

CARACTERIZACIÓN DE REQUISITOS FUNCIONALES DE UNA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA USANDO TÉCNICAS DEL DISEÑO DE PRODUCTOS CENTRADO EN EL USUARIO

R.E. Cano B.¹, J.P. Hincapié V.², J.I. García M.³

Resumen

La silla de ruedas es un medio de asistencia de uso frecuente para la movilidad de personas con movilidad reducida. Por este motivo, se recomienda su diseño utilizando técnicas de diseño de productos centrado en el usuario (DCU). Donde, como mínimo, la silla de ruedas debe permitir que el usuario lleve una vida activa sin causar un efecto negativo en su salud, ni en su seguridad. Es por ello, que se hace necesario definir correctamente los requerimientos funcionales de las sillas para garantizar el bienestar de quienes las usan.

En este artículo se presenta un procedimiento para la definición de requisitos funcionales de una silla de ruedas. Donde, a partir de una conceptualización técnico/comercial y considerando aspectos normativos, profesionales y de usuarios, se definieron las características deseadas de un producto de sillas de ruedas eléctricas (UPSR).

Palabras Clave: Identificación de necesidades, requisitos funcionales, silla de ruedas, diseño centrado en usuario.

Abstract

The wheelchair is a means of assistance often used for people with mobility disabilities. For this reason, the use of user-centered design techniques (DCU) is suggested. Where, at least, the wheelchair should allow the user to carry an active life without a negative effect on your health, or safety. Therefore, it is necessary to define properly the functional requirements of the chairs to ensure the welfare of those who use them.

This paper presents a procedure for defining functional requirements of a wheelchair. Where, from a technical / commercial conceptualization and considering regulatory, trade and user aspects, desired product characteristics of electric wheelchairs (UPSR) were defined.

Keywords: wheelchair, functional requirements, user-centered design.

¹ Estudiante de pregrado en ingeniería mecánica y tecnología en electrónica – Universidad del Valle, Cali, Colombia – sede Meléndez. ruth.cano@correounivalle.edu.co

² Tecnólogo en electrónica, estudiante de pregrado en ingeniería mecánica – Universidad del Valle, Cali, Colombia – sede Meléndez. jhonphv@gmail.com

³ Doctorado en Ingeniería con énfasis en mecatrónica, Master en automática, Ingeniero mecánico - Universidad del Valle, Cali, Colombia, director del programa académico de ingeniería mecánica– sede Meléndez. Contacto: Jose.i.garcia@correounivalle.edu.co

1. Introducción

La silla de ruedas es uno de los medios de asistencia de uso frecuente para mejorar la movilidad de personas con movilidad reducida. Por este motivo, deben diseñarse enfocadas a las necesidades del usuario [1]. Como mínimo, la silla de ruedas debe permitir que el usuario lleve una vida activa sin causar un efecto negativo en su salud, ni en su seguridad. Es por ello, que se hace necesario definir claramente los requerimientos funcionales de las sillas para garantizar el bienestar de quienes las usan [2].

Los fabricantes especializados en el desarrollo de productos de apoyo, en particular de sillas de ruedas eléctricas, van constantemente de la mano con los avances tecnológicos, normatividad y especialistas para desarrollar una gama de productos de alta calidad que se ajustan a las necesidades de sus usuarios. Por esta razón, al momento de realizar una adaptación o modificación a una silla de ruedas es recomendable hacer uso de la información que ellos suministran. Adicionalmente, se hace necesario hacer uso de metodologías de diseño centradas en el usuario, donde se involucran constantemente los usuarios durante el desarrollo de la adaptación o producto.

En este artículo se muestra el procedimiento para la selección de requisitos funcionales de una silla de ruedas. Inicialmente, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica relacionada con las características funcionales de las sillas de ruedas que se encuentran actualmente en el mercado, los parámetros para diseñarlas, y normas relacionadas. Adicionalmente, se contó con la asesoría de profesionales de la salud, usuarios permanentes de sillas de ruedas eléctricas (UPSR) y familiares, con el fin de identificar sus necesidades, aplicando algunas técnicas del diseño de productos centrado en el usuario (DCU).

2. Metodología

En la práctica profesional es frecuente el empleo de algoritmos matemáticos para apoyar el proceso de evaluación y selección de alternativas. Sin embargo, existen también procedimientos heurísticos, producto de la práctica de la evaluación y selección de alternativas con un sólido soporte técnico [3], [4]. En el proyecto se hizo uso de procedimientos heurísticos para la especificación de requisitos funcionales; para identificarlos fue necesario asesorarse de distintos usuarios, de esta manera se creó un panorama general de los pros y contras actuales de las sillas de ruedas con las que estaban relacionados.

Según la metodología DCU, el usuario debe ser un personaje activo durante el proceso de diseño, en consecuencia, fue necesario realizar una serie de encuestas, donde se invitó a participar a 6 usuarios de sillas de ruedas eléctricas (UPSRE), de acuerdo con los siguientes criterios de inclusión: género indistinto, parte de la población laboral colombiana, usuarios de ayudas técnicas (silla de ruedas), con dolor crónico y sin dolor. Estos criterios fueron definidos para poder comparar las necesidades de cada usuario al usar el mismo tipo de silla de ruedas, aunque con distintas condiciones de discapacidad. Adicionalmente, se entrevistaron a 2 especialistas de la salud, un neurocirujano y un fisioterapeuta; y 3 familiares de los UPSRE.

Nota: En este trabajo se consideraron a los usuarios como las personas que tienen relación directa con las sillas de ruedas y quienes las usan, es decir, se consideraron usuarios a las personas con movilidad reducida, a sus familiares cercanos y a los especialistas en la salud que atienden sus casos.

3. Identificación de necesidades

Para identificar las necesidades de los usuarios se desarrolló una matriz de necesidades de usuario [3], [4], las cuales fueron identificadas mediante la revisión bibliográfica y asesoría de los distintos usuarios. Las necesidades se identificaron y clasificaron como obligatorias y deseables, esto, para distinguir que acciones se deben realizar y que acciones que pueden dejarse en segundo plano sin afectar la integridad del usuario.

3.1. Intervención de los UPSRE

De los participantes encuestados 4 fueron hombres y 2 mujeres, de los cuales 3 son usuarios por accidentes automovilísticos, 2 por asalto con arma de fuego y 1 por enfermedad. Al mismo tiempo, 2 de ellos son cuadripléjicos, con cierto grado de movilidad y sensación en los brazos, los demás presentan movilidad total en sus miembros superiores; 2 de los participantes presentan dolor crónico.

El objetivo de la encuesta fue identificar la percepción que tienen sobre su silla, los canales de comunicación paciente-médico, las barreras más frecuentes a las que se enfrenta, la necesidad de ayuda de terceros y finalmente, una valoración de las características que desean en una silla de ruedas, éstas últimas fueron evaluadas de 1 a 5 según su baja o alta importancia, respectivamente.

3.1.1. Percepción de la silla.

Los usuarios que presentan dolor crónico aseguran que la silla que tienen actualmente no alivia el dolor que padecen, lo que repercute directamente en sus actividades diarias. Por otro lado, quienes no presentan dolor crónico tienen una variedad de opiniones, uno de ellos asegura que la silla actual no es la apropiada, mientras que el grupo restante asegura que el asiento que usan les proporciona el apoyo postural necesario

y les permite permanecer durante un tiempo prolongado en una posición de sentado.

Por otra parte, todos los usuarios aseguran que deben realizar un mantenimiento trimestral, que incluye ajustes mecánicos, cambio de neumáticos y ajuste de cojines y asiento. Sin embargo, cuando se trata de una revisión de los accesorios eléctricos y electrónicos, tienen muchas dificultades y en caso de que presenten fallas, no las pueden determinar con facilidad, lo que en muchas ocasiones repercute en el ámbito económico, puesto que se ven forzados a reemplazar partes que no están del todo seguros si funcionan aún o no. Cuatro de ellos hicieron hincapié en que no hay personas capacitadas para realizar este tipo de mantenimiento y en caso de estarlo, no hay una entidad que de constancia de dicha capacitación.

3.1.2. Percepción comunicación paciente-médico

Cuatro de los seis usuarios aseguran que su silla actual no fue asignada por profesional alguno, por el contrario fueron donadas, regaladas o compradas sin considerar su caso clínico particular. Uno de ellos fue examinado y se le asignó una silla por fuera de su presupuesto, y por otro lado al otro individuo se le asignó una silla que no era de su agrado, por lo que optó por comprar otra, que a pesar de no ser adecuada a sus necesidades, es de su gusto.

3.1.3. Barreras frecuentes

Todos los usuarios aseguran que las barreras a las que se enfrentan con en su mayoría arquitectónicas. En muchas ocasiones se ven obligados a pedir ayuda a otras personas para ingresar a algún lugar y en caso de no recibir ayuda, se ven obligados a desistir. Por otro lado, los usuarios con cuadriplejía manifestaron la necesidad de adquirir elementos que les ayuden a realizar un mayor número de actividades por su

cuenta, como es el caso de las actividades de higiene.

3.1.4. Ayuda de terceros

Todos los usuarios confirmaron la necesidad de la ayuda de otras personas, principalmente cuando realizan actividades relacionadas con el aseo diario y la alimentación. Esto, debido a que en la mayoría de los casos sus hogares no están adaptadas a sus necesidades. Situación agravada por el hecho que en ocasiones no cuentan con dicha ayuda por múltiples razones, entre ellas, que se encuentren en una locación distinta a su casa o que sus familiares o ayudantes estén realizando otra actividad ajena a ellos.

3.1.5. Características deseables en una silla

La encuesta se enfocó en identificar los parámetros que deben considerarse al momento de diseñar o comprar de ruedas. Se seleccionaron solo aquellos en los que por lo menos cuatro de las personas encuestadas concordaran con valores entre 4 y 5. Los resultados de las encuestas son usados para determinar los requisitos de la silla del proyecto.

3.2. Intervención del especialista

Para la identificación de requisitos se consultaron y encuestaron a dos especialistas en fisioterapia y neurocirugía respectivamente. La información obtenida reveló que mensualmente son remitidos a las respectivas instituciones médicas entre 1 - 10 personas que presentan mieloplejas, de las cuales aproximadamente el 80% son adultos. Los especialistas explicaron que según el caso clínico del paciente, a éste se le realiza un seguimiento de hasta dos años, tiempo durante el cual aseguran que se presentan deterioros considerables en la salud de los pacientes, causados en gran medida por su la silla de ruedas. Los especialistas hicieron hincapié en el hecho de que no conocen entidad alguna en Colombia que controle y supervise la

calidad de producción y mantenimiento de las sillas de ruedas. Finalmente, expresaron la necesidad de implementar protocolos para la formulación de sillas de ruedas que se adapten a las condiciones particulares de los pacientes y en caso de que el paciente pueda llegar a presentar una recuperación parcial o total, la silla facilite la evolución de dicha recuperación.

3.3. Intervención de parientes de UPSR

Se realizó una encuesta a tres personas, cónyuges y parientes cercanos de los UPSRE para identificar sus puntos de vista respecto al uso actual de la silla de ruedas de sus allegados. La información obtenida indica que estas personas perciben a las sillas de ruedas como herramientas útiles para sus familiares en situación de discapacidad, las cuales a pesar de no haber sido medicadas satisfacen sus necesidades. Ellos explican que a sus parientes no les gusta depender de terceras personas, pero aun así necesitan ayuda con las actividades de aseo y relacionadas con prevención de aparición de escaras.

4. Necesidades de usuarios

A partir de la información suministrada por las diversas fuentes se identificaron las siguientes necesidades, recomendaciones y restricciones.

4.1. Restricciones para el diseño

En el ámbito nacional e internacional, existen una diversidad de normas, leyes, decretos y resoluciones relacionadas con las personas en situación de discapacidad las cuales deben ser consideradas.

Las normas y leyes referenciadas [5], orientaron la definición de restricciones para los requisitos funcionales y ergonómicos de la silla, mostradas a continuación:

- Dimensiones de las sillas definidas por las medidas antropométricas de la población que hace uso de ellas.
 - Estabilidad estática de la silla en pendientes 20°.
 - Estabilidad dinámica de la silla en pendientes 6°.
 - Independencia energética de la silla mínimo 15 km.
 - Sorteo de obstáculos de 35 mm.
 - Peso máximo de la silla 120 kg, incluyendo accesorios.
 - Velocidad máxima 5 km/h
 - Adoptar medidas de protección haciendo uso de sistemas de seguridad pasivos.
- No se debe arriesgar la salud del usuario por causas de la reducción de los costos.
 - En sillas de ruedas eléctricas es necesario el uso de baterías de gel.

4.2. Necesidades – Obligatorios

En este numeral se muestran las necesidades con las que debe contar la silla de ruedas.

- El asiento de la silla debe ser cómodo y seguro para el usuario.
- Los movimientos de los usuarios al manejar la silla no deben ser repetitivos.
- Es necesario el uso de indicadores visuales claros e intuitivos para el usuario.
- Es necesario informar al usuario de los peligros asociados con el uso del producto y ofrecerle instrucciones para su manipulación.
- Un factor fundamental en la adquisición de una silla de ruedas, es la evaluación de las medidas antropométricas para ajustarla al usuario.
- La aparición de escaras debe prevenirse en todo momento.
- Para el uso exterior en vías públicas las sillas debe ir iluminadas.
- Los diseños deben tener compatibilidad espacial, de movimiento y conceptual.
- Es necesario que la silla permita al usuario cambiar de posición parcial o total.
- La silla debe permitir cierto grado de independencia al usuario.
- Si un elemento de un circuito se daña, se debe cambiar el circuito completo.

4.3. Necesidades - Deseables

En este numeral se muestran las necesidades con las que debería contar la silla de ruedas.

- Las ruedas posteriores deben de equiparse con neumáticos de aire.
- El usuario debe tener la posibilidad de instalar a la silla una mesa o una superficie de trabajo.
- Un diseño idóneo para una población se debe trabajar con un percentil 75.
- El material del asiento debe ser transpirable y elástico.
- La silla debe permitir a los usuarios un uso prolongado.
- La silla debe suministrar protección contra el sol y la lluvia.
- Los reposa brazos y reposa pies deben ser ajustables a las medidas de los usuarios.
- Por cuestiones de seguridad, la silla no debe ascender en una pendiente superior a 5 grados con su peso máximo.
- El reposa piernas debe permitir una elevación vertical de hasta 90 grados.
- Los muslos deben estar en posición horizontal formando un ángulo de 90-100 grados.
- La silla debe ser liviana y tener amortiguadores regulables.
- Al momento de diseñar cualquier elemento de la silla se deben considerar los ángulos de confort.
- Se recomienda que las sillas operen en un rango de temperatura de -25 a 50 grados centígrados.
- Los cojines y asiento deben proporcionar apoyo postural y aliviar presiones.

- El diseño de palancas, botones y demás elementos que use el usuario deben ser ergonómicos.

5. Estrategias de solución

Una vez fueron identificadas las necesidades se agruparon aquellas con características similares y fueron definidas las acciones a realizar para solucionarlas. Así, se tuvieron en cuenta un total de diez estrategias separadas en cuatro categorías, mecánicas, eléctricas, de control y otras con las que debe contar la silla de ruedas.

5.2. Características mecánicas de la silla

- 1) Selección, compra e instalación de asiento y cojines para silla de ruedas mediante asesorías de especialistas en esta temática.
- 2) Selección, compra e instalación de ruedas según asesorías de especialistas en esta temática.
- 3) Diseño y construcción de los reposa brazos y reposa pies, deben ser ajustables a las medidas desde el percentil 50 de una mujer colombiana hasta el percentil 50 de un hombre colombiano entre 20-39 años.
- 4) Diseño y construcción de reposa pies con ajuste de elevación vertical de 0-90 grados.
- 5) Interfaz para instalar accesorios desmontables.

5.3. Características eléctricas de la silla

- 6) Selección, compra, y uso de elementos eléctricos y electrónicos según recomendaciones de fabricantes de sillas para construcción de circuitos para la silla.
- 7) Selección, compra e instalación de mandos, palancas y pulsadores, según recomendaciones de especialistas y recomendaciones ergonómicas.
- 8) Diseñar y construir un panel de control e interfaces intuitivas según documentación sobre ergonomía.

- 9) Instalación de luminaria nocturna y direccionales

5.4. Características del sistema de control de la silla

- 10) Diseño de sistemas de seguridad activos.
- 11) Diseñar el sistema de control de la silla, el cual debe permitir al usuario controlarla con un esfuerzo mínimo.

5.5. Otras características

- 12) Diseñar sistemas de seguridad pasivos, esto incluye el diseño de un manual de usuario.

6. Análisis de estrategias

Una vez fueron identificadas las necesidades y propuestas las estrategias de solución fue necesario evaluarlas mediante el uso de matrices de valoración de estrategias, el procedimiento se realizó de la mano de los UPSRE, donde se evaluaron las estrategias según su viabilidad y consistencia con números enteros entre 6 y 10, de bajo hasta alto respectivamente. Los valores de las matrices de viabilidad y consistencia se promediaron y a partir de los resultados obtenidos las estrategias fueron agrupadas como prioritarias, secundarias y terciarias, esto, como indicador de que actividades deben realizarse primero. Esta agrupación se realizó teniendo en cuenta calificaciones mayores de 8.5 como prioritarias, entre 8.0 y 8.5 como secundarias e inferiores a 8.0 como terciarias.

Los resultados muestran que las estrategias prioritarias son 6, 8, 9,10, las estrategia 3,7, son secundarias y terciarias las 4,5, sin embargo, las estrategias 1 y 2 a pesar de clasificar como terciarias, se consideran prioritarias puesto que son críticas para el desarrollo del proyecto.

Para ahondar en el desarrollo de las estrategias seleccionadas fue implementada una matriz de decisión para cada alternativa que la requiriese. En función de la calificación obtenida por las estrategias 7, 8, 9 y 11 se dispuso a hacer uso de dicha matriz a estas.

El resultado mostró que:

Estrategia 7 Y 8: Para la selección del mando principal de la silla y otras funciones, donde fue seleccionado como control un mando tipo joystick, para otras funciones se incluye el uso de pulsadores, interruptores y potenciómetros. Adicionalmente, la silla debe contar con la interfaz para adaptar mandos secundarios, como mandos tipo bandeja o el midi-joystick [6].

Estrategia 9: se seleccionó luminaria led.

Estrategia 11: Uso de un protocolo de comunicación industrial, RS458, para la comunicación de los sistemas y una estructura modular para los mismos. Se aclara que la estructura modular será aplicada a todos los sistemas de la silla de ruedas y para la simulación del sistema de control se optó por usar red de Petri.

En definitiva, los requisitos que debe tener la silla basados en el procedimiento anterior se definen en cuatro categorías, mecánicos, electrónicos y ergonómicos. Estos requisitos orientan el proceso de diseño subsiguiente.

6.1. Características mecánicas

La silla debe contar con cuatro ruedas, dos delanteras pequeñas y macizas, dos traseras neumáticas y dos accesorios de antivuelco ubicados en la parte posterior de la silla.

Los reposabrazos y reposapiés deben ser ajustables a las medidas antropométricas de la población laboral colombiana de edades entre 20 y 39 años con percentil 50 femenino y 50 masculino, según propuesta para éste prototipo.

Los reposapiés deben permitir un ajuste de elevación entre 0-90 grados.

La silla debe permitir la adición de accesorios, tales como mesas de trabajo o el uso de elementos protectores de sol o lluvia.

6.2. Características eléctricas y electrónicas

Los circuitos deben estar organizados en módulos con funciones definidas, se deben comunicar por medio del protocolo de comunicación RS458.

El mando de control principal es un joystick y los secundarios son una botonera y un midi-joystick.

La silla debe contar con baterías de gel [7]. El panel de control de la silla cuenta con un LCD y un tablero manual. Los mandos de control deben permitir una adecuada interacción a los usuarios del producto. Los frenos de la silla deben ser magnéticos.

6.3. Características de control

El sistema debe a contar con un indicador de carga de la batería. Debe contar con un sistema de apagado automático de la silla, si esta se encuentran en operación pero no se le han dado instrucciones durante 10 minutos, aproximadamente. La silla debe contar con un reset, en caso de que la persona solicite acciones contradictorias o para que la silla regrese a su estado inicial. La silla debe contar con un indicador de reversa.

6.4. Características ergonómicas

La silla debe contar con un asiento ergonómico y preferiblemente hacer uso de cojines anti escaras. Las adaptaciones entre las diferentes medidas antropométricas deben ser fáciles de realizar. Para el caso particular de este proyecto solo se tendrá

en cuenta la variación de la geometría de los reposa brazos y reposa pies. Se debe contar con sistemas de seguridad pasivos, en este caso un manual de usuario.

7. Conclusiones

En este artículo fue presentado el desarrollo de un procedimiento que garantiza la especificación o la determinación de requisitos para UPSR en el contexto colombiano, para ello fue necesario aplicar los conceptos del DCU y métodos heurísticos, además realizar una revisión bibliográfica acompañada por la asesoría de los distintos usuarios para garantizar que las estrategias de solución propuestas sean representativas para la solución a las necesidades propuestas.

Todas las selecciones se realizaron con procedimientos heurísticos que facilitaron la recolección de información y manejo de la misma. Finalmente, se obtuvieron doce alternativas de solución, las cuales fueron evaluadas y organizadas como primordiales, secundarias y terciarias. A las estrategias 7, 8, 9, y 11 fue necesario aplicarles una matriz de decisión y seleccionar alternativas para llevar a cabo dichas estrategias.

Referencias

- [1] Y. H. S. O. S. Montero, "Informe APEI sobre usabilidad," 2009. [Online]. Available: <http://www.nosolousabilidad.com/manual/3.htm>. [Accessed: 17-Oct-2013].
- [2] OMS, "Pautas para el suministro de sillas de ruedas manuales en entornos de menores recursos." p. 141, 2008.
- [3] D. de O. de Empresas, *Tema 2 Diseño del Producto*. España, 2005, p. 53.

- [4] G. D. E. L. A. S. Nieves and N. Guerrero, "Capítulo 18 Matrices para la evaluación y selección de alternativas," no. 1981. pp. 197–223, 2003.
- [5] I. Julio and C. Gómez, "Discapacidad en Colombia : Reto para la Inclusión en Capital Humano," pp. 1–373, 2010.
- [6] Ottobock, "Mandos especiales." Alemania, p. 6, 2010.
- [7] "Norma Venezolana - ISO 7176-4 - Consumo de energía de las sillas de ruedas electricas.pdf." Venezuela, p. 9, 1998.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas que facilitaron la realización de este trabajo, principalmente a la fundación mujeres sobre ruedas y la fundación libres sobre ruedas. A los señores Eduardo Caicedo y Elbio Fernandez, UPSR, presentes durante ésta fase del proyecto.

Responsabilidades éticas:

Protección de personas y animales: Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos: Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes y que todos los pacientes incluidos en el estudio han recibido información suficiente y han dado su consentimiento para participar en dicho estudio.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado:

Los autores han obtenido el consentimiento informado de los usuarios referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses