

Despliegue de la función calidad (QFD): beneficios y limitaciones detectados en su aplicación al diseño de prótesis mioeléctrica de mano*

Quality function deployment QFD: benefits and limitations when applied to designing myoelectric prosthesis hand

Erika Sofía Olaya Escobar¹, Carlos Julio Cortés Rodríguez², Oscar Germán Duarte Velasco³

RESUMEN

La calidad, el costo y el tiempo de desarrollo de productos tienen un impacto directo en la productividad, en la participación del mercado y en la rentabilidad de la empresa. A medida que los usuarios alcanzan mayor conciencia sobre sus deseos, es necesario mayor nivel de calidad y una respuesta en el tiempo más rápida. Es decir, si se quiere ganar y mantener participación en el mercado, se debe llegar primero que la competencia con el producto o servicio que desea el cliente.

Del balance y optimización que se logre entre calidad, costo y tiempo dependerá la participación en el mercado y el margen de rentabilidad alcanzado por la empresa. Por lo tanto, es importante implantar metodologías como el *Despliegue de la función calidad*, que permiten planificar el desarrollo de producto en la etapa temprana de diseño y por ende se logra establecer dicho equilibrio.

El propósito de este artículo es presentar el desarrollo de la metodología QFD** sus beneficios y limitaciones. Puesto que no sólo es importante conocer su desarrollo sino también ser consciente de los beneficios y limitaciones en el momento de aplicarla, con el fin de identificar la más viable de aplicar según las características de cada empresa.

PALABRAS CLAVE: despliegue de la función calidad, QFD, casa de la calidad, calidad, diseño del producto, voz del cliente, requerimientos del usuario, características de calidad.

ABSTRACT

Quality, cost and time spent in developing products have a direct impact on a company's productivity, market share and profitability. Greater attention must be paid to quality and quicker responses made as customers become more aware of satisfying their longings. This means that a company must be first in delivering a product or service which customers desire if it wishes to gain and maintain market share. A company's market share and profit margin will depend on the balance and optimisation achieved between quality, cost and time. It is thus important to implant a method like Quality Function Deployment (QFD) leading to planning product development during early design stages and consequently establish such equilibrium. This article's purpose is to present benefits and limitations regarding QFD; one should be aware of them and QFD development when identifying the most viable to be applied according to each company's inherent characteristics.

KEY WORDS: quality function deployment (QFD), quality, quality characteristics, product design, customer opinion, user requirements.

Recibido: Noviembre 24 de 2004

Aceptado: Febrero 4 de 2005

* Primero de una serie de tres artículos. Maestría en Ingeniería - Materiales y Procesos de Manufactura, Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá.

1 Ingeniera industrial. M.Sc. Materiales y Procesos de Manufactura, erika.olaya@gmail.com

2 Ingeniero Mecánico. M.Sc. Materiales y Procesos de Manufactura. M.Sc. en Ciencias económicas-Ciencia y tecnología. Profesor asociado, Universidad Nacional de Colombia, cjortres@unal.edu.co.

3 Ingeniero electricista. M.Sc. en Automatización industrial. Ph.D. en informática. Profesor asociado, Universidad Nacional de Colombia, ogduarte@unal.edu.co

** Quality Function Deployment (QFD), Despliegue de la función calidad

1. Introducción

La permanencia de un determinado producto en el mercado está condicionada por el ciclo de vida del mismo, y es precisamente este el que se ha convertido en un desafío para la industria, la cual, debido a la globalización de la competencia, calidad y desarrollo masivo de productos, ha obligado a la industria a diseñar e implementar metodologías que permitan acortar el tiempo de ciclo para el desarrollo de productos, y mejorar la calidad de los mismos, con el fin de entregar calidad a los usuarios y a la vez ser competitivos en el mercado.

La metodología QFD busca la satisfacción de las necesidades de los usuarios, llevando sus deseos a través de las etapas de diseño hasta la producción del producto. Mediante el QFD la calidad pasa a ser una función de desarrollo del producto; forma parte integral del despliegue de tecnología, fiabilidad y costos.

El QFD es una metodología diseñada para identificar las *características de calidad* de un producto, mediante la identificación de los *requerimientos del usuario*, durante la etapa temprana de diseño. Las ventajas que solventa dicha metodología son:

- Mayor calidad.
- Menor costo.
- Disminución en el tiempo de fabricación.
- Ventaja competitiva en el mercado.

Sin embargo, presenta algunas limitaciones como:

- Complejidad y manipulación dispendiosa de grandes volúmenes de información..
- No tener en cuenta la imprecisión de las variables con las que se trabaja.
- Inadecuado manejo de las variables cualitativas y cuantitativas.
- Las características de calidad no medibles, o que se desconozca su valor, no son tenidas en cuenta para el análisis.

2. Quality Function Deployment

2.1 Generalidades

Los orígenes del QFD son eminentemente prácticos y se remontan a finales de los años 60, cuando el profesor *Yoki Akao*, de la Universidad de Tamagawa (Tokio,) empezó a expresar las necesidades de los clientes en puntos críticos para el aseguramiento de la calidad, y planteó que se tuvieran en cuenta a través de las etapas de diseño hasta la fabricación de los productos. En 1972, con la ayuda de los doctores *Mizuno* y *Furukawa*, en el astillero de *Kobe* se desarrolló la matriz de demandas del cliente y características de calidad, formalizando el concepto de Akao y dando como fruto el desarrollo de la metodología QFD.

2.2 Definición

El despliegue de función calidad (QFD), se define como: *“La conversión de las demandas del consumidor en características de calidad y el desarrollo de una calidad de diseño para el producto terminado, mediante el despliegue sistemático de relaciones entre demandas y características, comenzando con la calidad de cada componente funcional y extendiendo el despliegue de la calidad a cada parte del proceso. La calidad global del producto se logra a través de la red de relaciones.”*²

2.3 Metodología QFD

El QFD es eje que comunica el control de calidad tradicional³ y el diseño de producto durante su etapa temprana⁴. Este permite definir lo que “hay que hacer” y lo transforma progresivamente en “cómo hacerlo”.

El concepto básico de la metodología es trasladar los *requerimientos del usuario* hasta los *requerimientos de producción*, mediante una serie de fases y matrices. Como se evidencia en las secuencias de flechas de la figura 1.

1. De requerimientos del usuario a características de calidad.
2. De características de calidad a características de partes.
3. De características de partes a parámetros de procesos.
4. De parámetros de procesos a requerimientos de producción.

2.3.1 Fase I: Matriz de planeación o casa de la calidad.

La HOQ⁵ es la primera matriz que el equipo de desarrollo de producto implementa para comenzar el despliegue de la función calidad. Esta matriz es especialmente poderosa debido a la cantidad de información que puede documentarse, analizarse; y por su complejidad y por ser la base fundamental para las fases siguientes, se tratará con más detalle en este artículo.

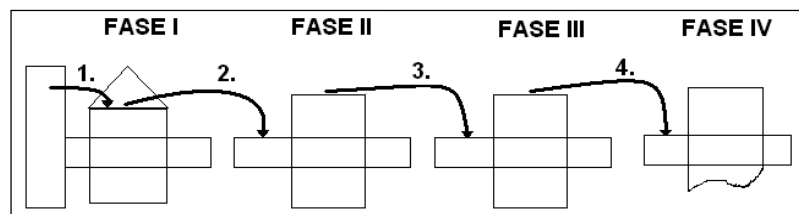


Fig. 1. Modelo de QFD en Cuatro Fases.

Fuente: Cohen (1995). P-311

² Yoki Akao, despliegue de la función calidad: integración de las necesidades del usuario en el diseño del producto, Japón, 1990.

³ Donde se tiene productos físicos medibles.

⁴ Presenta detalles intangibles.

⁵ House Of Quality.

Los objetivos fundamentales del desarrollo de esta matriz son:

- Identificar los requerimientos del cliente.
- Determinar oportunidades competitivas.
- Determinar requerimientos y especificaciones del diseño.
- Determinar requerimientos para posteriores estudios.

La Casa de la Calidad consta de ocho áreas fundamentales, cuatro vectores conforman los perímetros básicos de la casa, y sus relaciones originan cuatro matrices, como se presenta en la figura 2.

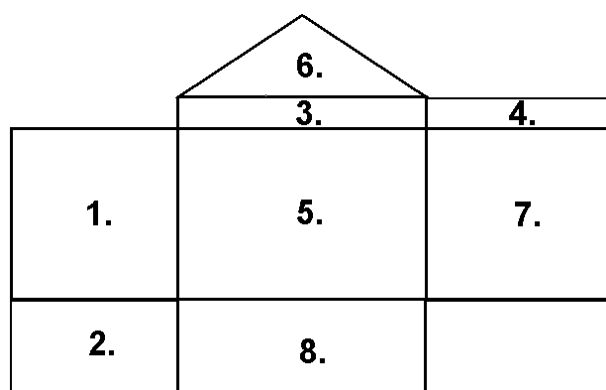


Fig. 2. Casa de la Calidad (HOQ)

Los siguientes son los nombres de los vectores y matrices presentados en la figura 2.

1. Vector de requerimientos del usuario.
2. Vector de evaluación técnica.
3. Vector de características de calidad.
4. Vector de factores de evaluación.
5. Matriz de correlación.
6. Matriz de sensibilidad.
7. Matriz de evaluación.
8. Matriz de puntuación.

En el proyecto "Despliegue de función calidad (QFD) apoyado mediante lógica difusa para requerimientos de diseño de prótesis mioeléctrica de mano"⁶ se presenta una optimización para el desarrollo de la casa, la cual consta de ocho etapas para su construcción, las cuales son:

Etapas 1: Determinar la voz del usuario.

Etapas 2: Organizar, consolidar y traducir información.

Etapas 3: Características de calidad.

Etapas 4: Organizar y consolidar información.

Etapas 5: Matriz de correlación

Etapas 6: Matriz de sensibilidad.

Etapas 7: Matriz de evaluación.

Etapas 8: Matriz de puntuación.

El detalle del desarrollo de cada una de las anteriores etapas se explica, en el proyecto mencionado, en el párrafo anterior.

2.3.2 Fase II: Despliegue de partes o diseño.

Los objetivos de esta fase son: seleccionar la mejor idea de diseño, determinar las partes críticas, las características de las partes críticas y los ítems para posteriores desarrollos.

2.3.3 Fase III: Planificación de procesos

Los propósitos de la fase de planificación de procesos son: determinar la mejor combinación entre el diseño y los procesos, determinar los parámetros críticos de los procesos y establecer sus valores objetivos.

2.3.4 Fase III: Control de proceso

Finalmente, en la fase de control de procesos se crean indicadores de actuación para supervisar el proceso de producción, mantenimiento y habilidades de los operadores.

3. Ejemplo de desarrollo de la HOQ

Con el fin de ilustrar la construcción de la HOQ, se presenta un ejemplo para prótesis de mano, el cual fue desarrollado por los autores para implementar una propuesta metodológica del QFD⁷. El Anexo 1 presenta la estructura total de la HOQ para el ejemplo de prótesis de mano.

3.1 Etapas 1-2

Mediante el desarrollo de las etapas 1-2, se obtiene el vector de *requerimientos del usuario*, el cual representa las necesidades expresadas o determinadas y está constituido por dos requerimientos: *Funcionalidad* y *Confort*, los cuales son desplegados hasta un segundo nivel de detalle con tres y dos requerimientos, respectivamente (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Vector de requerimientos del usuario.

Primer nivel	Segundo nivel
Funcionalidad	Tomar objetos grandes
	Buena fuerza de agarre
	Bloquear al nivel deseado
Confort	Durable
	Liviana

Fuente: Extracción del Anexo A.

⁶ Olaya E., Erika S. "Despliegue de función calidad (QFD) apoyado mediante lógica difusa para requerimientos de diseño de prótesis mioeléctrica de mano".

⁷ Op. cit.

3.2 Etapas 3-4:

Las etapas 3 y 4 permiten obtener el vector de *características de calidad*, el cual representa los atributos que el diseño debe tener para lograr la satisfacción del usuario, y está conformado por los mismos elementos, cada uno con tres y dos características respectivamente (ver Tabla 2).

Tabla 2: Vector de Características de Calidad.

Primer nivel	Segundo nivel
Funcionalidad	Fuerza de prensión
	Arco de Mov. de pronosupinación
	Cantidad de posiciones
Confort	Peso
	Nivel máximo de apertura

Fuente: Extracción del Anexo A.

3.3 Etapa 5

El cruce de información de estos dos vectores conforma la *matriz de correlación*, la cual permite establecer el grado de influencia de las características en la satisfacción de cada requerimiento, mediante la asignación de valores de relación representados por símbolos específicos, como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Nomenclatura de la matriz de correlación.

Fuerte	●	9
Moderada	○	3
Débil	▽	1

Fuente: Extracción del Anexo A.

En el Anexo 1 se puede observar que para cuatro de los *requerimientos del usuario*, hay tres *características de calidad* que pueden influenciar en su mejora; como el caso del requerimiento *buena fuerza de agarre*, el cual está fuertemente relacionado con las características *fuerza de prensión* y *peso*. Así mismo, se pueden evaluar los niveles medios y bajos de cada relación. De este ejemplo es importante resaltar dos aspectos.

- El primero, es el hecho de que el requerimiento *durable*, no tiene ninguna relación con las características asignadas, por lo tanto en este requerimiento no logrará mejorar. Con el fin de corregir esa inconsistencia, se puede reevaluar la matriz, o si es necesario, ingresar una nueva Característica que lo satisfaga.
- El otro aspecto a tener en cuenta, es que la característica *arco de movimiento de pronosupinación*, no está relacionada con ningún *requerimiento del usuario*, y al observar la matriz se puede concluir que es innecesaria, por lo tanto se puede eliminar de esta.

Estos dos aspectos muestran de manera genérica cómo se puede depurar la HOQ en ésta fase de la matriz de correlación.

3.4 Etapa 6

Habiendo evaluado y depurado las características mediante la *matriz de correlación*, se procede a analizar si hay dependencia y de qué tipo; esto se logra mediante la visualización de la *matriz de sensibilidad*. En la Tabla 4 se presenta la simbología utilizada para determinar la dependencia en esta matriz.

Tabla 4: Nomenclatura de la matriz de sensibilidad.

Negativa	-	-1
Positiva	+	1

Fuente: Extracción del Anexo A.

Como se observa en el Anexo 1, la *fuerza de prensión* está relacionada en forma negativa con *nivel máximo de apertura*. Es decir, que entre más grande sea el *nivel de apertura* menor será la *fuerza de prensión*.

Es importante tener en cuenta que la dependencia negativa afecta el desarrollo óptimo de la identificación de las características, por lo tanto se debe buscar una solución para desacoplar las variables con dependencia negativa.

3.5 Etapa 7

Posteriormente se realiza el análisis de la *matriz de evaluación*, en la cual se determinan los requerimientos prioritarios y la capacidad tanto del producto propio como de la competencia para alcanzar la meta de cada requerimiento.

Como se observa en el Anexo 1, esta matriz está constituida por vectores que apoyan su análisis, como en el vector de grado de importancia, en donde los usuarios de prótesis de mano han considerado que para ellos el requerimiento más importante es que su prótesis sea *liviana* a la cual le han asignado un valor de 5, y consideran que de ese grupo de requerimientos el menos importante podría ser *durable*, al cual se le asignó un valor de 1. Por lo tanto, el mayor esfuerzo para enfocar las mejoras de la prótesis debe estar direccionado hacia la satisfacción de los requerimientos con mayor grado de importancia, por lo tanto, se debe contar con información sobre la situación de la compañía y de la competencia ante los requerimientos prioritarios para el usuario.

En el ejemplo, se puede determinar que el requerimiento *prótesis liviana*, para el producto propio tiene un valor de 3.2 sobre un valor meta de 5.0. La competencia 1 satisface mejor este requerimiento con un valor de 4.5, y el competidor 2 está muy por debajo, con un valor de 2.5.

Si se observa el vector del *radio de mejora*, se puede determinar que se tienen como requerimientos críticos para el producto propio los de *liviana* y *bloquear al nivel deseado*, con un valor de mejora de 1.4; sin embargo, es

más crítico el requerimiento de *liviana*, puesto que tiene el mayor grado de importancia.

Mediante el vector de *peso relativo* se puede visualizar mucho mejor el orden de importancia de los requerimientos, que deben ser atacados para satisfacer los *requerimientos del usuario*. Siendo para el ejemplo el más importante nuevamente *liviana*, seguida de *buena fuerza de agarre*, para la cual el radio de mejora también es alto; el requerimiento de *tomar objetos grandes* es el tercero en prioridad; sin embargo, se puede observar que el *radio de mejora* que necesario para alcanzar el *plan de mejora* no es tan alto, por lo tanto este no sería un requerimiento urgente en el momento de tomar decisiones de mejora. Es conveniente evaluar, analizar y tener en cuenta la mayor cantidad de información posible presentada en las matrices, en el momento de la toma de decisiones, también es conveniente analizar los vectores tanto individualmente como en conjunto, para tener una idea general de la situación.

3.6 Etapas 8:

En la *matriz de puntuación* se recopila mediante los diferentes vectores que la constituyen, la información de la capacidad técnica que tiene la compañía frente a los valores meta y a la competencia; en el Anexo 1 se puede observar que para el ejemplo de prótesis de mano, es muy relevante el *Peso* con un valor 44.6 del vector de *peso relativo*; si se observa detenidamente la *matriz de correlación*, se puede identificar que ésta característica, logra satisfacer los dos requerimientos con mayor *grado de importancia* para el usuario; por lo tanto, es muy conveniente tener esta *característica de calidad* como la de mayor prioridad. Por otra parte, *fuerza de presión* y *cantidad de posiciones*, aunque cuentan con pesos relativos muy cercanos (23.9 y 23.2 respectivamente), se puede determinar que es más importante el primero, puesto que está fuertemente relacionado con *buena fuerza de agarre*, que es el segundo *requerimiento del usuario* en importancia. Mientras que *cantidad de posiciones* se relaciona con *requerimientos del usuario*, que corresponde a niveles de importancia bajos como *tomar objetos grandes* y *bloquear al nivel deseado*. Habiendo identificado que las características de mayor prioridad son *peso* y *fuerza de presión*; se debe evaluar el nivel competitivo con que se cuenta, para alcanzar el valor meta de estos.

Como se presenta en el Anexo 1, el *peso* tiene un valor meta de 768 g., y según el vector de orientación se busca disminuirlo. El producto propio presenta un valor de 810 gr. La competencia 1 con un valor de 780 g. satisface mucho mejor esta característica, y por ende puede llegar a lograr mayor aceptación en los usuarios de prótesis. El mismo caso se presenta para la *fuerza de presión*. Por lo tanto se puede concluir que la prótesis de la competen-

cia 1 logra satisfacer mucho mejor las necesidades que los usuarios consideraron importante; si se observa la *matriz de puntuación* se encuentra que nuestro producto tiene un mayor nivel de apertura de la prótesis; sin embargo, es una característica muy poco importante para el usuario.

Esta información no solo permite visualizar lo que desea el usuario, sino que además proporciona una herramienta que permite evaluar la mayor cantidad de información para la toma de decisiones.

4. Beneficios de QFD

La mayor ventaja del QFD se resume en promover el desarrollo de productos en forma preventiva más que correctiva, haciendo que las organizaciones se desplacen contra corriente y trabajen en el punto más alto de la curva de calidad.

La lista de beneficios obtenidos al aplicar QFD es bastante larga. De acuerdo con muchos autores, lo más importante gira alrededor de si el consumidor quedó o no satisfecho. Sin embargo, existen beneficios que no sólo satisfacen el mercado sino también lo hacen con respecto al fabricante.⁸ A continuación se describen los beneficios más preponderantes citados por dichos autores e identificados en el ejemplo presentado en este artículo en el numeral 3:

- El QFD es un sistema relativamente simple, aunque muy detallado, pues para usarlo de un modo adecuado se necesita, por un lado, conocer la mayoría de variables del sistema, y por otro, tener información más precisa de las expectativas del cliente. En el ejemplo presentado en este artículo fue necesario determinar los usuarios que realmente dieran información válida para el sistema, como lo son los pacientes, ortopedistas, fisioterapeutas, rehabilitadores físicos, fisiatras, técnicos protesistas y diseñadores, con la característica particular de que conocieran alguna de las prótesis de mano con las que estaba trabajando la HOQ.
- La prevención, como escudo del QFD, ofrece resultados considerados importantes, pues origina una reducción en el número de problemas que suele haber en las etapas posteriores al inicio de la producción. Como se hace evidente en el ejemplo presentado, en donde las variables de *fuerza de presión* y *apertura máxima* presentan una dependencia negativa, es decir, que tratar de mejorar una va en detrimento de

8 M. E González, *QFD la función despliegue de la calidad*, McGraw-Hill, España, 2000.

la otra; si no se hubiera realizado el análisis con QFD seguramente en la etapa de análisis del diseño mecánico y construcción se reflejaría dicha influencia, ocasionando pérdida de tiempo y recursos.

- Las matrices hechas en un proyecto de QFD pueden ser utilizadas nuevamente como punto de partida para futuros diseños de productos nuevos con características similares. Los datos obtenidos para la prótesis de mano en el proyecto “*Despliegue de función calidad (QFD) apoyado mediante lógica difusa para requerimientos de diseño de prótesis mioeléctrica de mano*”, sirven de base para la etapa de diseño conceptual de los diferentes productos desarrollados en el GIBM-UNCB;⁹ como son la pinza tridigital, prótesis mecánicas, ganchos y, en general, los productos relacionados con elementos protésicos de miembro superior.
- La aplicación del QFD genera, dentro del proceso, una base de información detallada y precisa acerca de los factores estratégicos más importantes para la empresa, permitiendo transferir el conocimiento a nuevos empleados, iniciándolos en el punto más alto de la curva de aprendizaje. Como se mencionó en el ítem anterior, la gran cantidad de información lograda al aplicar la metodología, y la flexibilidad de adaptar dicha información a otros proyectos dentro del GIBM-UNCB, facilita la capacitación de nuevos miembros del grupo al contar la información detallada de qué se ha hecho y qué se proyecta hacer.
- Los pocos cambios de ingeniería que se presentan cuando se trabaja con esta metodología, en su mayoría (90%) se hacen mucho antes que comience la producción. Estos cambios se hacen con gastos mínimos, ya que se realizan sobre papel, previniendo los problemas en lugar de reaccionar ante ellos. En el ejemplo de prótesis de mano se detectaron como *requerimientos del usuario* prioritarios para trabajar que la prótesis sea *liviana* y que tenga *buena fuerza de agarre*, por lo tanto, las *características de calidad* que se deben optimizar son la que tienen mayor influencia sobre estos requerimientos, como es el caso del *peso*. Este caso evidencia las ventajas de la metodología, puesto que mediante su desarrollo se pudo establecer que para el ejemplo presentado en este artículo, sólo es necesario optimizar una *característica de calidad*.

Podría decirse que el valor agregado que tiene la aplicación del QFD es: el logro de productos de mayor calidad, menor costo, disminución en el tiempo de fabricación, transferencia de conocimiento y ventajas sustanciales dentro del mercado.¹⁰

5. Fallas del QFD

- Entre las mayores desventajas que hay en la aplicación del QFD es que se requiere entrenamiento previo de los involucrados en el proyecto. A pesar de que las técnicas de análisis no son complicadas, estas pueden incrementarse conforme aumenta la complejidad del estudio.¹¹ Este caso se puede evidenciar en el ejemplo presentado en este artículo, puesto que la complejidad del desarrollo de la HOQ para este caso, no depende del tamaño de las matrices, sino del conocimiento y criterio objetivo de los usuarios detectados en el sistema y de los expertos del GIBM-UNCB; por otra parte, la confiabilidad de los resultados también depende del análisis e interpretación de los datos arrojados por el sistema.
- La mayoría de información manejada en QFD es vaga e imprecisa; lo cual ocasiona dificultades y posibles falencias a los resultados esperados del producto diseñado.¹² Como se puede apreciar en el ejemplo presentado, la información dada por los usuarios de prótesis de mano es totalmente cualitativa, puesto que se están evaluando sus necesidades y expectativas.
- La etapa de diseño, particularmente en su estado preliminar, está caracterizada por parámetros de requerimientos y niveles de realización imprecisos o vagos, los cuales son normalmente expresados en forma lingüística.¹³ Como se observa en el Anexo 1, en donde los datos que alimentan la matrices de correlación y sensibilidad son totalmente cualitativos, y los de las matrices de evaluación y puntuación son rangos de valores asignados por el usuario para tratar de cuantificar sus criterios sobre cada tipo de prótesis evaluado.
- Según Hauser y Clausing (1988), los deseos del usuario son normalmente obtenidos a través de estudios de mercado y están expresados en listas cualitativas; esto puede generar conflictos puesto que *marketing* e ingeniería hablan lenguajes diferentes. En el ejemplo presentado en este artículo, la dificultad radicó en entender, interpretar y unificar los lenguajes de los médicos ortopedistas, pacientes, técnicos protesistas y fisioterapeutas, entre otros, para poder alimentar los vectores y matrices correspondientes.

⁹ Grupo de Investigación en Biomecánica, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

¹⁰ *Ibid.*

¹¹ *Ibid.*

¹² L. V. Vanegas, A.W. Labid, “A Fuzzy Quality Function Deployment (FQFD) Model for Deriving Optimum Targets”, *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis.

¹³ L. V. Vanegas, A.W. Labid, *Using Fuzzy Sets in Engineering Design: a short Review*. CARS & FOF, Trinidad y Tobago.

- Según Zhou (1998), las decisiones son normalmente tomadas en información difusa, las cuales son tratadas como variables subjetivas y calculadas como métodos para *números reales*, como se trabajaron las matrices de sensibilidad y puntuación, en las cuales se operacionan datos numéricos que han sido obtenidos de los criterios de los usuarios.
- Las metas de las características de calidad son usualmente definidas por grupos de diseño de forma subjetiva y empírica.¹⁴ Para el ejemplo se obtuvieron del criterio y conocimiento de los miembros del GIBM-UNCB.
- QFD es una poderosa aproximación a ser usada para mejorar el diseño de productos y calidad; sin embargo, presenta varias características problemáticas. En el QFD convencional las decisiones son normalmente basadas en información ambigua, y todos los juicios y entradas son tratados como variables subjetivas.¹⁵ En el ejemplo presentado en este artículo se presenta un problema puntual, puesto que los usuarios y expertos tiene conocimiento a lo sumo de un tipo de elemento protésico y obviamente esto puede llegar a sesgar la información.

Con el fin de solventar las limitaciones y falencias de la metodología de QFD, se han adelantado estudios que pretenden tratar su vaguedad mediante la aplicación de técnicas difusas.^{16 17 18 19 20}

Los autores de este artículo han presentado una mejora de la metodología,²¹ al proponer un Modelo de QFD apoyado mediante aritmética difusa, que permite integrar sistemáticamente el desarrollo de la *casa de la calidad* e involucrar la incertidumbre en todas las etapas de construcción de la misma.

6. Conclusiones

- El QFD es una metodología diseñada para apoyar la etapa temprana de diseño de productos, con la cual se mantiene el equilibrio entre tiempo de desarrollo y costos bajos, sin sacrificar la calidad de los mismos.
- La complejidad relacionada a la implementación de la metodología del QFD está fuertemente relacionada a los grandes volúmenes de información, manipulación dispendiosa y veracidad de la información que se recopila, ocasionando que la difusión e implementación sea limitada en nuestro medio.
- Siendo la esencia del QFD trabajar con el criterio de las personas sobre sus deseos, es inherente el alto grado de subjetividad, imprecisión y vaguedad de la información que se involucra en el desarrollo de la metodología, reduciendo la confiabilidad, formalidad e implementación de la misma.

7. Bibliografía

- [1] Agoyuridas, Vassilis; Baxter, Jim.; Mckay, Alison, "On Defining Product Requirements: A Case Study in the UK Health Care Sector", *Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, 2001.
- [2] Akao, Y., "Despliegue de la función calidad: integración de las necesidades del usuario en el diseño del Producto", Japón, 1990.
- [3] Chan, Lai-Kow; WU, Ming-Lu, "Quality Function Deployment: A Literature Review", *European Journal of Operational Research*, January, 2002
- [4] Cristiano, John J.; Liker, Jeffrey and White, Chelsea, "Product Development Through QFD", *The Journal of Product Innovation Management*, Vol. 17, N° 4, July, 2000.
- [5] Dong, Chensong, Zhang Chuck, Wang, Ben, "Integration of Green Quality Function Deployment Fuzzy Multi- Attribute Utility Theory Based Cost Estimation for Environmentally Conscious Product Deployment", Florida.
- [6] Fixon, Sebastian K., "Three Perspectives on Modularity a Literature Review of a Product Concept for Assembled Hardware Products", Massachusetts Institute of Technology, October, 2001.
- [7] Gonzáles B.; Verónica; Tamayo E., Francisco, "Blits: QFD: Un vistazo relámpago al poder de QFD", Universidad de Granada, España, 2002.
- [8] Gonzales E., M.E., "QFD La Función Despliegue de la Calidad", McGraw-Hill, España, 2000.
- [9] Halong, Anthony, "Selection of Sustainable Product Improvement Alternatives", Universität Fridericana Zu Karlsruhe, 2002
- [10] Hernández, C., Carlos, Phabmixay, Chantaly, "La función tecnológica como nexo de la unión entre la orientación al mercado y el enfoque de recursos: aplicación de la matriz QFD"., Granada, España, 2002.
- [11] Kim, K.J.; Moskowitz, H.; Dhingra, A.; Evans, G., "Fuzzy Multicriteria Models for Quality Function Deployment", *European Journal Of Operational Research*, September, 1998.
- [12] LI, H., and Azarm, S., "Product Design Selection Under Uncertainty and whit Competitive Advantage", *Journal of Mechanical Design*, Vol 22, Diciembre, 2000.

14 *Op. cit.*

15 L. V. Vanegas, A.W. Labid, *Quality Function Deployment: a short Review*. CARs & FOF, South Africa.

16 *Op. cit.*

17 Vanegas, L.V., Labid, A.W., *An Improved Quality Function Deployment (QFD) Method*.

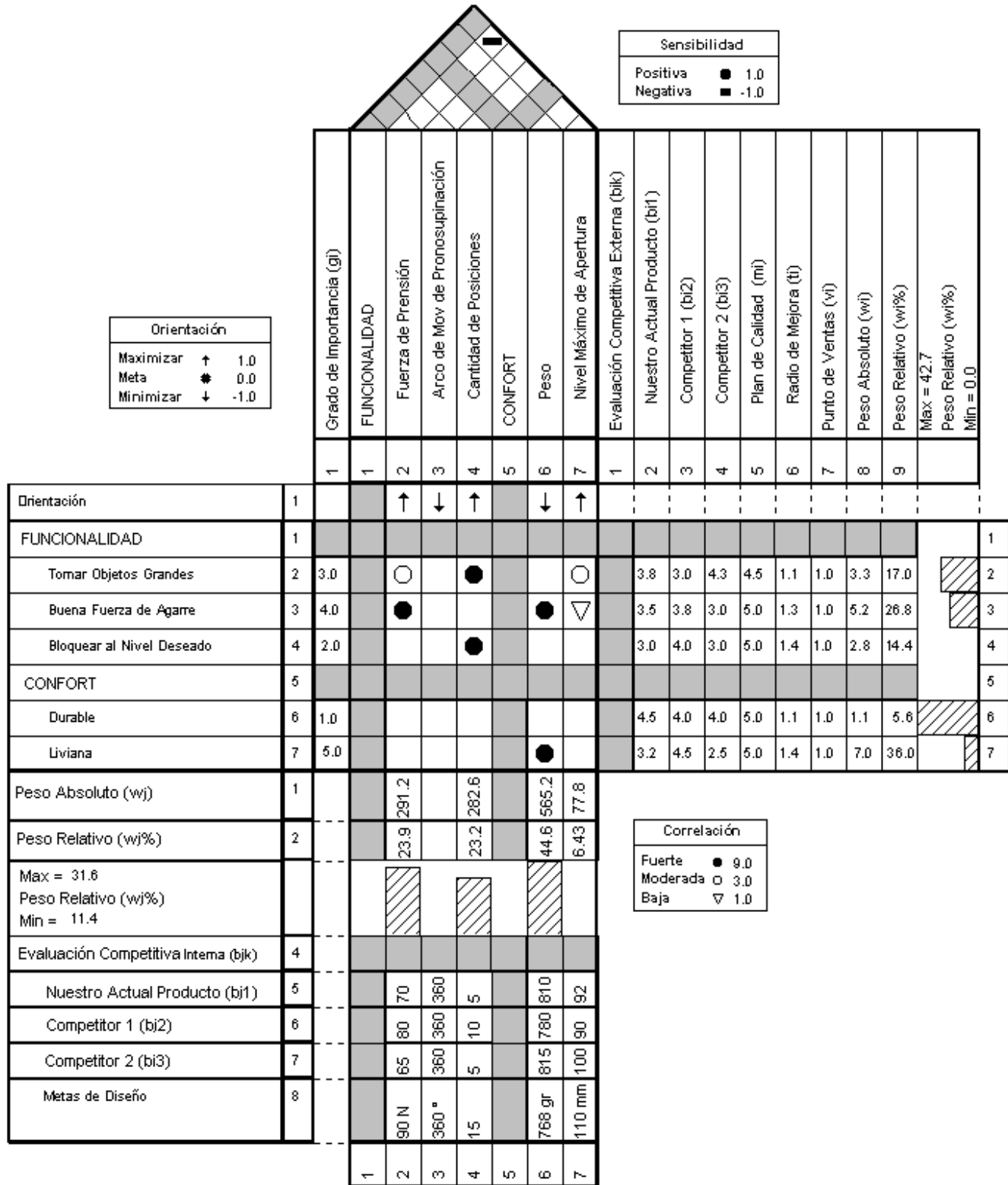
18 *Op. cit.*

19 *Op. cit.*

20 Olaya, Erika S. "Despliegue de función calidad (QFD) apoyado mediante lógica difusa para requerimientos de diseño de prótesis mioeléctrica de mano".

21 *Ibid.*

Anexo 1 Prótesis mioeléctrica de mano



- [13] Mazur, Glenn; Rings, Cathy; Barton, Brian., "Consumer Encounters: Improving Idea Development and Concept Optimization", The 10 TH Symposium on Quality Function Deployment, QFD Institute, Michigan, 1998.
- [14] Mazur, Glenn, "Closes Encounter of the QFD Kind". Sixth Annual Service Quality Conference. QFD Institute, University of Michigan, Japan Business Consultants, University of Michigan College of Engineering Michigan, Michigan, 1997.
- [15] Mazur, Glenn, "Introduction to QFD workshop", QFD Institute, Japan Business Consultants, 2000.
- [16] Mazur, Glenn; Bolt, Andrew, "Jurassic QFD: Integrating Service and Product Quality Function Deployment", The 11 TH International Symposium on Quality Function Deployment, QFD Institute, Michigan, 1999.
- [17] Mazur, Glenn, "9 House of Quality Checks", QFD Institute, Japan Business Consultants, 1993.
- [18] Mazur, Glenn; Gibson, J.; Harries, Bruce, "QFD Applications in Health Care and Quality of Work Life", The 1 TH International Symposium on Quality Function Deployment, QFD Institute, Tokyo, 1995.
- [19] Mazur, Glenn, "QFD for Small Business: A Shortcut Through The Maze for matrices", The 6 TH International Symposium on Quality Function Deployment, Michigan, 1994.
- [20] Mazur, Glenn, "Strategy Deployment for Small and Medium Enterprise", QFD Institute, University of Michigan, Japan Business Consults , Sydney, 1998.
- [21] Mazur, Glenn, "Voice of Customer Analysis: A Modern System of Front-end QFD Tools, Whit Case of studies", QFD Institute, Japan Business Consultants, 1997.
- [22] Monteiro de Carvaloho, Marly, "QFD, Uma Ferramenta de Toma de Decisao en Proyecto". Brasil 1200, Universidad Federal de Santarina.
- [23] Olaya E.; Erika S., "Despliegue de función calidad (QFD) apoyado mediante lógica difusa para requerimientos de diseño de prótesis mioeléctrica de mano", tesis presentada a la Universidad Nacional de Colombia para optar al grado de magister en ingeniería-materiales y proceso, 2004.
- [24] Prasad, Biren, "Review of QFD and Related Deployment Techniques", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 17 No13, 1998, pp. 221-234.
- [25] Puente G., Javier; Priore M., Paolo; Pino D.; Raúl, "La asignación de prioridades a las necesidades del usuario en el despliegue de la función calidad. Un enfoque borroso", Universidad de Oviedo, España.
- [26] Rings, Cathi; Barton, Brian; Mazur, Glenn, "Consumer Encounters: Improving idea Development and Concept Optimization", QFD Institute, 10th Symposium on QFD, 1998.
- [27] Stone, Robert B.; Wood, Kristin L., "Development of a Functional Basis for Design", *Journal of Mechanical Design*, Vol. 122, December, 2000.
- [28] Tang, Jiafu.; Fung, Richard Y.K.; Xu, Baodong; Wang, Dingwei, "A New Approach to Quality Function Deployment Planning With financial Consideration", *Computers & Operations Research*, January, 2001.
- [28] Temponi, Temponi; Yen, John; Tiao, Amos, "House of Quality: A Fuzzy Logic-Based Requirements Analysis", *European Journal of Operational Research*, April, 1998.
- [29] Vanegas, L.V.; Labid A.W, "A Fuzzy Quality Function Deployment (FQFD) Model for Deriving Optimum Targets", *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis. Ltd, vol. 39, N°.1, pp. 99-120, 2001.
- [30] Vanegas, L.V.; Labid A.W., "An Improved Quality Function Deployment (QFD) Method", *CARS & FOF*, South Africa, pp. 152-161, 2001
- [31] Vanegas, L.V.; Labid A.W. "Using Fuzzy Sets in Engineering Design: a short Review". *CARS & FOF*, Trinidad y Tobago, pp. 541-548. 2000.
- [32] Vanegas, L.V., Labid A.W., "Quality Function Deployment: a short Review", *CARS & FOF*, South Africa, pp. 255-262, 2001.
- [33] Yang, Y.Q.; Wang, S.Q.; Dulaimi, M., "A Fuzzy Quality Function Deployment System for Build able Design Decision- Makings", *Automation in Construction*, 2003.
- [34] Verma, Dinesh; Chilakapati, Rajesh; Fabrycky, Wolter, "Analyzing a Quality Function Deployment (QFD) Matrix: An Expert System Based Approach to Identify Inconsistencies and Opportunities".
- [35] Wollover, David R., "Quality Function Deployment as a Tool for Implementing cost as an Independent Variables", 1997.
- [36] Yacuzzi, Enrique; Martín, Fernando, "QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos", Universidad del CEMA y Aventis Pharma.
- [37] Yu, J.S.; González Zugasti; Otto, K.N., "Product Architecture Definition Based Upon Customer Demands", *Journal of Mechanical Desing*, Vol. 121, September, 1999.

Fuente: Despliegue de función calidad (QFD) apoyado mediante lógica difusa para requerimientos de diseño de prótesis mioeléctrica de mano, Apéndice D.