



Ingeniería y Universidad

ISSN: 0123-2126

revistascientificasjaveriana@gmail.com

Pontificia Universidad Javeriana

Colombia

Aguilar-Zambrano, Jaime; León-Díaz, Andrés; Valencia, Andrés

Método interdisciplinario de análisis de productos de apoyo a personas en situación de discapacidad con el uso sinérgico de la función de despliegue de calidad y los procesos analíticos jerárquicos

Ingeniería y Universidad, vol. 17, núm. 1, enero-junio, 2013, pp. 225-241

Pontificia Universidad Javeriana

Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47728625013>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# **Método interdisciplinar de análisis de productos de apoyo a personas en situación de discapacidad con el uso sinérgico de la función de despliegue de calidad y los procesos analíticos jerárquicos<sup>1</sup>**

## **An Interdisciplinary Method for the Analysis of Support Products for Disabled People with the Synergic Use of Quality Function Deployment and Analytical Hierarchy Process<sup>2</sup>**

### **Método interdisciplinar de análise de produtos de apoio a pessoas com deficiência a partir do uso sinérgico do Desdobramento da Função de Qualidade e dos Processos Analíticos Hierárquicos<sup>3</sup>**

*Jaime Aguilar-Zambrano<sup>4</sup>*

*Andrés León-Díaz<sup>5</sup>*

SICI: SICI: 0123-2126(201301)17:1<225:MIAPAP>2.0.TX;2-L

*Andrés Valencia<sup>6</sup>*

---

<sup>1</sup> Fecha de recepción: 9 de abril de 2012. Fecha de aceptación: 30 de agosto de 2012. Este artículo se deriva de un proyecto de investigación denominado *Diseño conceptual interdisciplinario, a partir de un modelo ampliado del diseño axiomático, de ayudas técnicas y tecnológicas para movilidad personal que favorezcan la inclusión social de personas en situación de discapacidad*. Número de registro 1251-452-21059. Desarrollado por el grupo de investigación Grupo de Automática y Robótica de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Cali, Colombia.

<sup>2</sup> Reception date: April 9<sup>th</sup> 2012. Admission date: August 30<sup>th</sup> 2012. This paper originated from a research project titled *Diseño conceptual interdisciplinario, a partir de un modelo ampliado del diseño axiomático, de ayudas técnicas y tecnológicas para movilidad personal que favorezcan la inclusión social de personas en situación de discapacidad*. Registry Number 1251-452-21059, carried out by the Automática y Robótica research group of the Pontificia Universidad Javeriana, in Cali, Colombia.

<sup>3</sup> Data de recepção: 9 de abril de 2012. Data de aprovação: 29 de junho de 2012. Este artigo origina-se do projeto de pesquisa denominado *Diseño conceptual interdisciplinario, a partir de un modelo ampliado del diseño axiomático, de ayudas técnicas y tecnológicas para movilidad personal que favorezcan la inclusión social de personas en situación de discapacidad* [Projeto conceitual interdisciplinar, a partir de um modelo ampliado do projeto axiomático, de ajudas técnicas e tecnológicas para a mobilidade pessoal que favoreçam a inclusão das pessoas com deficiência]. Número de registro 1251-452-21059. Desenvolvido pelo grupo de pesquisa Grupo de Automática y Robótica [Grupo de Automática e Robótica] da Pontifícia Universidad Javeriana, sede Cali, Colômbia.

<sup>4</sup> Ingeniero electricista, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Magíster en Automática, Universidad del Valle. Doctor en Proyectos de Ingeniería e Innovación, Universidad Politécnica de Valencia, España. Profesor titular, Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia. Correo electrónico: jaguilar@javerianacali.edu.co.

<sup>5</sup> Ingeniero industrial, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Especialización en Logística, Universidad del Valle. Correo electrónico: anfeledi@javerianacali.edu.co.

<sup>6</sup> Ingeniero electrónico, Pontificia Universidad Javeriana, sede Cali, Colombia. Director de Innovación, Rehabitec Ltda. Docente HC Departamento de Gestión de Organizaciones, Pontificia Universidad Javeriana, sede Cali. Correo electrónico: andres.valencia@rehabitec.com.co.

## Resumen

El artículo propone un método con participación interdisciplinaria con el propósito de identificar necesidades del usuario y analizar la competencia comercial para productos de apoyo a personas en situación de discapacidad. El método hace uso conjunto de la función de despliegue de calidad (QFD) y la técnica de decisión de procesos analíticos jerárquicos (AHP). El método se aplicó en la evaluación de productos de apoyo a la movilidad (ISO9999:2007) para personas en situación de discapacidad en miembros inferiores, a fin de favorecer su inclusión social en la ciudad de Cali, Colombia. La opinión del usuario se tomó de una encuesta diseñada a partir de los conceptos de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud. Se concluye que existe mayor confiabilidad en la ponderación de las necesidades del usuario dentro de QFD con el uso de AHP con equipos interdisciplinares que mediante el método de ponderación simple que propone QFD y algunas de sus variantes. La aplicación de QFD a partir del problema del usuario, en lugar de un producto específico, favorece la innovación radical.

## Abstract

This paper proposes a method involving interdisciplinary participation with the purpose of identifying users' needs and analyzing the commercial competition for support products for disabled people. This method joins together quality function deployment (QFD) and Analytical Hierarchy Process technique (AHP). The method was applied to the evaluation of products in support of mobility (ISO9999: 2007) for people with lower limb disability, in order to favor their social inclusion in the city of Cali, Colombia. The users' opinions were collected through a poll that followed the principles of the International Classification of Functioning, Disability and Health. It was concluded that the use of QFD and AHP with interdisciplinary teams is more reliable when considering users' needs than the use of the simple weighing method proposed by QFD and some of its variations. The application of QFD from the perspective of users favors radical innovation and not just a specific product.

## Resumo

O artigo propõe um método de participação interdisciplinar com o propósito de identificar necessidades do usuário e analisar a competência comercial para produtos de apoio a pessoas com deficiência. O método emprega também o Desdobramento da Função de Qualidade (QFD) e a técnica de decisão de Processos Analíticos Hierárquicos (AHP). O método foi aplicado na avaliação de produtos de apoio para a mobilidade (ISSO 9999:2007) de pessoas com deficiência nos membros inferiores, com o objetivo de facilitar sua inclusão social na cidade de Cali, Colômbia. Obteve-se a opinião do usuário por meio de pesquisa estruturada a partir dos conceitos da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde. Conclui-se que existe maior confiabilidade na ponderação das necessidades do usuário dentro da QFD com o uso de AHP com equipes interdisciplinares que mediante o método de ponderação simples que propõem o QFD e algumas de suas variações. A aplicação de QFD a partir do problema do usuário favorece uma inovação radial e não um produto específico.

## Palabras clave

Opinión del usuario, QFD, AHP, productos de apoyo a la movilidad, CIF.

## Keywords

User opinion, QFD, AHP, mobility support products, CIF.

## Palavras chave

Opinião do usuário, QFD, AHP, produtos de apoio à mobilidade, CIF.

## Introducción

La función de despliegue de calidad (QFD) es una técnica para interpretar la opinión del usuario, con el fin de desarrollar nuevos productos para satisfacer sus necesidades (Akao, 1997). Esto significa una alineación entre lo que un cliente desea y lo que la organización produce (Tamayo y González, 2004). Esta técnica se utiliza principalmente en el sector automotor, en maquinaria y en aplicaciones de consumo eléctrico y electrónico (Fujita y Matsou, 2005). En la literatura científica, los trabajos de QFD se enmarcan en conceptual (58 %), casos de estudio (29 %), investigación (16 %), revisión de la literatura (9,5 %), estudios (9 %) y simulación (2 %) (Carnevalli *et al.*, 2008).

Las temáticas asociadas al diseño de producto se encuentran relacionadas con las aplicaciones de QFD en temas como conciencia ambiental (Masui *et al.*, 2003), diseño de máquinas con interacción humana y ergonomía en el diseño (Marsot, 2004), entre otros. Sin embargo, no se encuentra una aproximación interdisciplinaria del uso de QFD con otras estrategias para interpretar la opinión del usuario ni estudios asociados con productos para favorecer la inclusión social de personas en situación de discapacidad. En el diseño de producto existen dificultades en la interpretación y la definición de las correlaciones entre la calidad exigida y las características de calidad asociadas al producto (Chan y Wu, 2005). Algunos autores proponen estrategias para interpretar la opinión del usuario a través de la priorización de sus necesidades. Por ejemplo, el método de Kano (Yacuzzi y Martín, 2003); el método de la prueba de \$100 (Tamayo y González, 2004); el *Minimal Spanning Tree* y *Cost-Value Approach* (Qiao, 2009), y la técnica de procesos analíticos jerárquicos (AHP) (Wang, *et al.*, 1998).

Este artículo propone un método de aplicación de QFD con la participación del usuario, de un equipo interdisciplinario y el uso de AHP, bajo un punto de partida que es la necesidad del usuario. Esta aproximación permite ampliar la visión del problema (González *et al.*, 2009), pues si bien es cierto que el usuario conoce su necesidad, la participación de otras disciplinas aportan en la clarificación del

problema. Esta aproximación no limita la opinión directa del usuario, sino que la complementa para una organización técnica y profesional de la información. Se aplica el método en el diseño de productos de apoyo a la movilidad de personas en situación de discapacidad.

El artículo inicia con una fundamentación de QFD y AHP, luego se contextualiza el problema de la discapacidad con base en la Clasificación Internacional de la Funcionalidad (CIF) y, posteriormente, se presenta el método de trabajo conjunto de QFD y AHP con un equipo interdisciplinario. Finalmente, se presentan los resultados y la discusión del método propuesto en productos de apoyo a la movilidad para personas en situación de discapacidad.

## **1. Las técnicas QFD, AHP y el concepto de discapacidad**

Las técnicas QFD y AHP permiten abordar problemas de comparación y decisión que son relevantes en el proceso de diseño y manufactura de un producto. Por su parte, los productos de apoyo para personas en situación de discapacidad requieren una comprensión del concepto de discapacidad, aparte del concepto técnico, para abordar el proceso de diseño.

### *1.1. La función de despliegue de la calidad*

El propósito de la QFD es alinear las actividades de producción con las necesidades del cliente a través de cuatro fases. La primera, traducir los deseos del cliente en parámetros de diseño. La segunda, proponer a partir de estos parámetros unas partes físicas con atributos específicos. La tercera, formular procesos para fabricar estas partes. Y, por último, construir indicadores para controlar la calidad en los procesos de manufactura con base en lo que el cliente desea (Tsai *et al.*, 2008). La primera fase, también conocida como *planificación del producto* o la *casa de la calidad*, es la que presenta mayores desarrollos según la literatura científica (Carnevalli *et al.*, 2008). Para la construcción de la casa de la calidad, el QFD sugiere ocho pasos: 1) organizar las necesidades del usuario, 2) priorizar las necesidades, 3) definir parámetros de diseño, 4) generar matriz de relaciones, 5) correlacionar los parámetros de diseño, 6) evaluar el desempeño por parte del usuario, 7) evaluar los parámetros de diseño y 8) analizar los resultados (Akao, 1990). Para evaluar los parámetros de diseño se comparan los niveles alcanzados en los productos actuales y niveles ideales. Esto requiere una exhaustiva investigación con alta demanda de tiempo y recursos.

La metodología Blitz QFD propone enfocarse solo en los parámetros de diseño asociados a las necesidades prioritarias del usuario (González-Bosch y Tamayo,

2000). La casa de la calidad permite identificar oportunidades de negocio, evaluar la correlación y priorización entre parámetros de diseño, evaluar la posición de la empresa frente a la competencia y evaluar la situación actual frente a la demanda de calidad del usuario (Yacuzzi y Martín, 2003).

### *1.2. La técnica de decisión de procesos analíticos jerárquicos*

La AHP permite trabajar problemas de decisión multicriterio y multiexperto, en que la información del problema es de tipo tangible e intangible, lo cual favorece el análisis de problemas de naturaleza compleja, con variables de diferentes características (Saaty, 1980). Esta técnica se basa en la comparación pareada de criterios y alternativas bajo una formulación jerárquica del problema y se utiliza en diferentes aplicaciones (González *et al.*, 2009). El primer nivel corresponde al objetivo del problema, luego los criterios y, por último, a las alternativas para su solución.

La AHP utiliza comparaciones pareadas para incorporar las preferencias de los decisores entre los elementos de las jerarquías; utiliza el método del autovector principal por la derecha para obtener prioridades locales, el principio de composición jerárquico para calcular las prioridades globales y una forma lineal multiaditiva para obtener las prioridades totales; permite, dentro del proceso de resolución, evaluar la consistencia del decisor a la hora de emitir juicios, y por último las prioridades vienen dadas en escala de razón (Moreno, 2002). La comparación entre los criterios de un nivel de la jerarquía puede interpretarse como la evaluación de su importancia. En este sentido, la AHP puede utilizarse para determinar las prioridades de un modelo de evaluación, como fue implementado en el presente estudio con QFD.

### *1.3. La concepción de la discapacidad*

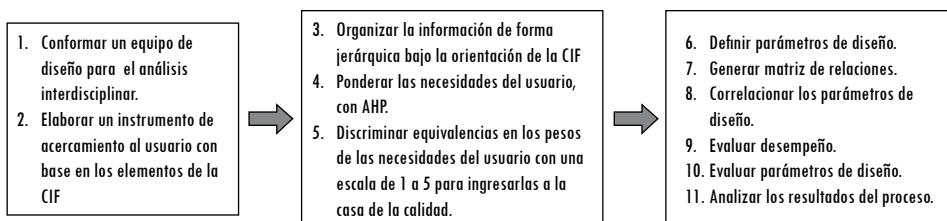
La Organización Mundial de la Salud (2001) provee un marco de referencia para la concepción de la discapacidad, y lo lleva a la práctica con la herramienta CIF. Dicho marco va más allá del modelo médico para ampliar su visión hacia una perspectiva ecológica. Se aborda la discapacidad como un concepto que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones en la participación. Según la CIF, las deficiencias son problemas que afectan una estructura o función corporal, las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones y las restricciones de la participación son problemas para involucrarse en situaciones vitales, determinadas por el entorno (Hurtado *et al.*, 2010).

La CIF considera factores como la salud, las funciones y estructuras corporales, las actividades, la participación, los factores ambientales y los factores personales. Todos ellos se encuentran interrelacionados, lo cual evidencia una visión ecológica del problema de la discapacidad que supera la concepción basada únicamente en la salud. La CIF no considera de forma detallada los factores personales, como sexo, raza, edad, forma física y estilos de vida, que deben ser contemplados dependiendo de la situación particular de análisis.

## **2. Método para el uso sinérgico de QFD y AHP con equipos interdisciplinarios**

En QFD se requiere identificar, estructurar y priorizar las necesidades del usuario. Por lo general, la estructuración se aborda desde la visión comercial; sin embargo, muchos problemas sociales, como los de discapacidad, deben afrontarse desde una óptica estandarizada que supera el marco comercial. Para este fin, se sugiere la conformación de un equipo interdisciplinario, el uso del AHP para fortalecer la primera fase de QFD y el apoyo de un estándar de referencia para la discapacidad, como la CIF. Se proponen once pasos para construir la casa de la calidad para productos de apoyo (figura 1). Los cinco primeros pasos son el aporte de este artículo a la estrategia estándar QFD.

**Figura 1. Pasos de la metodología propuesta**



Fuente: presentación propia de los autores.

En el *primer paso*, el equipo se conforma por usuarios y profesionales de distintas disciplinas con un enfoque orientado al problema. Estas personas asumen el rol de decisores en la terminología AHP. Para el diseño de productos se espera un conjunto mínimo conformado por el usuario, un ingeniero y un diseñador industrial. En el *segundo paso*, el instrumento debe contemplar los aspectos mencionados en la estructura general de la CIF, de tal forma que se pueda dar cuenta de la situación de funcionamiento y discapacidad junto con los factores contextuales de la población en estudio. En el *tercer paso*, además de organizar la información con base en los elementos de la CIF, se puede complementar con entrevistas a

distribuidores, comercializadores y expertos en el tema de discusión. Como resultado de este proceso, se genera un árbol jerárquico del problema que agrupa por afinidad de manera categorizada las necesidades del usuario. En el *cuarto paso* se aplica la AHP, que consiste en una comparación pareada entre los criterios de un nivel de la jerarquía (González *et al.*, 2009).

El primer nivel está compuesto por las categorías del problema, formuladas con base en la CIF, y el nivel inferior corresponde a las necesidades expresadas por el usuario. Para cada matriz de comparaciones, se obtiene un elemento  $a_{ij}$ :

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (1)$$

El número de comparaciones en una matriz está determinado por:

$$\frac{n(n-1)}{2} \quad (2)$$

A partir de la ecuación (2) se determina el autovalor dominante de  $[A]$  y el autovalor que representan los pesos de los criterios:

$$[A][a] = n[a] \quad (3)$$

Las comparaciones deben hacerse de forma individual por cada uno de los expertos, lo que genera un conjunto de matrices. Con ese conjunto de matrices de comparación se genera una sola matriz que involucra los conceptos del conjunto de expertos y de la cual se derivan los pesos de los criterios. Esta matriz se calcula a partir de la aplicación de la medida ponderada de la media geométrica (Xu, 2000).

Cuando se obtiene un sistema consistente, el peso asociado a un criterio se denomina:  $W = [w_{ij}] = [w_i / w_j]$ . Por lo tanto, la ecuación (3) se puede expresar como:

$$w_w \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 \\ \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = nw \quad (4)$$

Lo anterior significa que  $n$  es un autovalor de  $W$  y que  $w$  es su autovector asociado. Por ser  $W$  una matriz con todos sus elementos positivos, el autovalor  $n$  es positivo y dominante (el de mayor valor) y el  $w$  es su autovector dominante (el asociado al autovalor dominante). Por conveniencia, se normaliza a suma unidad ( $\sum w_j = 1$ ) las componentes de  $w$ . Para calcular el peso entre las categorías se encuentra su autovector dominante (normalizado a uno): Peso Categoría 1 =  $Wc_1, \dots$  Peso Categoría  $n = Wc_n$ . Así mismo, se calcula el peso entre las necesidades pertenecientes a

una categoría: necesidad 1 =  $W_{n_1}$ , necesidad 2 =  $W_{n_2}$ , ..., necesidad n =  $W_{n_n}$ . Para calcular un peso asociado a cada necesidad que permita una comparación de importancia entre todas ellas sin importar a qué categoría pertenece se realiza el producto  $W_n \times W_c$  (tabla 1).

**Tabla 1. Cálculo de pesos globales de cada necesidad**

Categoría	$W_c$	$W_n$	$W_c \times W_n$
Categoría x	$W_{c_x}$	$W_{n_1}$	$W_{c_x} \times W_{n_1}$
		$W_{n_n}$	$W_{c_x} \times W_{n_n}$

Fuente: presentación propia de los autores.

En el *quinto paso* se utiliza la ecuación (5) para ponderar las necesidades, luego mediante la ecuación (6) se realiza la equivalencia con una escala de 1 a 5, donde 1 = No tan importante; 2 = Marginal; 3 = Importante; 4 = Muy Importante y 5 = Necesario.

$$\text{Ponderación necesidades del usuario } (Pnu) = \frac{(W_n \quad W_c)}{\text{Max}(W_n \quad W_c)} \quad 100 \quad (5)$$

$$\text{Equivalencia a la escala de 1 a 5 (Equiv con techo hacia arriba): } = \frac{Pnu}{100} \quad 5 \quad (6)$$

En los *pasos del seis al once* se continúa con la aplicación tradicional del QFD con el objetivo de evaluar las necesidades del usuario, realizar un *benchmarking* y analizar los resultados.

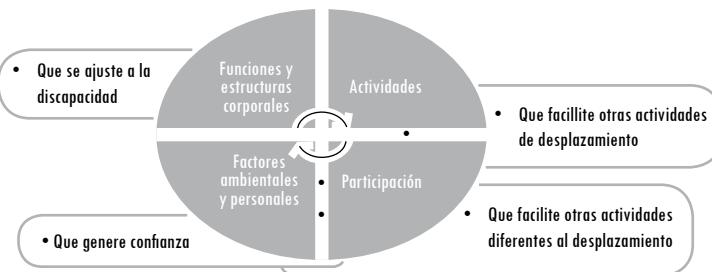
### **3. Resultados de aplicación del método en productos de apoyo a la movilidad (clase 12 ISO9999:2007)**

La *inclusión social* fue el problema que se consideró para el análisis de productos de apoyo a la movilidad para personas en situación de discapacidad motora, en la ciudad de Cali, Colombia:

- *Paso 1. Conformar un equipo de diseño para el análisis interdisciplinario:* se conformó un equipo de cuatro personas, integrado por dos usuarios (personas en situación de discapacidad motora), un ingeniero industrial y un diseñador industrial. La participación mayoritaria de usuarios se debe a la naturaleza de estos productos que tienen características especiales y se sugiere la presencia permanente de, al menos, un ingeniero y un diseñador por sus miradas complementarias en un proceso de diseño.

- *Paso 2. Elaborar un instrumento de acercamiento al usuario con base en los elementos de la CIF:* el instrumento se organizó en cinco partes: 1) sociodemográfica, de salud y del entorno; 2) acompañante/cuidador; 3) productos de apoyo; 4) actividades y participación, y 5) factores ambientales. También se tuvieron en cuenta entrevistas a comercializadores, distribuidores y expertos en el tema.
- *Paso 3. Organizar la información en forma jerárquica bajo la orientación de la CIF:* se agrupó la opinión del usuario en cuatro categorías a partir de los componentes de la CIF (figuras 2 y 3).
- *Paso 4. Ponderar necesidades del usuario, con AHP:* se utilizó el software Expert Choice®. Con este software se puede generar la jerarquía de los criterios y de las alternativas que se van a comparar. El software permite, si se desea, asignar un peso para la opinión de cada uno de los evaluadores; así mismo, permite juzgar la importancia de los criterios y la preferencia de las alternativas en una escala de uno a nueve, asociada a una escala cualitativa de comparación. En las comparaciones realizadas, un valor de nueve indica mayor importancia de un elemento frente a otro y un valor de uno indicaba poca importancia. Participaron cuatro expertos: un ingeniero industrial, un diseñador industrial y dos personas en situación de discapacidad. La matriz de comparación de una de las personas en situación de discapacidad se muestra la tabla 2; los pesos relativos para el conjunto de expertos, en la tabla 3, y los resultados ponderados, en la tabla 4.
- *Paso 5. Determinar equivalencias en los pesos de las necesidades del usuario con una escala de uno a cinco para ingresarlas a la casa de la calidad:* para esto se utilizaron las ecuaciones 5 y 6 (tabla 4). A su vez, en la tabla 5 se muestra una parte de la relación de cada una de las categorías, subcategorías y deseos del usuario con los componentes de la CIF.
- *Paso 6. Definir parámetros de diseño:* se determinaron a partir de conceptos técnicos, análisis de patentes, análisis del sector comercial y vigilancia tecnológica.
- *Paso 7. Generar matriz de relaciones:* se relacionaron las necesidades vs. los parámetros de diseño con la escala de relación HoQ (Akao, 1990): *fuerte*: (●), equivale al número 9. *Moderada*: (○), equivale al número 3. *Baja*: (Δ), equivale al número 1.
- *Paso 8. Correlacionar los parámetros de diseño:* se relacionaron con la siguiente convención: (●): positiva fuerte; (○): positiva débil; (Δ): negativa débil; (■): negativa fuerte. La relación se muestra en el techo de la casa de la calidad.

**Figura 2. Categorías que agrupan la opinión del usuario respecto a los componentes de la CIF**



Fuente: presentación propia de los autores.

**Figura 3. Categorización de las necesidades del usuario**

- |  |   |
|--|---|
| <p><b>1. Que se ajuste a la discapacidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 1.1 Que sea cómodo           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 1.1.1 Evitar el calor</li> <li>→ 1.1.2 Que haya poca vibración</li> <li>→ 1.1.3 Que sea confortable</li> </ul> </li> <li>→ 1.2 Que no deteriore la salud           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 1.2.1 Cuidar riñones y espalda</li> <li>→ 1.2.2 No escarcharse</li> <li>→ 1.2.3 Que los reposapiés no generen lesiones</li> </ul> </li> <li>→ 1.3 Que sea ajustable al nivel de la lesión y medidas del usuario           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 1.3.1 Permita mantener el equilibrio del usuario</li> <li>→ 1.3.2 Ajustable al nivel de lesión</li> </ul> </li> </ul> | <p><b>2. Que Facilite actividades de desplazamiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 2.1 Que permita el acceso a diferentes espacios           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 2.1.1 Que los reposapiés no obstaculicen subir y bajar andenes</li> <li>→ 2.1.2 Fácil acceso a puertas y pasillos</li> <li>→ 2.1.3 Poco volumen</li> <li>→ 2.1.4 Andar por andenes</li> <li>→ 2.1.5 Que permita subir gradas</li> </ul> </li> <li>→ 2.2 Que sea fácil de maniobrar           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 2.2.1 Facilidad para el desplazamiento con ruedas auxiliares</li> <li>→ 2.2.2 Que me pueda desplazar hacia adelante y hacia atrás</li> <li>→ 2.2.3 Cargar accesorios y cosas personales</li> <li>→ 2.2.4 Que conserve la facilidad de maniobra en las diferentes posturas</li> <li>→ 2.2.5 Facilidad para realizar giros</li> </ul> </li> <li>→ 2.3 Que no canse mucho en el desplazamiento           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 2.3.1 Que facilite subir rampas</li> <li>→ 2.3.2 Que se pueda propulsar con los brazos</li> <li>→ 2.3.3 Asistencia en la propulsión</li> </ul> </li> </ul> |
| <p><b>3. Que genere confianza</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 3.1 Que la silla sea de buena calidad           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 3.1.1 Resistente</li> <li>→ 3.1.2 Percepción de la marca</li> <li>→ 3.1.3 Percepción de simplicidad</li> <li>→ 3.1.4 Que se vea elegante</li> </ul> </li> <li>→ 3.2 Que sea segura           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 3.2.1 Protección contra volcadura, frenado y abrupto</li> <li>→ 3.2.2 Descender rampas de forma segura y controlada</li> <li>→ 3.2.3 Superficie lisa (situaciones de riesgo)</li> </ul> </li> </ul>  | <p><b>4. Que facilite otras actividades diferentes al desplazamiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 4.1 Que sea fácil de transportar           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 4.1.1 Plegable</li> <li>→ 4.1.2 Silla liviana</li> <li>→ 4.1.3 Permita soltar ruedas</li> </ul> </li> <li>→ 4.2 Que permita adoptar diferentes posturas           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 4.2.1 Andar bipedestando</li> <li>→ 4.2.2 Andar sedente</li> <li>→ 4.2.3 Andar semisedente</li> </ul> </li> <li>→ 4.3 Que facilite otros movimientos           <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 4.3.1 Que permita alcanzar objetos a diferentes niveles desde el suelo</li> <li>→ 4.3.2 Facilidad para realizar traslados a otras superficies</li> </ul> </li> </ul>   |

Fuente: presentación propia de los autores.

- *Paso 9. Evaluar desempeño:* se indagó por la satisfacción de las necesidades a partir de su silla actual (1: muy malo; 2: malo; 3: regular; 4: bueno; 5: excelente). La evaluación de desempeño se muestra en la parte derecha de la casa de la calidad.
- *Paso 10. Evaluar parámetros de diseño:* se utilizó Blitz QFD. Se definió el valor objetivo para cada uno a partir del concepto profesional del grupo investigador, comercializadores y distribuidores. Estos valores se denominan valores objetivo o *target*.
- *Paso 11. Analizar los resultados del proceso:* se tienen a las siguientes afirmaciones:

**Tabla 2. Comparaciones del primer nivel de jerarquía asignados por una de las persona en situación de discapacidad**

	Ajuste a la discapacidad (c1)	Facilite desplazamiento (c2)	Genere confianza (c3)	Facilite otras actividades (c4)
Ajuste a la discapacidad	1	7	3	5
Facilite desplazamiento	1/7	1	1	3
Genere confianza	1/3	1	1	5
Facilite otras actividades	1/5	1/3	1/5	1

Fuente: presentación propia de los autores.

**Tabla 3. Pesos relativos de primer nivel calculados a partir de las matrices generadas por los expertos**

	Pesos relativos (c1, c2, c3, c4)
Ingeniero industrial	0.404, 0.204, 0.347, 0.045
Persona 1 en situación de discapacidad	0.586, 0.186, 0.136, 0.091
Persona 2 en situación de discapacidad	0.591, 0.145, 0.201, 0.063
Diseñadora industrial	0.248, 0.608, 0.094, 0.050

Fuente: presentación propia de los autores.

**Tabla 4. Ponderación de las necesidades y equivalencia en la escala de 1 a 5**

Categorías		Necesidades				
Nombre	Wc	Nombre	Wn	Wn×Wc	Pnu (%)	Escala de 1 a 5
Que se ajuste a la discapacidad	0,49	1.1. Comodidad	0,070	0,034	14	1
		1.2. No deteriore la salud	0,424	0,208	84	5
		1.3. Ajustable al nivel de la lesión y medidas	0,507	0,248	100	5
Que facilite actividades de desplazamiento	0,25	2.1. Acceso a diferentes espacios	0,308	0,077	31	2
		2.2. Fácil de maniobrar	0,422	0,105	43	3
		2.3. Que no canse mucho en el desplazamiento	0,270	0,067	27	2
Que genere confianza	0,18	3.1. Calidad de la silla	0,127	0,023	10	1
		3.2. Seguridad	0,873	0,164	66	4
Que facilite actividades diferentes al desplazamiento	0,07	4.1. Fácil de transportar	0,344	0,024	10	1
		4.2. Adoptar diferentes posturas	0,114	0,007	3	1
		4.3. Fácil movilidad	0,542	0,037	15	1

Wc: peso de importancia entre las categorías. Wn: peso de las necesidades del usuario dentro de una categoría.

(Wn × Wc): ponderación global de las necesidades del usuario.

Fuente: presentación propia de los autores a partir del uso de Expert Choice.

- ✓ Todos los parámetros de diseño mantienen una relación fuerte con alguna necesidad, lo cual indica que cualquier cambio que se realice en estos afectará el grado de satisfacción del usuario respecto a alguna de sus necesidades. El parámetro de diseño que requiere más atención e inversión de recursos es el diseño del chasis, que está asociado con el equilibrio y la movilidad del torso y extremidades, seguido del espaldar y el sillín. Los modelos y los diseños existentes son reconocidos por su poco volumen, poco peso y flexibilidad para ser transportados. La calidad para el usuario está asociada a aspectos de percepción subjetiva que pueden no corresponder estrechamente a aspectos técnicos, como lo es la simplicidad, la durabilidad, el peso y la apariencia. Algunas características pueden verse de menor importancia y por dicho motivo priorizar otras. Por lo tanto, cualquier propuesta de diseño debe mantener la calidad alcanzada del producto para evitar su rechazo.

**Tabla 5. Relación de categorías QFD y conceptos de la CIF**

Agrupación por afinidad en términos de cualidades que debería tener el producto		Deseos del usuario	Relación con la CIF	
Categoría	Subcategoría		Categoría del Componente según la CIF	Componente de la CIF al que pertenece
Que se ajuste a la discapacidad	Comodidad	Evitar el calor	Sensoriales y dolor	Funciones y estructuras corporales
		Que haya poca vibración		
		Que sea confortable		
	No deteriore la salud	Cuidar riñones y espalda		
		No escararse		
		Que los reposapiés no generen lesiones		
Ajustable al nivel de la lesión y medidas del usuario		Permita mantener el equilibrio del usuario	Relacionadas con el movimiento	
		Ajustable al nivel de lesión	Neuromusculoesqueléticas y relacionadas con el movimiento	

Fuente: presentación propia de los autores.

- ✓ Los requisitos indispensables en el diseño de un producto de apoyo a la movilidad son: “No deteriorar la salud”, “Ajustarse al nivel de la lesión y a las medidas del usuario” y garantizar la “seguridad”, en términos de protección contra volcado, descenso de rampas y desplazamiento es superficies lisas. A su vez, debe ser versátil en funciones como: cambiar de dirección, disminuir esfuerzo para desplazarse, favorecer la movilidad y acceder a diferentes espacios y una menor dependencia del acompañante. Se identificaron como aspectos positivos marginales el “acceso a diferentes espacios” y el hecho de “no cansarse mucho en el desplazamiento”. Como criterios poco importantes se encontraron: la “calidad de la silla”, el “fácil transporte”, la “adopción de posturas” y la “fácil movilidad”.
- ✓ Frente a oportunidades para impactar en el mercado, se encontró: la asistencia en la propulsión y la disminución de vibración que se transmite durante el rodamiento. De igual forma, la asistencia en subir escaleras se convierte en una buena oportunidad, siempre y cuando conserve la

simplicidad en el volumen y asegure las prioridades del usuario. Frente a la marca, la cual es una preocupación permanente de los productores, el usuario no tendría problema en aceptar una nueva, siempre y cuando le ofrezca seguridad, cuidado de la salud, simplicidad y que se pueda propulsar con los brazos.

#### **4. Discusión de la aplicación del método**

El uso de la AHP dentro de QFD para priorizar las necesidades del usuario permite una mejor precisión al definir la importancia de las necesidades del usuario para alimentar la casa de la calidad, debido a que se pueden analizar los conceptos del usuario de una forma más amplia que la sola percepción individual intuitiva del problema. A su vez, esta priorización permite abordar el diseño con criterios sólidos que atiendan las necesidades del usuario y el desarrollo tecnológico del producto.

En particular, para el problema de inclusión social, el trabajo interdisciplinario permitió tener una visión sistémica del problema de la discapacidad. La configuración del equipo interdisciplinario ayuda a una complementariedad disciplinar; para este caso, el ingeniero industrial aporta en el análisis de la relación entre las necesidades funcionales manifestadas por el usuario y el mercado de las ayudas técnicas. Por su parte, el diseñador industrial aporta en el análisis de las necesidades importantes del usuario para el diseño conceptual en aspectos asociados con la forma y el uso del producto. La aproximación del método hacia la problemática, en lugar del producto específico, permite trabajar en el diseño de nuevos productos con innovación radical. Sin embargo, esta aproximación requiere que se tome un producto como referencia una vez se haya clarificado la opinión del usuario.

El uso de documentos de referencia para análisis del problema de funcionalidad como la CIF es una de las ventajas del método propuesto, en cuanto a productos de apoyo a la discapacidad. El uso de este estándar de referencia para la discapacidad permite generar una categorización de la opinión del usuario y abordar la situación de discapacidad junto con los factores contextuales de la población en estudio de una manera más amplia y organizada. La determinación del valor objetivo de los parámetros de diseño utilizando la técnica Blitz QFD, como se sugirió en el método, permite optimizar recursos tanto de dinero como de tiempo, lo cual permite tener resultados más rápido.

En el país, este tipo de estudios no están exentos de dificultades. Por ejemplo, en la aplicación de las encuestas, al contactar fundaciones y asociaciones de

personas en situación de discapacidad, se encuentra en algunas un rechazo a la colaboración, puesto que han perdido la confianza en este tipo de estudios por una ausencia de realimentación de resultados. Por otro lado, algunas personas en situación de discapacidad siempre esperan a cambio una ayuda, ya sea material o en la prestación de algún servicio (salud, educación o participación). Es recomendable acoger estas actitudes que presentan estas personas para lograr que la participación de ellos sea con una buena actitud y, además, se sientan satisfechos durante el estudio y después de este.

## Conclusiones

Se propuso un método de trabajo interdisciplinario para aplicar QFD y AHP en el análisis de productos de apoyo. Algunas de las ventajas del método son su aproximación problemática diferente a la aproximación tradicional técnica puntual del producto, su organización de criterios con base en referentes de clase mundial de funcionalidad (CIF), la participación complementaria de disciplinas y el uso novedoso de la AHP. Dado que la CIF es una nueva conceptualización de la discapacidad, no se encuentran trabajos de aplicación de ella en el análisis de productos para diseños, por lo cual este trabajo es pionero en ese campo.

Se verificó la importancia del método propuesto en el análisis de productos de apoyo a la movilidad para favorecer la inclusión social de personas en situación de discapacidad. En el estudio particular fue encontrado que son requisitos esenciales de estos productos: “No deteriorar la salud”, “Ajustarse al nivel de la lesión y a las medidas del usuario” y garantizar la “seguridad”. Son aspectos positivos marginales el “acceso a diferentes espacios” y el hecho de “no cansarse mucho en el desplazamiento”. Y son criterios poco importantes: la “calidad de la silla”, el “fácil transporte”, la “adopción de posturas” y la “fácil movilidad”. Desde el aspecto técnico, el parámetro de diseño que requiere más atención e inversión de recursos en este tipo de productos es el diseño del chasis, que está asociado con el equilibrio y la movilidad del torso y extremidades.

Se evidenció un enriquecimiento del análisis del usuario y del aspecto técnico del producto a través del uso de encuestas, revisión de estándares como el ISO 9999:2007 y un proceso de vigilancia tecnológica que incluye artículos y patentes, frente al análisis tradicional de QFD. Este enfoque supera el análisis técnico tradicional de QFD con base en un producto específico, ausente de un contexto de problema. El uso del método propuesto de trabajo de QFD y AHP para productos de apoyo permite elaborar criterios sólidos de análisis de pro-

ducto, de incidencia en el mercado y diferenciar de forma clara la importancia que tienen los criterios del producto con las necesidades del usuario.

Se encontró que en productos de apoyo a la movilidad se pueden tener criterios de calidad que se perciben como secundarios por el usuario aunque son de alta importancia en el diseño. Esto sucede porque el usuario da por hecho que un nuevo producto ya tiene incorporadas las ventajas de los productos que lo preceden.

Se confirmó que la incorporación de la AHP con decisores interdisciplinares en el análisis de QFD posibilita valorar juicios subjetivos y, a su vez, permite una estructuración objetiva en cuanto a su importancia. De este modo, a través del autovector dominante en la ecuación de AHP los pesos que se obtienen de las necesidades del usuario reflejan una mejor aproximación al problema y, a su vez, supera la rigidez de las escalas clásicas utilizadas en el QFD.

## Referencias

- AKAO, Y. QFD: Past, present and future. *Symposium on QFD*. Sweden, 1997.
- AKAO, Y. *Quality function deployment*. Cambridge (MA): Productivity Press, 1990.
- CARNEVALLI, J. y CAUCHICK, P. Review, analysis and classification of the literature on QFD. *International Journal of Production Economics*. 2008, vol. 114, núm. 2, pp. 737-754.
- CHAN, L. K. y WU, M. L. A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example. *Omega-The International Journal of Management Science*. 2005, vol. 33, núm. 2, pp. 119-139.
- FUJITA, K. y MATSUO, T. Utilization of product development tools and methods: Japanese survey and international comparison. *International Conference on Engineering Design*, Melbourne, 2005.
- GONZÁLEZ, M.; AGUILAR, J.; CÓRDOBA, L.; CHAMORRO, C.; HURTADO, N.; VALENCIA, A. y VALENCIA, M. Equipos multidisciplinares en el diseño de productos de apoyo para personas con discapacidad. *Revista Ingeniería e Investigación*. 2009, vol. 29, núm. 3, pp. 142-147.
- GONZÁLEZ-BOSCH, V. y TAMAYO, F. *Asociación Latinoamericana de QFD*, México. 2000.
- HURTADO, M.; AGUILAR J.; MORA, A.; SANDOVAL C.; PEÑA C. y LEÓN A. *Identificación de las barreras del entorno que afectan la inclusión social de las personas con discapacidad motriz de miembros inferiores*. Cali: Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2010.
- INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA: IBV. *Tecnologías al servicio de las personas con discapacidad y las personas mayores*. Valencia:IBV, 2004.
- MARSOT, J. *QFD: a methodological tool for integration of ergonomics at the design stage*. Paris: French National Research and Safety Institute, 2004.

- MASUI, K.; SAKAO T.; KOBAYASHI, M. e INABA, A. Applying quality function deployment to environmentally conscious design. *International Journal of Quality and Reliability Management*. 2003, vol. 1, núm. 20, pp. 90-106.
- MORENO, J. *AHP: fundamentos, metodología y aplicaciones*. Madrid: ASEPUA, 2002.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud: CIF*. Madrid: Imserso, 2001.
- QIAO, M. The effectiveness of requirements prioritization techniques for a medium to large number of requirements. *School of Computing and Mathematical Sciences* [documento en línea]. 2009. <<http://aut.researchgateway.ac.nz/bitstream/handle/10292/833/MaQ.pdf?sequence=3>>
- SAATY, T. L. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill, 1980.
- TAMAYO, F. y GONZÁLEZ, V. Prioritizing customer needs at spectator events: obtaining accuracy at a difficult QFD arena. *Journal of Quality & Reliability Management*, 2004, vol. 4, pp. 145-154.
- TSAI, K.; YEH, C.; LO, H. y LI, C. Application of quality function deployment in design of mobile assistive devices. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 2008, vol. 28, pp. 87-93.
- URANKAR, S. y ROOSMALEN, L. *Design criteria for a wheelchair integrated pelvic restraint device*. Pittsburgh: University of Pittsburgh, 2005.
- USMA, C.; SUBIC, A. y BURTON, M. *Identification of design requirements for Rugby wheelchairs using the QFD method*. School of Aerospace. Melbourne: RMIT University, 2010.
- WANG, H., XIE, M. y GOH, T. N. A comparative study of the prioritization matrix method and the AHP technique in QFD. *Total Quality Management*. 1998, vol. 9 núm. 6, pp. 421-430.
- XU, Z. On consistency of the weighted geometric mean complex judgement matrix in AHP. *European Journal of Operational Research*. 2000, vol. 126, pp. 683-687.
- YACUZZI, E. y MARTÍN, F. *QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos*. CEMA Working Papers: Serie Documentos de Trabajo. Universidad del CEMA, 2003.

