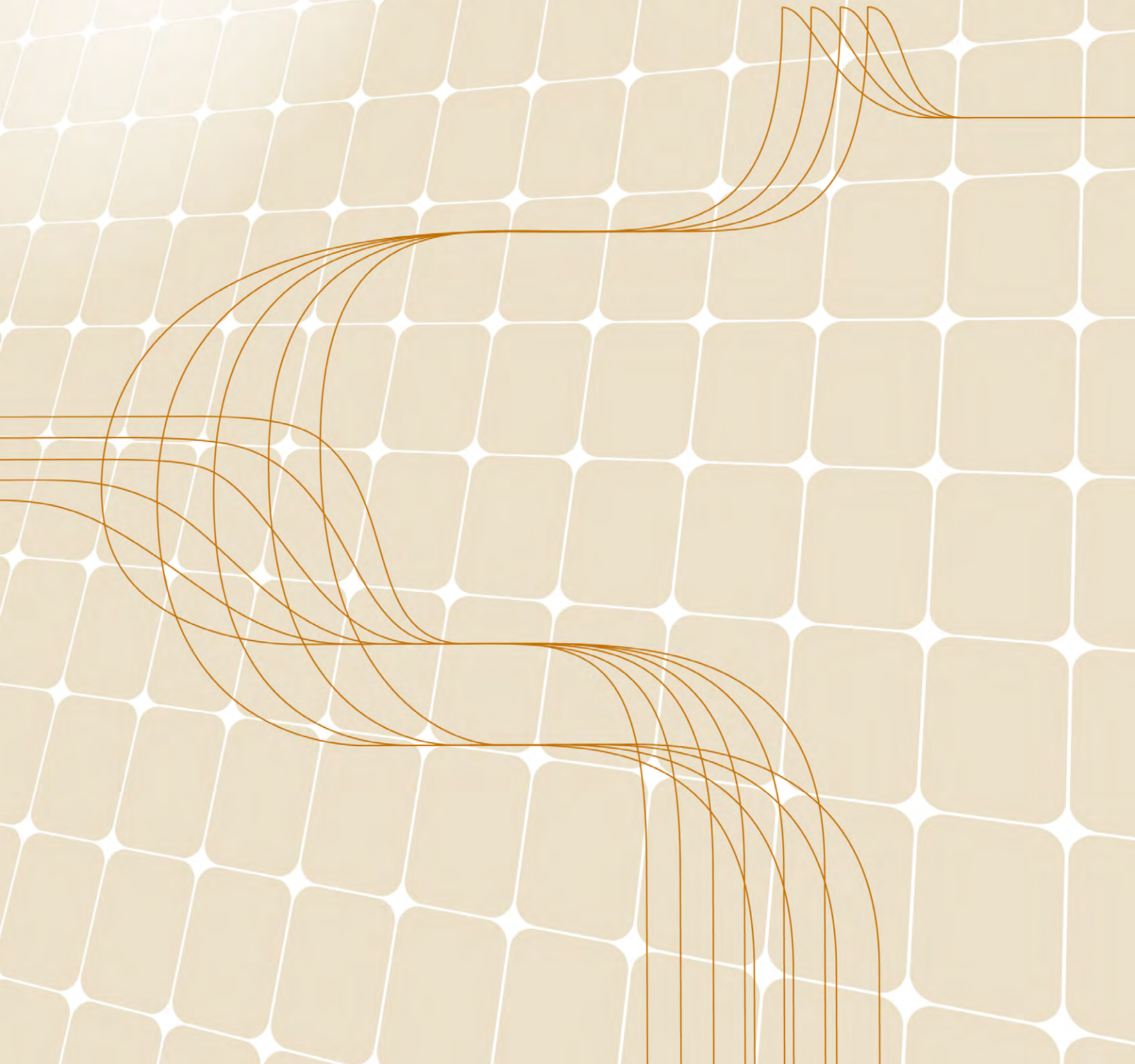


<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/index>
www.ucr.ac.cr / ISSN: 2215-2652

Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
JULIO/DICIEMBRE 2023 - VOLUMEN 33 (2)



Evaluación de sistemas constructivos para vivienda de interés social utilizando la matriz QFD

Evaluation of construction systems for social interest housing using the QFD matrix

Ing. Luis Enrique Garita Durán

Graduado de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

e-mail: luisgarita94@hotmail.com

ORCID: 0000-0001-7932-4080

Ing. Robert Anglin Fonseca, M.Sc.

Profesor de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

e-mail: robert.anglin@ucr.ac.cr

ORCID: 0000-0002-6399-7659

Ing. Einer Rodríguez Rojas, MAP, MIng.

Profesor Adjunto. Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

e-mail: einer.rodriguez@ucr.ac.cr

ORCID: 0000-0002-6937-2887

Recibido: 13 de febrero de 2023

Aceptado: 24 de abril de 2023

Resumen

Costa Rica tiene un déficit habitacional para su población más vulnerable. Se identifica una carencia de información y evaluación de posibles sistemas constructivos para vivienda de interés social que permita mejores resultados en factores como alcance, costo, calidad y tiempo de obra en las fases tempranas de un proyecto.

Se realizó una evaluación con un criterio técnico e imparcial para nueve (9) sistemas constructivos para viviendas de interés social unifamiliares, específicamente para las actividades de construcción de cimentaciones, muros y acabados al aplicar la herramienta de matriz de Despliegue de Función de la Calidad (QFD).

La Matriz QFD traslada los requerimientos del usuario a los de producción utilizando "Qués" y "Cómos". Las calificaciones finales se basan en una cantidad de ochocientos diez (810) resultados en función de las variables para dos actores de estudio (actor constructor y actor usuario). Respecto al actor constructor, el sistema de concreto con columnas y baldosas horizontales con un puntaje de 236,5, fue el sistema de mejor calificación.

Para el actor usuario, el mejor sistema fue el de mampostería integral con un puntaje total de 196,3. Las cuantificaciones realizadas para cada sistema constructivo no son absolutas, dependen de factores como el mercado, normativas, percepción social, entre otras.

Si un sistema obtiene mejor calificación quiere decir que, para las variables consideradas, su importancia asignada y el usuario evaluado, ese sería el mejor sistema constructivo, por lo tanto, no se debe interpretar que, en términos absolutos, un sistema con una mayor calificación es superior a los demás.



Palabras Clave:

Evaluación, interés social, matriz QFD, sistema constructivo, vivienda.

Abstract

Costa Rica has a housing deficit for its most vulnerable population. There is a lack of information and evaluation of possible construction systems for social interest housing that can improve indicators like scope, cost, quality and construction time in the early phases of a project.

An evaluation was conducted with technical and impartial criterion on nine (9) construction systems for social housing, specifically for the activities of construction of foundations, walls and finishes, applying the Quality Function Deployment Matrix (QFD).

The QFD Matrix transfers user requirements to production requirements using "What's" and "How's". The final ratings are based on a number of eight hundred and ten (810) results based on the variables for two study actors (the contractor and the user).

For the contractor, the prefabricated concrete system consisting of columns and horizontal panels, that obtained the highest evaluation (236, 5), was the system with the best rating. For the user, concrete masonry system obtained the highest evaluation (196, 3). The results are not absolute; they vary on factors such as the market, regulations, social perception, among others. When a system obtains a better rating, it means that, for the variables considered, for its assigned importance and for the evaluated user, it is the most adequate. It cannot be concluded that, in absolute terms, that a system with a higher rating is better than the others.

Keywords:

Construction system, evaluation, housing, QFD Matrix, social interest.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo humano, social e integral de un país está asociado con la evolución en indicadores tales como seguridad, infraestructura, educación, empleo y acceso a la vivienda. Respecto a este último, la vivienda de interés social tiene el potencial de mejorar significativamente las condiciones de vida de muchos ciudadanos, además de impulsar el crecimiento económico del país mediante inversión estatal como un catalizador para generar empleo y estimular la economía en general.

Desde el año 2019, Costa Rica tiene un déficit habitacional que se aproxima a 200 000 soluciones de vivienda [1]. Si bien existen métodos constructivos predominantes en el mercado para construir viviendas con beneficio social, la selección correcta tiene un impacto directo en aspectos técnicos, económicos, sociales, sostenibles y ambientales, y puede influir significativamente en la calidad de vida de sus residentes.

Un instrumento para analizar, comparar y seleccionar los sistemas de construcción podría ser la herramienta conocida como matriz QFD (Despliegue de Función de la Calidad). Este tipo de metodología permite, de forma sistemática, diseñar un producto o un servicio en función a las características de calidad y satisfacción del cliente [2].

En esta investigación, se analizan las alternativas constructivas para proyectos de vivienda de interés social en Costa Rica de forma cualitativa y cuantitativa utilizando la matriz indicada. Autores han brindado sus publicaciones respecto a proyectos de construcción y la utilización de la matriz QFD. Según [3], la planificación de un proyecto, al priorizar sus factores de construcción, brinda beneficios en el uso de recursos al mejorar los procesos.

Tal y como lo indica [4], es un método para medir y evaluar, desde una perspectiva funcional, tecnológica y económica, un sistema constructivo en función de las características geográficas y económicas del entorno y del proyecto.

En el año 2004, [5] investiga sobre la manera de innovar y mejorar el proceso constructivo de vivienda de interés social al realizar comparaciones de tecnologías; uno de sus esquemas lo realiza mediante la herramienta de calidad QFD y su importancia para considerar los aspectos de calidad de vida y diseño del sistema constructivo. La utilización de una matriz QFD para la gestión de requisitos de una forma cuantitativa ha aportado valor a la toma de decisiones sobre el diseño de viviendas de interés social [6]. Según [7], se sugiere identificar requisitos técnicos y requerimientos de las partes interesadas para construir la metodología de una matriz QFD.

Por su parte, [8] indica que una limitación de la matriz QFD corresponde a la complejidad de la metodología de implementación relacionada con el volumen y veracidad de la información.

En el contexto de Costa Rica, surge una problemática al no contar con información actualizada, práctica e imparcial que permita identificar el sistema constructivo óptimo para los proyectos de vivienda de interés social, al tomar en cuenta factores clave como el alcance, costo, calidad y tiempo de obra. Para tal efecto, en el año 2019, [9] desarrolla un proyecto para evaluación y selección de sistemas constructivos de vivienda de interés social, que constituye la base de este documento.

2. OBJETIVO

Este estudio tiene como objetivo principal evaluar los sistemas constructivos para vivienda de interés social en Costa Rica por medio de la herramienta matriz QFD, de tal manera que proporcione información en la fase temprana del proyecto para colaborar en la toma de decisiones y que, consecuentemente, permita disminuir el riesgo y aumentar su probabilidad de éxito.

3. ALCANCE

El alcance de la investigación es comparar nueve (9) sistemas constructivos para viviendas de interés social unifamiliares de una planta en Costa Rica para las actividades constructivas de muros, cimentaciones y acabados.

4. MATRIZ QFD (DESPLIEGUE DE FUNCIÓN DE CALIDAD)

La matriz QFD tiene como propósito alcanzar la calidad total de un producto por medio de una red de relaciones que se logran al integrar la calidad esperada del diseño del producto terminado en función de las expectativas del consumidor de forma sistemática a las demandas y características de cada parte del proceso. De forma básica, la matriz QFD traslada los requerimientos del usuario a los requerimientos de producción utilizando “Qués” y “Cómos”. Dicha matriz (matricial y cuantitativa) es utilizada en la industria para comparar y mejorar productos antes de que los mismos sean incorporados al mercado.

5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El macro-proceso investigativo gráficamente se desarrolla como se muestra en la Fig. 1, posteriormente se detallan las fases asociadas.

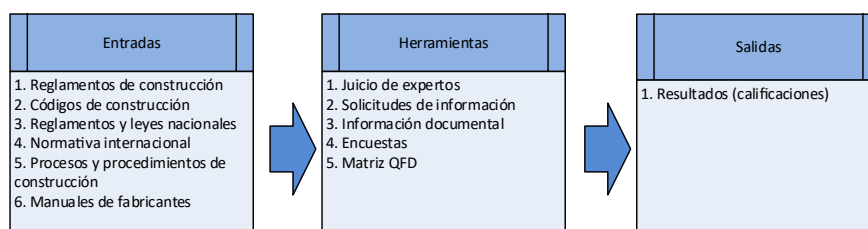


Fig 1. Macro-proceso de la investigación.

Fase I: Desarrollo de requerimientos

Corresponde con la obtención de parámetros normativos y técnicos, entre ellos, los utilizados para desarrollo y regulación la vivienda de interés social [10]. Se incluye en esta sección la reglamentación indicada por el Código Símico y el Reglamento de Construcciones

Fase II: Identificación y selección de sistemas constructivos

La investigación sobre sistemas constructivos que se utilizan tanto a nivel nacional como latinoamericano consideró una cantidad de veinticuatro (24) opciones de las cuales, finalmente, se eligieron nueve (9) para aplicar la herramienta comparativa.

La selección de los sistemas constructivos se basó en los siguientes criterios:

- utilidad de los sistemas en proyectos de vivienda social;
- información suficiente para realizar una correcta evaluación;
- respaldo técnico del sistema en el país por parte de sus fabricantes o representantes;
- representatividad al elegir sistemas constructivos sustancialmente diferentes.

De los sistemas seleccionados, cinco (5) se utilizan comúnmente en Costa Rica para la construcción de viviendas de interés social, los cuatro (4) restantes, a nivel latinoamericano, como se detalla seguidamente.

A nivel nacional:

- sistema de mampostería integral;
- sistema de concreto con columnas y baldosas horizontales;
- sistema de paneles de poliuretano con alambre revestidos con mortero;
- sistema de marcos de acero;
- sistema de marcos de madera.

A nivel latinoamericano:

- sistema de bloques de plástico;
- sistema de concreto monolítico utilizando encofrados de plástico;
- sistema de paneles contrachapados de madera;
- sistema de concreto monolítico utilizando encofrados modulares de acero.

Fase III: Desarrollo de la herramienta comparativa

Para comparar sistemas constructivos, se utiliza la matriz Quality Function Deployment (QFD). En la Fig. 2, se muestra un ejemplo esquemático de la matriz QFD.

Para desarrollar la herramienta comparativa se siguen los pasos que se describen a continuación:

Paso 1: Definir el actor

Se identifica el actor o el cliente para el cual se enfocará la matriz QFD.

Para efecto de esta investigación, se eligieron dos actores: el primero corresponde con el actor constructor, el cual es el encargado de llevar a cabo la vivienda de interés social, y el actor usuario, el cual es la persona o familia que habitará la vivienda.

Paso 2: Definir los “Qués” de la matriz QFD

Los “Qués” son los aspectos que el actor con el que se trabaja considera relevantes y que se deben incorporar al desarrollar la herramienta, pueden identificarse a partir de estudios de las expectativas de los actores por medio de encuestas. Por ejemplo, el actor constructor puede considerar importantes aspectos como el costo, el riesgo, el nivel de industrialización del sistema, el respaldo que exista en el mercado nacional, entre otros.

Paso 3: Asignar porcentajes de importancia a cada “Qués”

Luego de identificar los “Qués” más relevantes para cada actor, se procede a asignar un porcentaje de importancia a cada uno en función del nivel de jerarquía para el actor, que se determina por medio de aplicación de encuestas. En el Cuadro I, se presentan los “Qués” evaluados en la investigación.

CUADRO I

“QUÉS” UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

“Qués”del Constructor	“Qués”del usuario
Costo final	Costo final
Riesgo de inversión	Confort
Nivel de industrialización del sistema	Estética y estilo de vida que auspicia el sistema
Acceso y respaldo técnico en el mercado nacional	Integridad del sistema en el tiempo
Facilidad en el transporte e izaje del sistema	Protección ante agentes exteriores
Facilidad de ejecución y coordinación	Posibilidad de realizar intervenciones futuras
Especialización de obreros requerida	Seguridad ante eventos naturales o fuego
Tiempo de construcción	
Control de calidad	
Impactos ambientales	

Paso 4: Enlistar los diferentes “Cómos” de la matriz QFD

Los “Cómos” son las variables para comparar los sistemas constructivos. La investigación permitió trabajar con una cantidad de cuarenta y cinco (45). Para facilitar el análisis de estas variables, se separan en aspectos del orden económico, político-legales, técnico-constructivos y social-ambientales, estas, a su vez, se subdividieron de acuerdo con las características indicadas en el Cuadro II.

CUADRO II
“CÓMOS” IDENTIFICADOS PARA LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Categorías (Cómos)	Cómos (Primer nivel)	Cómos (Segundo nivel)	Cómos (Tercer nivel)	
Económico	Costo del sistema	-	-	
	Riesgo de inversión	Incertidumbre del presupuesto	-	
		Localización de construcción	-	
		Respaldo técnico	-	
Político – legales	Normativa y política	Derechos de autor	-	
		Política y normativa	-	
Tecnológico	Diseño estructural	Soporte de un segundo nivel	-	
	Flexibilidad arquitectónica	Resistencia y propiedades mecánicas	-	
		Diseño en planta	-	
		Volumetría	-	
		Adecuaciones constructivas	-	
	Industrialización	Compatibilidad	-	
		Cantidad	-	
		Control de calidad	-	
	Acceso e importación	Complejidad de fabricación	-	
		Acceso y continuidad	-	
		Representación	-	
	Transporte e izaje	Cuidados, manipulación y almacenamiento	-	
		Tipo de vehículos	-	
		Peso y equipo de izaje	-	
	Proceso construcción (montaje)	Montaje y trabajabilidad	-	-
			Control de Calidad	-
			Modulación	-
			Especialización de mano de obra	-
		Incorporación de elementos	Acabados	-
			Electromecánico	-
Puertas, ventanas			-	
Tiempo ejecución			-	-
Integridad del sistema			Deterioro en el tiempo	-
			Variables físicas, químicas y mecánicas	Resistencia a contaminantes e intemperie
	Resistencia a organismos vivos	Resistencia golpes		
		Resistencia anidación		
	Acciones del hombre	Resistencia ataques biológicos		
	Resistencia al fuego	Robo-vandalismo		
	Resistencia, combustibilidad			
	Protección ante incendio			
Operatividad	Permeabilidad al agua y el viento	-		
	Intervenciones futuras	Construcción progresiva		
Ambiental y social	Aceptación social	Acabado final	-	
		Estética	-	
		Reparaciones	-	

	Seguridad constructiva	-
Variable bioclimática	Transferencia térmica	-
	Aislamiento acústico	-
Impactos ambientales	Huella de carbono	-
	Energía incorporada	-
	Impacto socioeconómico al construir	-
	Posibilidad de reciclaje	-
	Reutilización y deconstrucción	-

Paso 5: Asignar las relaciones “Qué-Cómo”

Para cada relación entre un “Qué” y un “Cómo” de la matriz QFD se procede a asignar una calificación que puede ser cero (0), cinco (5) o diez (10). Se asigna cero (0) cuando la relación es muy baja, por ejemplo, la relación entre “*acceso en el mercado del sistema*” y “*huella de carbono*”, puesto que existe poca o ninguna relación entre el hecho de que el sistema sea de fácil acceso en el mercado y la huella de carbono que produce. Por el contrario, se asigna un diez (10) de calificación cuando existe una relación alta entre un “Qué” y un “Cómo”, por ejemplo, “*facilidad de ejecución*” con “*especialización de los obreros requerida*”, puesto que entre más fácil sea ejecutar un sistema constructivo, menos especialización requieren los obreros. En casos donde la relación entre un “Qué” y un “Cómo” es intermedia, se asigna un cinco (5). Las respectivas calificaciones se obtienen de encuestas realizadas a profesionales en el sector de la construcción.

Paso 6: Calcular el porcentaje de importancia de cada “Cómo”

Una vez que se tienen los porcentajes de importancia (por medio de encuestas) de cada “Qué” y las relaciones “Qué-Cómo”, se procede a calcular el porcentaje de importancia de cada “Cómo”, para realizarlo se utiliza tanto la Fig. 2 como las ecuaciones (1) a (3).

		"Qués" del actor				Total de Filas	% de importancia de los "Cómos"	
		"Qué ₁ "	"Qué ₂ "	...	"Qué _n "			
		Peso ₁	Peso ₂	...	Peso _n			
"Cómos" del producto	"Cómo ₁ "	Peso ₁	X _{1,1}	X _{1,2}	...	X _{1,n}	Total fila ₁	% importancia "Cómo ₁ "
	"Cómo ₂ "	Peso ₂	X _{2,1}	X _{2,2}	...	X _{2,n}	Total fila ₂	% importancia "Cómo ₂ "

	"Cómo _m "	Peso _m	X _{m,1}	X _{m,2}	...	X _{m,n}	Total fila _m	% importancia "Cómo _m "
Total general							100%	

Fig. 2. Esquema de la matriz de correlación.

Sea: $X_{m,n}$ = Valor que cuantifica cada relación “Qué-Cómo”

Sea: Peso n = Valor (en porcentaje) que se obtiene de encuestas y cuantifica la importancia de cada “Qué” según el cliente.

Sea: Peso m = Valor (en porcentaje) que se obtiene de encuestas y cuantifica la importancia de cada grupo de “Cómo”.

$$Total\ fila\ 1 = \left(\sum_{j=1}^{j=n} X_{1,j} \cdot peso_j \right) \cdot peso_1 \quad (1)$$

$$Total\ general = \sum_{i=1}^{i=m} Total\ fila_m \quad (2)$$

$$\% \text{ importancia de los } cómos_j = \frac{Total\ fila\ j}{Total\ general} \cdot 100 \quad (3)$$

Luego de aplicar las ecuaciones a todas las cuarenta y cinco (45) variables (“Cómos”) con las que se desarrolla la investigación, se obtienen los porcentajes de importancia.

Para el actor constructor, las variables de mayor peso son las que lo afectan directamente; se pueden identificar en primer lugar el costo del sistema (6,51 %); en segundo lugar, la facilidad constructiva (5,29 %); en tercer lugar, la cantidad de obra industrializada (5,00 %) y, en cuarto lugar, el tiempo de construcción (4,40 %).

A diferencia del actor constructor, para el actor usuario, las variables de más relevancia fueron las relacionadas con la integridad del sistema constructivo como la vida útil del material, su resistencia al fuego, resistencia a ataques biológicos y resistencia al impacto (golpes). Lo anterior era predecible puesto que el actor usuario, a diferencia del constructor, no percibe el proceso constructivo de la vivienda, al contrario, lo evalúa en función de su calidad final y las facilidades que esta le otorga para vivir.

Fase IV: Evaluación de los sistemas constructivos

Una vez que se le asigna un porcentaje de importancia a cada variable (“Cómos”) de la herramienta comparativa, se procede a evaluarlas como se describe en la Fase III. Para realizar las calificaciones de los sistemas constructivos, cada variable debe tener su propio indicador, que podría ser del orden cualitativo o cuantitativo.

En el caso de las variables cualitativas, se decidió que las mismas posean tres posibles calificaciones: menos cinco (-5), cero (0) y cinco (5) para condiciones desfavorables, neutras y positivas, respectivamente, o incluso únicamente dos calificaciones, menos cinco (-5) y cinco (5) para condiciones desfavorables y positivas. El menos cinco (-5), al ser un valor negativo, se elige para que represente variables donde el sistema constructivo no es ventajoso, el cero (0) se elige, al ser un valor neutro, para que represente variables donde el sistema constructivo

no represente ni ventajas ni desventajas. Por último, el cinco (5), por ser un valor positivo, se selecciona para que represente variables donde el sistema constructivo presente ventajas.

Las variables cuantitativas tales como el costo y la huella de carbono se cuantifican directamente para cada sistema constructivo y su calificación se adecua al rango de menos cinco a cinco [-5, +5], dependiendo de dicha cuantificación. Para la variable costo, la calificación se determina al utilizar una vivienda típica de interés social modulada en función de cada uno de los nueve (9) sistemas constructivos y al estimar, por medio de un presupuesto detallado, incluyendo materiales y mano de obra, sus costos asociados.

Las variables que se utilizaron para la evaluación de los sistemas constructivos son las indicadas el Cuadro III.

Fase V: Calificaciones de los sistemas constructivos

Una vez que se determina el porcentaje de importancia (Fase III) de cada una de las variables (Cuadro III) y se realizan las calificaciones parciales para cada sistema constructivo (Fase IV), se procede a determinar las calificaciones finales al multiplicar ambos elementos.

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las calificaciones finales se basan en una cantidad de ochocientos diez (810) resultados para los nueve sistemas constructivos en función de las variables y para los dos actores de estudio. Los resultados se pueden analizar de forma individual para identificar patrones, ventajas y desventajas de estos. El Cuadro III muestra las calificaciones totales, es decir, la suma de las calificaciones finales para cada sistema constructivo, para cada actor.

CUADRO III

CALIFICACIONES TOTALES PARA EL ACTOR CONSTRUCTOR Y EL ACTOR USUARIO PARA LOS NUEVE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Sistema constructivo	Calificación total	
	Actor usuario	Actor constructor
Concreto con columnas y baldosas horizontales	165,7	236,5
Mampostería integral	196,3	128,2
Paneles de poliuretano con alambre revestidos con mortero	81,4	30,4
Marcos de acero	82,8	193,1
Marcos de madera	13,6	121,2
Bloques de plástico	86,5	166,4
Paneles contrachapados de madera	-132,6	-70,8
Concreto monolítico utilizando encofrados de plástico	147,3	81,8
Concreto monolítico utilizando encofrados modulares de acero	139,1	76,7

Análisis de resultados obtenidos al comparar sistemas constructivos para el actor constructor

El sistema de concreto con columnas y baldosas horizontales, con una nota de 236,5, fue el sistema de mejor calificación. Actualmente es el más utilizado en Costa Rica para viviendas de interés social.

El sistema de mampostería con bloques de concreto modular (mampostería integral) fue ventajoso en variables económicas como la precisión al realizar una estimación de costos y también en variables relacionadas con el conocimiento que se tiene del sistema en el país, sin embargo, fue afectado por ser un sistema constructivo altamente artesanal.

El sistema constructivo con bloques de plástico obtuvo una calificación de 166,4, la cual es superior a la de algunos sistemas utilizados en el país como el de mampostería modular integral (128,2) y paneles de poliuretano con alambre revestidos con mortero. Lo anterior demuestra la validez, para el actor constructor, del uso de este.

El sistema de paneles contrachapados de madera fue el que obtuvo la menor calificación, al ser afectado principalmente por variables de índole económico tales como su nula producción en Costa Rica, factores de mercado y su conocimiento a nivel nacional.

Pese a la similitud en la mayoría de las variables, entre el sistema de marco de madera con forro de *gypsum* y el sistema de acero con forro de *gypsum*, el segundo obtuvo mejor calificación, debido a que es un sistema más industrializado.

Análisis de resultados obtenidos al comparar sistemas constructivos para el actor usuario

Para el actor usuario, el mejor sistema fue el de mampostería integral con un valor total de 196,3 seguido por el sistema de columnas de concreto con baldosas horizontales, que obtuvo una calificación de 165,7. Ambos son los sistemas constructivos más utilizados en el país.

Los sistemas de concreto monolítico utilizando encofrados modulares de acero y encofrados de plástico obtuvieron el tercero y cuarto lugar (139,1 y 147,2, respectivamente). Ambos sistemas poseen como material predominante el concreto, material que goza de buena aceptación en el mercado, y de ahí la razón para obtener calificaciones similares. El sistema de paneles de poliuretano con alambre revestidos con mortero, por estar hecho principalmente de concreto, obtuvo muchas de sus calificaciones similares a los sistemas anteriores, diferenciándose principalmente en aspectos como el costo, tiempo de construcción y resistencia al fuego que le afectaron su calificación, el cual obtuvo un 81,8.

El sistema de marcos de acero, que se ubicó en la sexta posición, obtuvo la mayoría de sus calificaciones similar al sistema de marcos de madera, con algunas excepciones como la resistencia ante el fuego, el tiempo de construcción, el costo y la especialización requerida de obreros, dichas excepciones provocaron que el sistema de marcos de acero obtuviera una mayor calificación.

El sistema de paneles contrachapados de madera, al igual que para el actor constructor, fue el peor calificado de los sistemas. Algunos de los factores que más contribuyeron a esto fueron el costo, la falta de respaldo técnico y aceptación social, la falta de conocimiento de sus propiedades ingenieriles y la dificultad de incorporar elementos externos como acabados.

7. CONCLUSIONES

La matriz QFD es una herramienta que permite evaluar un sistema constructivo de vivienda, al tomar en cuenta aspectos de índole económicos, sociales, legales, técnicos y ambientales. Se recomienda el uso de la herramienta para evaluar y comparar nuevos sistemas constructivos cuando se pretendan utilizar de forma masiva. También, podría ser implementada por organizaciones gubernamentales, de tal forma que permita abordar políticas públicas para corregir externalidades o defectos sistemáticos en los sistemas constructivos.

Las variables ambientales, por ser externalidades, obtuvieron bajos porcentajes de importancia en la matriz QFD para ambos actores, tanto los constructores como los usuarios.

Las cuantificaciones realizadas para cada sistema constructivo no son absolutas y constantes en el tiempo, dependen de factores como el mercado, normativas, percepción social y otros elementos variables.

Para que la metodología desarrollada pueda ser aplicada, es necesario conocer el sistema constructivo y su información técnica como su costo, huella de carbono e inercia térmica.

Al interpretar los resultados obtenidos, si un sistema logra mejor calificación quiere decir que, para las variables consideradas, los pesos de importancia asignados y para el usuario evaluado, ese sería el mejor sistema constructivo. No se debe interpretar que un sistema con una mayor calificación es superior a los demás en términos absolutos.

ROLES DE AUTORES

- *Luis Enrique Garita Durán*: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Validación, Visualización, Redacción-borrador original.
- *Robert Anglin Fonseca*: Conceptualización, Metodología, Administración del proyecto, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción-revisión y edición.
- *Einer Rodríguez Rojas*: Validación, Visualización, Redacción-revisión y edición.

REFERENCIAS

- [1] FUPROVI, “Situación de la Vivienda y Desarrollo Urbano en Costa Rica”, FUPROVI, Costa Rica, pp. 1-127, Informe Nacional 2019, Ago. 2020.

- [2] J. Herrera de la Barrera y C. Narváez Zúñiga, “Metodología para la comprensión de la voz del cliente en entornos dinámicos utilizando el despliegue de funciones de calidad (QFD)”, *Tek. Rev. Científica*, vol. 17, no. 2, pp. 63–72, 2017.
- [3] J. H. Yu, H. S. Lee y W. Kim, “Evaluation Model for Information Systems Benefits in Construction Management Processes”, *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 132, no. 10, pp. 1114–1121, Oct. 2006, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:10(1114).
- [4] J. Garrió, “Propuesta de evaluación de sistemas constructivos”, *Inf. Constr.*, vol. 38, no. 385, pp. 5-29, Nov. 1986, doi: 10.3989/ic.1986.v38.i385.1691.
- [5] C. Favela, “Propuesta de Selección de un Sistema Constructivo para Vivienda de Interés Social”, Tesis de Maestría, Dept de Ingeniería y Administración de la Construcción, Universidad de Monterrey, Monterrey, México, 2004.
- [6] J. Serugga, M. Kagioglou, y P. Tzortzopoulos, “Value Generation in Front-End Design of Social Housing with QFD and Multiattribute Utility Theory”, *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 146, no. 4, p. 04020019, Apr. 2020, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001787.
- [7] S. O. Duffuaa y L. A. Hadidi, “Using QFD to Conduct Performance Assessment for Turnaround Maintenance in Petrochemical Infrastructure”, *J. Infrastruct. Syst.*, vol. 23, no. 1, p. 05016003, Mar. 2017, doi: 10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000319.
- [8] E. Oyaka, C. Cortés, y O. Duarte, “Despliegue de la función calidad (QFD): beneficios y limitaciones detectados en su aplicación al diseño de prótesis mioeléctrica de mano”, *Ing. E Investig.*, vol. 25, no. 1, pp. 30–38, 2005.
- [9] L. E. Garita Durán y R. A. Anglin Fonseca, “Propuesta de herramienta de evaluación y selección de sistemas constructivos de vivienda de interés social para su uso en Costa Rica”, Tesis de Licenciatura, Dept. de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, 2019.
- [10] Procuraduría General de la República (PGR), “Directriz N°27. Especificaciones Técnicas y Lineamientos para la Escogencia de Tipologías Arquitectónicas para la Construcción de Viviendas y Obras de Urbanización”, pgrweb.go.cr. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=51456&nValor3=55642&strTipM=TC (accesado en May. 4, 2023).