

## INFORMÁTICA APLICADA A LA INGENIERÍA AGRÍCOLA

### ARTÍCULO ORIGINAL

# El Despliegue de la Función de Calidad (QFD) usado en redes de riego en Granma

## *The Deployment of the Quality Function (QFD) in irrigation nets in Granma*

Ing. Raúl Arturo Jiménez Rodríguez<sup>I</sup>, Dr. C. Jesús Rafael Hechavarría Hernández<sup>II</sup>, Ing. Ernesto Leyva Rosabal<sup>III</sup>, M.Sc. Pedro Andrés Núñez Sánchez<sup>IV</sup>

<sup>I</sup> Universidad de Granma (UDG), Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Bayamo, Granma, Cuba.

<sup>II</sup> Universidad de Holguín (UHO), Facultad de Ingeniería, Centro de Estudio CAD/CAM, Holguín, Cuba.

<sup>III</sup> Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios (ENPA), UEB Granma, Departamento de Ingeniería Agrícola, Bayamo, Granma, Cuba.

<sup>IV</sup> Universidad de Granma (UDG), Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas, Departamento de Idiomas, Bayamo, Granma, Cuba.

**RESUMEN.** El Despliegue de la Función de Calidad (QFD) ha sido empleado para el diseño de nuevas aplicaciones e innovación de productos, permitiendo identificar los parámetros que son importantes para el cliente. El presente artículo se realizó con el objetivo de desarrollar el QFD para identificar los requerimientos de los diseñadores en las empresas de proyectos de la agricultura en la provincia de Granma, para emplear estos resultados como base en el desarrollo futuro de un Sistema de Diseño Asistido por Computadora (CAD)(WCADI, #33) que integre los módulos necesarios para el diseño de redes de riego. Se utilizó el QFD, que es un método de evaluación de productos en cuanto a su grado de satisfacción del usuario, a fin de conocer como favorecer el proceso de diseño. La opinión de los usuarios se tomó de una encuesta diseñada a partir de las debilidades en el proceso de confección de los proyectos de riego. Se concluye que el desarrollo del QFD posibilita conocer detalladamente los requerimientos de los diseñadores y analizar a partir de las características técnicas como garantizar sus necesidades de manera satisfactoria.

**Palabras clave:** QFD, Casa de la Calidad, requerimientos del cliente, requerimientos técnicos.

**ABSTRACT.** The Deployment of the Quality Function (QFD) has been used for the design of new applications and innovation of products, allowing identifying the parameters that are more important to the customer. The present paper was carried out with the objective to develop the QFD to identify the designers' requirement in the Companies of Agricultural Projects in the province of Granma, to use these results as base in the future development of a System of Computer Aided Design (CAD) that integrates the necessary modules for the design of irrigation systems. The QFD was used, which is an appraisal method of products as to its satisfaction degree of the user, in order to know how to favor the designing process. The users opinion was taken from a survey designed to evaluate the weaknesses in the process of confection of the irrigation projects. It is concluded that the development of the QFD makes possible knowing the designers' requirements in detail and analyzing from the technical data how to guaranteeing his needs in a satisfactory way.

**Keywords:** QFD, House of Quality, customers' requirements, technical requirements.

## INTRODUCCIÓN

El Despliegue de la Función de Calidad, comúnmente conocido con el acrónimo inglés QFD (Quality Function Deployment), fue desarrollado por Shigeru Mizuno y Yoji Akao. Este último,

presentó esta herramienta en Japón en 1966 (Bossert, 1991; Akao, 1997<sup>1</sup>; Franceschini, 2002; Garza Ríos *et al.*, 2007; Yang, 2008; Díaz Becerra *et al.*, 2011<sup>2</sup>; Cao, 2013). El QFD es un instrumento

<sup>1</sup> AKAO, Y.: QFD: Past, Present, and Future. En: International Symposium on QFD, pp., Linköping, Sweden. 1997.

<sup>2</sup> DÍAZ BECERRA, M. I.; Ó. D. GALINDO URIBE; L. ALDANA DE VEGA; M. P. ÁLVAREZ BUILES; C. A. BERNAL TORRES; C. E. GONZÁLEZ SOLER y A. VILLEGAS CORTÉS: Administración por calidad, Ed. Alfaomega Colombiana S.A., Universidad de La Sabana,

de desarrollo de productos y servicios que permite aplicar el control de la calidad durante su progreso (Díaz Becerra *et al.*, 2011). Implica desarrollar una serie de matrices para relacionar las expectativas del cliente con los requerimientos del producto, proceso y servicio y sus diferentes interrelaciones. Su principio central es capturar la “voz del cliente” y garantizar que se traduzca en una estrategia apropiada para los productos y los requisitos de los procesos (Mazur, 1993)<sup>3</sup>.

Los objetivos del QFD son: diseñar el servicio o producto basándose en las necesidades de los clientes y desplegar la función de calidad en todas las actividades de la organización (Lorenzo *et al.*, 2004)<sup>4</sup>. El QFD tiene la ventaja de reducir los tiempos de desarrollo, optimizar los recursos disponibles, lograr más eficiencia por la reducción de los costos y más eficacia pues se concentran los esfuerzos en “hacer lo que hay que hacer”. Hasta el momento, la aplicación del QFD en Cuba ha estado poco extendida. Solo se ha utilizado, escasamente, en universidades y en el sector empresarial, como herramienta de planificación de algunos productos y para evaluar determinados servicios (Hechavarría Hernández, 2009<sup>5</sup>, 2013<sup>6</sup>).

Debido a que los diseñadores y proyectistas de redes de riego, en el sector empresarial, emplean la automatización de manera independiente en las diferentes etapas del proceso, se hace necesario desarrollar una herramienta CAD para incrementar la calidad y disminuir los plazos de entrega de estos proyectos.

Los objetivos de este estudio son evaluar los criterios e intereses de los especialistas en diseño de las empresas de proyectos de redes de riego en la provincia Granma y valorar la utilidad de la técnica del QFD para desarrollar un Sistema CAD en este campo.

## MÉTODOS

El trabajo se ejecutó en dos empresas de proyectos de la agricultura de la provincia Granma, la Empresa Nacional de Proyectos de la Agricultura (ENPA) y la Empresa de Ingeniería y Proyectos Azucareros (IproyAz), ambas ubicadas en el municipio Bayamo. Estas empresas tienen como objetivo la prestación de servicios técnico-profesionales de proyección, consultoría, diseño e ingeniería aplicando tecnologías modernas y eficientes; la ENPA al sector agropecuario y forestal e IproyAz a la agroindustria azucarera.

El estudio se realizó para el desarrollo futuro de una herramienta CAD que integre todas las etapas de diseño de redes de riego. Se aplicó la metodología del QFD para establecer los requerimientos y necesidades de los diseñadores de redes de riego (llamados también en algún momento clientes o usuarios), en las empresas antes mencionadas, además de analizar los softwares que utilizan actualmente, a través del estudio de encuestas aplicadas a siete proyectistas.

## Procedimiento

El propósito del QFD es alinear las actividades de diseño

con las necesidades del cliente a través de cuatro fases. La primera fase se encarga de 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 (Aguilar-Zambrano *et al.*, 2013).

La primera fase de la metodología del QFD usa la “Casa de la Calidad” (House of Quality) como un modelo visual (Figura 1) (Yang, 2008; Sharma *et al.*, 2010). Generalmente, la Casa de la Calidad es la matriz que analiza los requisitos del cliente en detalle y los traduce al lenguaje de los diseñadores (Lorenzo *et al.*, 2004; Melemez *et al.*, 2013). Para su construcción, el QFD sugiere siete pasos: I) organizar las necesidades o requerimientos del cliente (RC) y establecer el factor de importancia de cada una de estas necesidades, II) posicionar la competencia en cada requisito del cliente, III) definir los parámetros de diseño o requerimientos técnicos (RT), IV) generar la matriz de relaciones, V) correlacionar los parámetros de diseño, VI) evaluar el desempeño de los productos competidores en cada parámetro de diseño y VII) analizar la puntuación obtenida (Merriam & Keller, 1978; Yang, 2008; Díaz Becerra *et al.*, 2011).

Para desarrollar la metodología del QFD en esta investigación se implementaron los pasos descritos anteriormente de la siguiente forma:

### Paso I: Establecimiento de la lista de requerimientos del cliente y el factor de importancia de cada uno

Consiste en definir la lista de las expectativas que deben satisfacer el producto a desarrollar para obtener finalmente los RC (Vezzetti, 2008). Además se le otorga a cada uno de estos RC la importancia que establecen los usuarios, expresada en una escala del 0 al 5 (Yang, 2008).

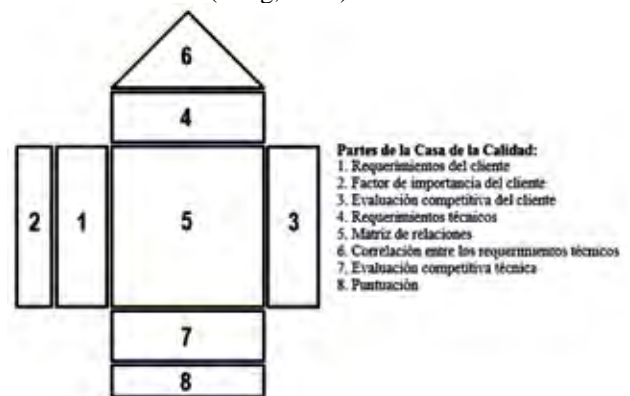


FIGURA 1. Casa de la Calidad del QFD (Yang, 2008)

<sup>3</sup> MAZUR, G. H.: QFD for Service Industries From Voice of Customer to Task Deployment. En: The Fifth Symposium on Quality Function Deployment, pp. 1-17, Novi, Michigan. 1993.

<sup>4</sup> LORENZO, S.; J. MIRA; M. OLARTE; J. GUERRERO y S. MOYANO: “Análisis matricial de la voz del cliente: QFD aplicado a la gestión sanitaria”: 2004.

<sup>5</sup> HECHAVARRÍA HERNÁNDEZ, J. R.: Optimización del diseño de redes de distribución de agua bajo criterios técnico-económicos 130pp., Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya” Holguín, 2009.

<sup>6</sup> HECHAVARRÍA HERNÁNDEZ, J. R.: Sistema CAD/CAM para familias de cruz de malta. Memorias de Manufactura Asistida por Computadora, 2013, pp. 1-75, Centro de Estudios CAD/CAM. 2013

## Paso II: Evaluación competitiva del cliente

En este paso, el equipo que efectúa la investigación necesita obtener información sobre el nivel de cumplimiento de los requerimientos del cliente en los productos existentes en el mercado; dicha información deberá presentarse en forma comparativa contra los que considere sus más fuertes competidores. Realizando el muestreo a través de las encuestas de opinión (Míreles Muños, 2007). Para ello los clientes o usuarios reciben instrucciones de evaluar el grado de satisfacción obtenida dentro de su propia compañía del uso del producto, la escala, de 0 (muy malo) para 5 (muy bien), equivale al usado para evaluar la importancia de los requisitos afectando la decisión de un cliente para comprar un producto o recibir un servicio (Franceschini, 2002).

Se realizó una analogía entre los productos existentes en el mercado y las herramientas CAD utilizadas en estas empresas, con el fin de comparar las potencialidades de cada una. A continuación se describen las características esenciales de cada una de estas herramientas para la confección de los proyectos de riego.

- DisPerT: Se utiliza para el diseño de tuberías en conductoras, cálculo de válvulas de aire y de desagüe, nivelar las tuberías, etc.
- EPANET: Es un programa para el análisis de sistemas de distribución de agua potable, capaz de trabajar con períodos de simulación hidráulica y del comportamiento de la calidad de las aguas dentro de una red presurizada, además está diseñado para mejorar el conocimiento del movimiento y destino del agua potable y sus constituyentes en una red (Rossman, 1999).
- CivilCAD: Es un software diseñado para crear funciones adicionales que automatizan y simplifican las tareas dentro de la Ingeniería Civil y la Topografía. Se puede utilizar para obtener rápidamente perfiles, secciones, curvas de nivel, cálculo de volúmenes en plataformas y vialidades, cuadros de construcción, subdivisión de polígonos, entre otras aplicaciones más (ARQCOM, 2000)<sup>7</sup>.
- ILWIS (acrónimo inglés de Integrated Land and Water Information System, Sistema Integrado de Información de Tierra y Agua): Es un Sistema de Información Geográfica y software de percepción remota para el manejo de información geográfica vectorial y raster. Las características del ILWIS incluyen digitalización, edición, análisis y representación de geodatos así como la producción de mapas de calidad (ILWIS, 2007).
- AutoCAD: Es una herramienta para el diseño en CAD analítico. Permite dibujar planos, piezas, ensambles de una manera ágil, rápida y sencilla, con acabados perfectos y sin las desventajas que encontramos si se ha de hacer a mano; permite intercambiar información no solo por papel, sino mediante archivos en diferentes formatos de intercambio digital (Autodesk, 2012)<sup>8</sup>.

## Paso III: Definir los requerimientos técnicos

En este punto, se requiere de una reunión con los actores directos de la prestación del servicio o la elaboración del producto; con la intención de determinar las actividades o acciones (requerimientos técnicos) que se realizan en la organización

para satisfacer los RC identificados, y con esta información construir la matriz de relaciones (Kwong *et al.*, 2011). Se suelen realizar *tormentas de ideas* o un *diagrama de afinidad* para recoger los conocimientos de los especialistas.

Para la aplicación del QFD se requiere el conocimiento detallado del proceso bajo análisis porque es necesario asignar algunas prioridades y objetivos. Para esta tarea se creó un equipo de expertos, conformado por los autores de este trabajo y los siete proyectistas que están involucrados activamente en el diseño de redes de riego en las empresas estudiadas.

## Paso IV: Generar la matriz de relaciones

Se basa en tratar de valorar la influencia que tienen los distintos RC en la obtención de los distintos RT, relación representada por  $r_{ij}$  (Sireli *et al.*, 2007). Para ello se adopta una escala de relación llamada clásica japonesa. En ella se designa a cada símbolo un valor determinado. Relación fuerte: (●), equivale al número 9. Relación moderada: (○), equivale al número 3. Relación débil o baja: (▽), equivale al número 1. Cuando no existe relación se deja el espacio vacío y equivale al número 0 (Yang, 2008).

La asignación de la intensidad de las relaciones, que se muestran en la matriz, se hizo por el equipo de expertos descrito anteriormente.

## Paso V: Correlación de los parámetros de diseño

El panel triangular de la parte superior de la Casa de la Calidad también llamado “*techo*”, indica la correlación entre los RT (Bossert, 1991; Vezzetti, 2008; Cao, 2013). En el diseño de nuevos productos, es importante conocer el efecto que un incremento o mejora en un RT tiene sobre los demás; ignorar estas interacciones podría llevar a que, en aras de lograr una mejora en un RT se alteraran negativamente otros RT importantes. Esta información es crítica, y es fundamental para la aplicación del ingenio técnico, capaz de satisfacer objetivos en conflicto. El signo más (+) significa una correlación positiva (ambos RT se mueven en el mismo sentido), el signo menos (−) indica una correlación negativa (los RT se mueven en sentido contrario) y la casilla vacía indica que no hay correlación.

## Paso VI: Evaluación competitiva técnica

En forma similar a la evaluación competitiva del cliente (paso 2) se deberá realizar un análisis comparativo del desempeño de las acciones o actividades que los investigadores realizaran (los RT) para satisfacer los requerimientos del cliente. En este punto se recomienda que participen los responsables de las actividades y/o expertos en la prestación del servicio o elaboración del producto; además, es deseable que conozcan el desempeño de la competencia evaluando los mismos productos que en el paso 2 (Míreles Muños, 2007).

Con la participación del equipo de expertos se compararon los mismos productos que en la evaluación competitiva del cliente para obtener el más completo entendimiento de los

<sup>7</sup> ARQCOM: Manual de usuario. CivilCAD, pp. 2000.

<sup>8</sup> AUTODESK, I.: AutoCAD. San Rafael, California, USA, pp. CAD/CAM Software. 2012.

productos. Esta valoración se utilizó para establecer el valor de los objetivos a ser alcanzados, seleccionando los más competitivos de cada uno de los resultados más importantes para implementarlos en el producto a diseñar.

**Paso VII: Análisis de la puntuación obtenida**

Este es el último paso del QFD, consiste en obtener una evaluación de la importancia técnica  $w_j$ , que es una combinación de la relación  $r_{i,j}$ , de los RC, los RT y el factor de importancia de los requerimientos del cliente  $d_i$  (Van de Poel, 2007<sup>9</sup>; Yang, 2008).

$$w_j = \sum_{i=1}^m d_i \cdot r_{i,j}$$

donde:

- $w_j$  = importancia técnica;
  - $r_{i,j}$  = relación entre los RC y los RT;
  - $d_i$  = importancia de los requerimientos del cliente;
  - $i = 1, 2, \dots, m$ ; siendo  $m$  el número de requerimientos del cliente;
  - $j = 1, 2, \dots, n$ ; siendo  $n$  el número de requerimientos técnicos.
- La evaluación de las importancias técnicas no tienen in-

terpretación física y su valor recae sobre su ordenamiento por rango referente de uno con respecto a otro. Son utilizadas para decidir cuáles RT son prioridades y deberían recibir la mayor asignación de recursos (Yang, 2008). Debajo de cada valor de importancia técnica se obtiene el nivel jerárquico o número de prioridad de cada requerimiento técnico.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Requerimientos del cliente y su factor de importancia**

Se partió de las encuestas aplicadas al personal encargado del diseño de las redes de riego en las empresas estudiadas, obteniéndose como necesidades primarias:

- Responder a las exigencias del INRH.
- Reducir el tiempo del proyecto.
- Incrementar la calidad.
- Fácil de usar.

Finalmente quedaron definidos los requerimientos del cliente para incorporarlos al QFD del Sistema CAD a desarrollar con su correspondiente categorización y ponderación de acuerdo a la importancia designada por los propios clientes o usuarios, como muestra la Tabla 1.

**TABLA 1. Requerimientos del cliente con su factor de importancia**

Requerimientos del cliente	Factor importancia ( $d_i$ )
Tener en cuenta la metodología cubana para el diseño de redes de riego	5
Módulo informático para el diseño de canales	4
Módulo informático para el diseño de tuberías	4
Automatizar los procedimientos de cálculos hidráulicos	4
Módulo informático para el diseño de perfiles de suelo	4
Diseño de diferentes regímenes de riego	4
Módulo de simulación hidráulica	4
Automatizar el procedimiento de dibujo	4
Que sea confiable	5
Fácil aprendizaje y manejo	3

La Figura 2 exhibe como las herramientas informáticas que se utilizan actualmente en las empresas de proyectos de redes de riego no cumplen con las expectativas de los usuarios pues no integran todas las etapas de diseño, específicamente en lo que respecta a los regímenes de riego. Los especialistas de estas áreas deben adecuar cada herramienta a las necesidades de cada red de riego proyectada. Además, al generarse un alto volumen de información en cada software y tener que intercambiar manualmente esta información entre dichos software, existe la posibilidad de ocurrencia de errores.

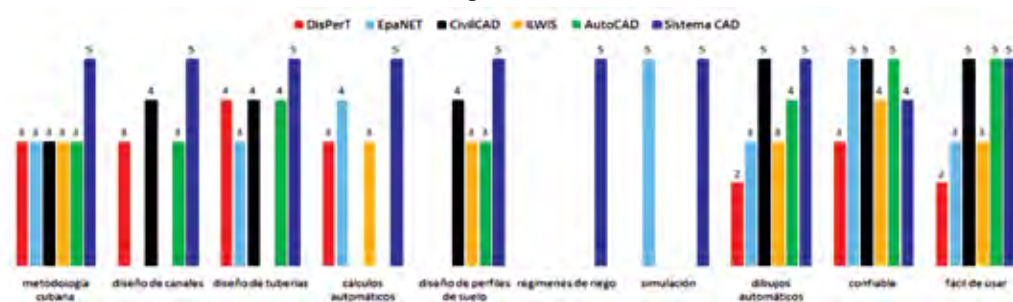


FIGURA 2. Representación de los resultados de la evaluación competitiva del cliente.

<sup>9</sup> VAN DE POEL, I.: Methodological problems in QFD and directions for future development. En, 25 April 2007, pp. 21-36. 2007.

### Requerimientos técnicos

Se logró elaborar la lista de RT que debe cumplir la herramienta CAD a diseñar, la que estará integrada por:

- Módulo informático para el trazado de tuberías.
- Módulo informático para el cálculo hidráulico.
- Módulo informático para la simulación hidráulica de la red.
- Módulo informático para la generación de planos técnicos.
- Tablas de resultados del cálculo hidráulico.
- Reportes clasificados de materiales.
- Validación de los resultados del cálculo hidráulico.
- Integración de las etapas del diseño de modo sistémico.
- Interfaz amigable.

### Matriz de relaciones

La Figura 3 muestra la Casas de la Calidad del QFD completada, en ella se sustituyeron los símbolos de la matriz de relaciones por los valores correspondientes, según indica la escala clásica japonesa. Se presentan los diferentes requisitos técnicos y su correspondiente interrelación con los requerimientos del cliente.

Del análisis de las columnas de esta matriz se puede observar que aspectos como cálculo hidráulico, simulación hidráulica, generación de planos técnicos y validación de los resultados impactan o están relacionados con varios RC, por lo que al mejorarse se cumplirían mejor las exigencias de los clientes.

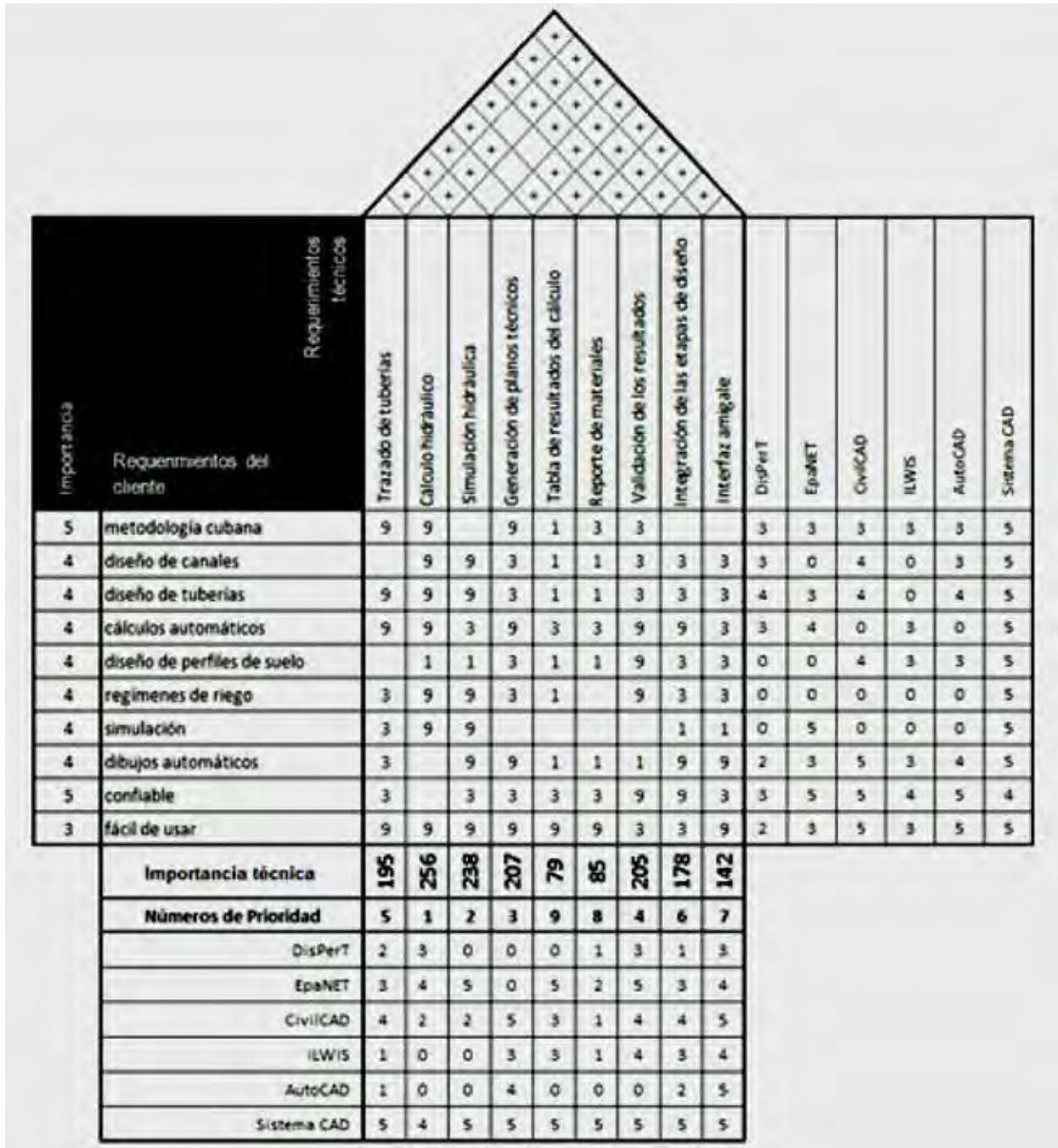


FIGURA 3. Casa de la Calidad.

### Correlación de los parámetros de diseño

Al identificar, en esta parte del procedimiento, si al realizar una actividad se tienen efectos positivos, negativos o nulos en alguna otra actividad, debemos ser cuidadosos de no brincar a los intercambios favorables rápidamente. En realidad queremos llevar a cabo todos los RT para satisfacer los RC. Examinemos estas correlaciones en el techo de la Casa de la Calidad de la Figura 3. En primer lugar, están las correlaciones positivas entre el trazado de tuberías, la validación de los resultados y la integración de las etapas del diseño con los restantes RT, esto se debe a que son los elementos más importantes para garantizar la calidad de la información técnica de los proyectos de redes de riego. En segundo lugar no hay correlación entre la simulación

hidráulica y los RT, generación de planos técnicos, tablas de resultados del cálculo y reportes de materiales porque la simulación se realiza como representación gráfica de las velocidades y presiones requeridas por los diseñadores.

### Evaluación competitiva técnica

El desempeño de los programas informáticos en cada parámetro de diseño se observa en la Figura 4, de forma similar, apreciamos la necesidad de implementar un nuevo Sistema CAD pues los utilizados en las empresas estudiadas no satisfacen la integración de las etapas en los proyectos de redes de riego, mostrando cada uno las limitaciones que tiene.

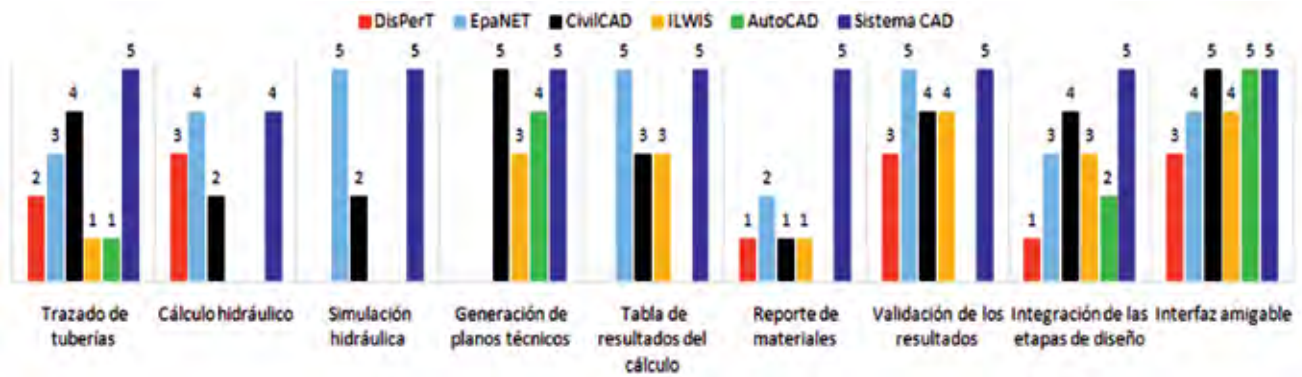


FIGURA 4. Representación de los resultados de la evaluación competitiva técnica.

### Evaluación de la importancia técnica y su número de prioridad

Esta información posibilitó orientar de inmediato a los diseñadores hacia los RT que deben ser consideradas con prioridad (aunque no con exclusividad), ya sea porque son críticas para un número pequeño de RC, o porque son relevantes para un gran número de RC, o cualquier otra combinación que produzca un resultado de ponderación total relativamente elevado. Un valor de ponderación total alto sugiere la necesidad de dirigir las actividades de diseño o desarrollo tecnológico en un sentido compatible con la alta ponderación (Yacuzzi y Martín, 2002)<sup>10</sup>.

La Figura 5 resume el cálculo del valor total de las ca-

racterísticas de control del producto a partir de la matriz de relaciones del QFD aplicado, se establece que los requerimientos técnicos con mayores puntuaciones fueron, por ese orden: módulo informático para el cálculo hidráulico, módulo informático para la simulación hidráulica de la red, módulo informático para la generación de planos técnicos, la validación de los resultados del cálculo hidráulico, módulo informático para el trazado de tuberías y la integración de las etapas del diseño de modo sistémico. Esto nos permitió saber qué dirección debe tomar el equipo de trabajo y a qué módulos asignar los recursos para desarrollar un Sistema CAD de diseño de redes de riego.

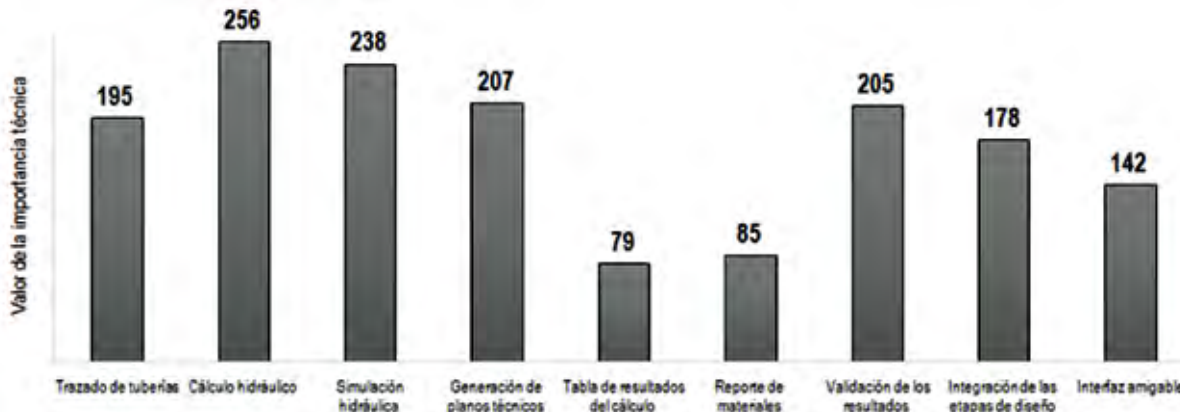


FIGURA 5. Representación del cálculo de las características de control del producto.

<sup>10</sup> YACUZZI, E. y F. MARTÍN: QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos. Universidad del CEMA, pp. 37. 2002.

## CONCLUSIONES

- Este trabajo presentó la experiencia obtenida de la aplicación del QFD, donde la integración de los resultados se puede tomar en consideración para enfocar y organizar el proceso de desarrollo de nuevos productos o servicios.
- Concedió un amplio conocimiento de la competencia, o sea, de las herramientas informáticas que se explotan actual-

- mente en las empresas de proyectos de redes de riego, las que no cumplen con las expectativas de los usuarios ni con los parámetros de diseño establecidos en la investigación.
- El análisis efectuado permitió evaluar las posibilidades concretas de satisfacer las necesidades de los diseñadores y demostrar la posición ventajosa que presenta el desarrollo de un Sistema CAD propio con relación a los utilizados en las empresas analizadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR-ZAMBRANO, J.; A. LEÓN-DÍAZ y A. VALENCIA: "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", *Ingeniería y Universidad*, ISSN Impreso: 0123-2126 ISSN en línea: 2011-2769 Vol. 17 No. 1: pp. 225-241, 2013.
- BOSSERT, J. L.: *Quality function deployment: a practitioner's approach*, Ed. ASQC Quality Press Milwaukee, Wisconsin, 1991.
- CAO, Y.: "Study of SPI framework for CMMI continuous model based on QFD", *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, (E-ISSN 1817-3195 / ISSN 1992-8645) Vol. 52 No.2: pp. 121-128, 2013.
- FRANCESCHINI, F.: *Advanced quality function deployment*, Ed. St. Lucie Press is an imprint of CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, 2002.
- GARZA RÍOS, R.; C. GONZÁLEZ SÁNCHEZ; I. PÉREZ VERGARA; M. JACAS NOY y Y. MORENO PÉREZ: "QFD vs AHP: comparación de los resultados en la obtención de los requisitos de calidad", *Revista de Ingeniería Industrial*, ISSN 1815-5936 Vol. 28 No. 3: 2007.
- ILWIS: *ITC Enschede. Integrated Land and Water Information System [en línea] Disponible en: <http://52north.org/communities/ilwis/> [Consulta: 25 de febrero de 2014]*.
- KWONG, C. K.; Y. YE; Y. CHEN y K. L. CHOY: "A novel fuzzy group decision-making approach to prioritising engineering characteristics in QFD under uncertainties", *International Journal of Production Research*, ISSN 0020-7543 (Print), 1366-588X (Online). Vol. 49, No. 19: 2011.
- MELEMEZ, K.; G. D. GIRONIMO; G. ESPOSITO y A. LANZOTTI: "Concept design in virtual reality of a forestry trailer using a QFD-TRIZ based approach", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, ISSN: 1300-011X Vol. 37: pp. 789-801, 2013.
- MERRIAM, J.L.; KELLER, J.: *Farm Irrigation System Evaluation: A Guide for Management*, Ed. Utah State University, 271pp., ISBN: 631.7.M568b, Logan, UT, USA, 1978.
- MÍRELES MUÑOS, R.: *Implementación del despliegue de la función de calidad (QFD)*, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, 2007.
- ROSSMAN, L. A.: "Water Distribution Systems Handbook", *Computer Models / EPANET*, pp Ed. McGraw-Hill, New York, 1999.
- SHARMA, A. K.; I. C. MEHTA; J. R. SHARMA y S. A. SHARMA: "Development of a Customized User-Interface Tool for Quality Function Deployment", *IUP Journal of Systems Management*: pp. 24-32, 2010.
- SIRELI, Y.; P. KAUFFMANN y E. OZAN: Integration of Kano's Model Into QFD for Multiple Product Design. En: *IEEE Transactions on Engineering Management*, ISSN: 00189391 pp. 2007.
- VEZZETTI, E.: "Computer aided inspection: design of customer-oriented benchmark for noncontact 3D scanner evaluation", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, ISSN: 0268-3768 (Print) 1433-3015 (Online) Vol. 41: pp. 1140-1151, 2008.
- YANG, K.: *Voice of the Customer: Capture and Analysis*, Ed. The McGraw-Hill Companies, ISBN-13: 978-0071465441, United States of America, 2008.

**Recibido:** 18/12/2012.

**Aprobado:** 08/01/2015.

**Publicado:** 15/02/2015.