin embargo, han servido de guía para empresas de diferentes países donde no hay una regulación exclusiva para estos casos.

- GB192722011: Requisitos de seguridad para gimnasios al aire libre. (China)
- UNE1176-1:2018: Equipamiento de las áreas de juego y superficies. Parte1: Requisitos generales de seguridad y métodos de ensayo (España)



Generación de conceptos y descripción de la metodología de la aplicación de técnicas de creatividad

Con el fin de iniciar el proceso creativo de generación de conceptos, se implementó una metodología de aplicación en la cual a partir del estudio y análisis de la competencia y las diferentes propuestas de solución a la problemática se realizó un estudio y búsqueda de soluciones externas (presente y disponibles en el mercado), e internas (de creación y generación propia) a modo de dar solución y generar alternativas a los diferentes subsistemas y sub-funciones necesarias para la aplicación y puesta en marcha de la máquina. Conceptos que posteriormente se integran para establecer los diferentes conceptos generales y procederá la evaluación de estos.

Es importante mencionar que, dentro de la metodología establecida, de manera grupal se desarrolló junto al experto la evaluación, búsqueda y evaluación de las diferentes alternativas, así como la aplicación de metodologías de análisis competitivos, de ventajas y desventajas de los diferentes conceptos en relación con las diferentes especificaciones funcionales y de usuario establecidas previamente.

#### **4. Conclusiones**

Cuando se trabaja en el diseño de prototipos para el disfrute del tiempo libre como es el caso de equipamiento para realizar actividad física de miembros superiores, se debe propiciar trabajo interdisciplinar debido a que en la formación del ingeniero industrial permite la “resolución de problemas mediante la aplicación de las ciencias naturales y las matemáticas, la comunicación asertiva y eficaz en forma escrita, gráfica y simbólica para la planeación, programación, ejecución, control y la evaluación de proyectos de ingeniería con impacto social, económico y tecnológico”, pero si no se tiene acompañamiento de un par que brinde información relevante para entender todo el problema, los avances pueden no tener la pertinencia esperada.

En el caso de las personas que utilizan la silla de ruedas como transporte, tienen una sobrecarga en miembros superiores por el uso prolongado de las extremidades superiores para el manejo del cuerpo durante 40-50 años o más, lo cual se ha reportado en diferentes investigaciones (Arroyo-Aljaro & Gonzalez-Viejo, 2009; Curtis, Roach, Applegate, Amar, Benbow & Genecco, 2000). Las extremidades superiores están diseñadas para la movilidad y los agarres (prensión), pero no para soportar y mantener la carga que se produce al trasladar el peso del cuerpo, por lo que es necesario generar aditamentos que ayude a mejorar la movilidad y la fuerza de esta zona.

Teniendo en cuenta que existen proveedores de productos y servicios relacionados con la oferta de sillas de ruedas, quienes no se encuentran debidamente capacitados, entonces es posible que puedan proporcionar soluciones inadecuadas con consecuencias negativas para la salud de los usuarios, por ejemplo, “complicaciones asociadas a posturas que podrían considerarse arriesgadas” (Hurtado Martinez & Agredo Rodriguez, 2012). Por tal razón, Burrola, Toro, Goldberg & Pearlman (2018), consideran la realización de un entrenamiento especializado, presencial y en línea, el cual está basado en el programa de capacitación en el servicio de sillas



de ruedas de la Organización Mundial de la Salud. Esto con el objetivo de obtener mayor conocimiento relacionado con las sillas de ruedas y su oferta de valor, pues al mejorar en ese aspecto, también se mejora el nivel de satisfacción de los clientes debido a la capacidad de atención profesional en el suministro de rehabilitación.

## 5. Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2016) Radiografía de la situación de discapacidad en Bogotá. Recuperado de: <http://www.bogota.gov.co/article/temas-de-ciudad/integracion-social/radiografia-discapacidad-bogota>
- Araya Umaña, S. (2015). De lo invisible a lo cotidiano: Familias y discapacidad.
- Arroyo-Aljaro, R., & González-Viejo, M. A. (2009). Validación al castellano del Wheelchair Users Shoulder Pain Index (WUSPI). *Rehabilitación*, 43(1), 2–9. doi:10.1016/s0048-7120(09)70389-5
- Bóveda, J., Oviedo, A., & Yakusik, A. (febrero de 2015). Guía Práctica para la Elaboración de un Plan de Negocio. Obtenido de [https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/info\\_11\\_01.pdf](https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/info_11_01.pdf)
- Burrola Mendez, Y., Toro Hernandez, M., Goldberg, M., & Pearlman, J. (2018). Implementation of the hybrid course on basic wheelchair service provision for Colombian wheelchair service providers. *PLOS ONE*, 13(10). doi:10.1371/journal.pone.0204769
- Camden, C., Keiko, S., Tram, N., Graham, E., Aliko, T., Sprung, J., . . . Russel, D. (2014). Engaging stakeholders in rehabilitation research: a scoping review of strategies used in partnerships and evaluation of impacts. *Disability and rehabilitation*. doi:10.3109/09638288.2014.963705
- Carrasquilla Batista, A., Quirós Espinoza, K., & Gómez Carrasquilla, C. (2017). An Internet of Things (IoT) application to control a wheelchair through EEG signal processing. *International Symposium on Wearable Robotics and Rehabilitation (WeRob)*. doi:10.1109/WEROB.2017.8383877
- Cornell INSEAD WIPO. (2019). The Global Innovation Index. Obtenido de <https://www.globalinnovationindex.org/Home>
- Curtis KA, Roach KE, Applegate EB, Amar T, Benbow CS, Genecco TD, et al. (1995) Development of the Wheelchair User's Shoulder Pain Index (WUSPI). *Paraplegia*. 33:290-3.
- Gulpanich, S., Petchhan, J., & Wongvanich, N. (2018). PLC-Based Wheelchair Control with Integration of the Internet of Things. *57th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE)*. doi:10.23919/SICE.2018.8492601
- Hurtado Martinez, D., & Agredo Rodriguez, W. (2012). Postural analysis of eight university student wheelchair users when performing written exercises in their classroom: A case study in Santiago de Cali, Colombia. *WORK-A JOURNAL OF PREVENTION ASSESSMENT & REHABILITATION*, 42(4), 543-548. doi:10.3233/WOR-2012-1398
- Institute for Comparative Survey Research. (Dicimbre de 2012). WVS Wave 6 (2010-2014). Obtenido de Colombia 2012: <http://www.worldvaluessurvey.org/WVSDocumentationWV6.jsp>
- McAtamney, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24, 91-99
- Ministerio de Salud y protección Social. (2013). Ley 1616 de Salud Mental. Recuperado de: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1616\\_2013.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1616_2013.html)
- Ministerio de Salud y protección Social. (2017). Política Pública Nacional de Discapacidad e Inclusión Social. Recuperado de: <https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/promocion-social/Discapacidad/Paginas/politica-publica.aspx> (3 de septiembre de 2017)
- Osterwalder "et al.", A. (2014). *Diseñando la Propuesta de Valor*. Barcelona: Deusto.



- República de Colombia. (2009) Ley 1436. Bogotá: Colombia. Recuperado de: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1346\\_2009.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1346_2009.html)
- Secretaría Distrital de Salud de Bogotá. (2017). Documento de Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud para el Distrito Capital. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-distrital-bogota-2017.pdf>
- Sevilla Cadavid, G., Valencia Escobar, A., & Velazquez Gomez, J. (2017). Proaid E: design case study of a neurological wheelchair for children. **ICONOFACTO**, **13(20)**, **128-143**. doi:10.18566/iconofact.v13.n20.a07

## Sobre los autores

- **Laura Elizabeth Castro Jiménez:** Fisioterapeuta, Magister en Salud Pública, Doctora en Humanidades, Humanismo y Persona. Profesor. [Laura.castro@uniagustiniana.edu.co](mailto:Laura.castro@uniagustiniana.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

