



## Identificación en el diseño conceptual de requerimientos funcionales críticos en etapa preinversión de edificaciones

### Identification of critical functional requirements in the conceptual design stage of the pre-investment phase for buildings

Oniel Benítez Díaz <sup>1</sup> , Roberto Pérez Rodríguez <sup>1\*</sup> , Libys Martha Zúñiga Igarza <sup>1</sup> ,  
Enrique Ernesto Zayas Figueras <sup>2</sup> , Alexis Alvarez Cabrales <sup>3</sup>

1. Universidad de Holguín, Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios CAD/CAM. Holguín, Cuba.

2. Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, Departamento de Ingeniería Mecánica. Barcelona, España.

3. Universidad de Granma, Departamento de Ciencias Técnicas. Granma, Cuba.

\* Autor de correspondencia: [roberto.perez@uho.edu.cu](mailto:roberto.perez@uho.edu.cu)

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](#)



Recibido: 1 de septiembre de 2025

Aceptado: 20 de noviembre de 2025

Publicado: 25 de noviembre de 2025

#### Resumen

Los requerimientos funcionales constituyen un elemento esencial en el proceso de desarrollo de productos, debido a la importancia que tienen en la definición de los conceptos de solución y por tener en cuenta las restricciones financieras, los recursos disponibles y el tiempo de entrega. El diseño de productos suele ocurrir en un entorno donde existen restricciones de diversa índole, una alta competitividad y un entorno cambiante. Por tanto, considerar la sensibilidad de los requerimientos funcionales para la identificación de los Requerimientos Funcionales Críticos constituye un reto para la etapa primaria del proceso de diseño de productos. El objetivo de este trabajo consiste en

la identificación de los Requerimientos Funcionales Críticos en la etapa de diseño conceptual basada en un nuevo enfoque que estratifica primeramente los requerimientos funcionales utilizando el método Kano y su posterior clasificación por niveles de importancia crítica, que evidencia a los Requerimientos Funcionales Críticos. Los resultados muestran la viabilidad de este enfoque, al ser capaz de estratificar cualitativamente los Requerimientos Funcionales Críticos en la etapa de diseño conceptual.

**Palabras claves:** requerimientos funcionales críticos, método Kano, diseño conceptual.

#### Abstract

Functional requirements constitute an essential element in the product development process due to their importance in defining solution concepts and considering financial constraints, available resources, and delivery timelines. Product design typically occurs in an environment characterized by various constraints, high competitiveness, and a changing landscape. Therefore, accounting for the sensitivity of functional requirements to identify Critical Functional Requirements presents a challenge in the early stages of the product design process. The objective of this work is the identification of Critical Functional Requirements

during the conceptual design stage, based on a novel approach that first stratifies functional requirements using the Kano method and then classifies them by criticality levels, thereby highlighting the Critical Functional Requirements. The results demonstrate the feasibility of this approach, as it enables the qualitative stratification of Critical Functional Requirements during the conceptual design stage.

**Key words:** critical functional requirements, Kano method; conceptual design.

#### Cómo citar este artículo, norma Vancouver:

Benítez Díaz O, Pérez Rodríguez R, Zúñiga Igarza LM, Zayas Figueras EE, Alvarez Cabrales A. Identificación en el diseño conceptual de requerimientos funcionales críticos en etapa preinversión de edificaciones. 2025;28:e716. <https://goo.su/DKiKp>

## 1. Introducción

El proceso de diseño de nuevos productos (en su más amplia acepción) ha evolucionado de un enfoque tecnológico y de innovación, hacia uno más centrado en las necesidades de los clientes (personalización). Uno de los aspectos esenciales de este último enfoque, es el análisis más exhaustivo de los Requerimientos Funcionales (RF) de los usuarios, como paso esencial para la definición de las funciones principales y auxiliares del producto. Debido a las restricciones o limitaciones financieras, los recursos disponibles y el tiempo cada vez

menor de entrega que impone el mercado, las empresas de diseño están obligadas a garantizar de manera prioritaria los Requerimientos Funcionales Críticos (RFC) de los clientes [1-3].

Al respecto, se identifican en la bibliografía numerosas investigaciones [4-7] para ponderar (ya sea priorizando o clasificando) los RF de los clientes. Por tanto, resulta vital para las empresas de diseño sobre todo en la etapa conceptual, capturar e integrar con precisión los RF o las preferencias de los clientes en el desarrollo de los nuevos productos para mejorar su calidad, y para que cumplan o superen sus expectativas. Se evidencia que el proceso de desarrollo de nuevos productos está marcado por un ritmo evolutivo cada vez más rápido.

Usualmente, al desarrollar nuevos productos, el proceso de diseño se desarrolla en entornos donde convergen subprocesos con una elevada incertidumbre, donde las restricciones suelen tener comportamientos dinámicos, y las exigencias del mercado están influenciadas por variables estocásticas asociadas a los cambios tecnológicos de la cuarta revolución industrial. En este contexto, la incertidumbre de los RF constituye uno de los factores más relevantes en el diseño conceptual, pues éste captura de una manera sintetizada el comportamiento tanto del contexto, como el de los clientes [8].

Varios investigadores abordan el cambio y la evolución de los RF [9, 10]. No obstante, en el proceso evolutivo de los requerimientos, estos pueden comportarse de manera diferente bajo el mismo escenario [11]. Esto evidencia la sensibilidad a los cambios externos que tienen algunos de los RF en función de las variables que definen los contextos. Es en este punto, donde los diseñadores pueden establecer márgenes de confianza o de sensibilidad, para ajustar los RF a las variaciones externas, para propiciar de esta manera, un ahorro de tiempo y de recursos.

Según los diferentes impactos en la satisfacción del cliente y las diferentes sensibilidades a los factores de influencia, se pueden identificar RF de alta importancia y sensibilidad [12]. Para el análisis evolutivo de los RF varios investigadores abordan la identificación, extracción, captura y el análisis de los mismos, de manera dinámica. Se identifican investigaciones que utilizan el modelo difuso de Kano y la teoría del benchmarking para evaluar la mejora de la satisfacción de cada atributo del producto (RF) considerando la percepción del cliente y el análisis de la competencia [13] y proponen el método Delphi difuso con la misma finalidad [14].

Este trabajo tuvo por objetivo aplicar un enfoque para la identificación de los Requerimientos Funcionales Críticos (RFC) en el diseño conceptual. Este enfoque facilita la toma de decisiones en una etapa donde existen múltiples incertidumbres y que tiene una gran influencia en las etapas posteriores del desarrollo de productos. El enfoque consistió en la identificación de los requerimientos funcionales, la categorización de los mismos utilizando la matriz del método Kano, la posterior evaluación de la sensibilidad de los requerimientos a los factores de influencia externos y la posterior construcción de un diagrama que representa a los RFC. Se aplica al caso de un diseño conceptual en la etapa de preinversión de edificaciones.

## 2. Métodos

La propuesta para la identificación de los RFC consta de:

- Identificación de los RF
- Categorización de los RF mediante el método de Kano
- Evaluación de la sensibilidad de los RF a los factores de influencia externos
- Construcción del diagrama de los RFC.

### Clasificación de los RF

Los clientes o usuarios que participan a través de un cuestionario estructurado (método Kano), tienen por naturaleza diferentes actitudes hacia los RF y, por ende, esto tiene una influencia en la satisfacción del cliente [12]. De acuerdo con este método, las respuestas del cliente y los RF relacionados se clasifican en las categorías de: atractivos (A), unidimensionales (U), indiferentes (I) y obligatorios (O). En esta investigación, no se tuvieron en cuenta las categorías de RF cuestionadas (C) e inversas (V). Para reflejar la retroalimentación de la satisfacción del cliente de manera clara y precisa, se cuantificó la contribución de la satisfacción del cliente de cada RF al utilizar el método de análisis de coeficientes mejor-peor [13]. Según las ecuaciones (1) y (2), se obtuvieron los índices de satisfacción ( $SI_i$ ) y de insatisfacción ( $DI_i$ ) de cada RF.

$$SI_i = (A_i + U_i) / (A_i + U_i + O_i + I_i) \quad (1)$$

$$DI_i = (U_i + O_i) / (A_i + U_i + O_i + I_i) \quad (2)$$

### Evaluación de la sensibilidad de los RF

Este análisis se aplica en las ciencias sociales y del comportamiento para explicar las relaciones entre variables de causa y efecto [14]. Algunos estudios lo han utilizado para analizar el rendimiento de productos y la satisfacción del cliente en diferentes campos [15, 16]. En este estudio, se aplica el enfoque de evaluación de la sensibilidad para establecer y cuantificar las relaciones causales entre los RF y los factores de influencia.

### Estratificación de los RF y determinación de los RFC

En esta investigación, se utiliza el método Kano para extraer la información de ponderación de los RF<sub>i</sub>. Al adoptar el método de ponderación propuesto por Liu et al. [17], el grado de importancia de los RF<sub>i</sub> se obtiene mediante la ecuación (3).

$$w_i = \max \left\{ \frac{SI_i}{\sum_i^m SI_i}, \frac{DI_i}{\sum_i^m DI_i} \right\} \quad (3)$$

Al calcular el valor medio ( $\bar{w}$ ) y ( $\bar{s}$ ) y representarlos gráficamente con un par de valores ( $w_i$ ,  $s_i$ ) en un diagrama de cuatro cuadrantes para los RF, se pueden identificar los RF estratificados. Para identificar los RFC, se utiliza el modelo estructurado para variables latentes. Por tanto, la sensibilidad al cambio de los RF es proporcional a la intensidad del impacto de las condiciones del contexto. Cuanto más significativa sea la afectación de un RF, mayor será su probabilidad de cambio y su sensibilidad, y viceversa [15].

### 3. Resultados y Discusión

En el proceso de planificación de las urbanizaciones, el diseño de las Redes Técnicas Colectoras (RTC) es fundamental para garantizar la funcionalidad definida por los usuarios. Esto implica la planificación y coordinación de las diferentes RTC para el abasto de agua, el saneamiento, el suministro energético y las comunicaciones. Por tanto, en este proceso se requiere una adecuada estratificación de los RFC, para poder tomar decisiones posteriores en los conceptos de solución.

Se identifican los RF críticos mediante el análisis de sensibilidad de las RTC, en la fase de diseño conceptual (etapa de preinversión de una obra). Primeramente, se definieron según el flujo de trabajo, un conjunto de 25 RF consensados entre los diferentes actores que participan en la etapa de ideas conceptuales de un proyecto de urbanización, donde se deben establecer los RF para las RTC. Dada la heterogeneidad de los actores en la etapa de ideas conceptuales, que provienen de diferentes campos del conocimiento, se entrevistaron a 35 profesionales para que respondieran preguntas según el cuestionario Kano ([Anexo 1](#)). Se diseñó y aplicó el cuestionario Kano para los 25 RF ([Anexo 2](#)) y se distribuyó a los entrevistados, tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación de Kano y estadísticas del coeficiente Mejor-Peor de los 25 RF. Fuente: autores

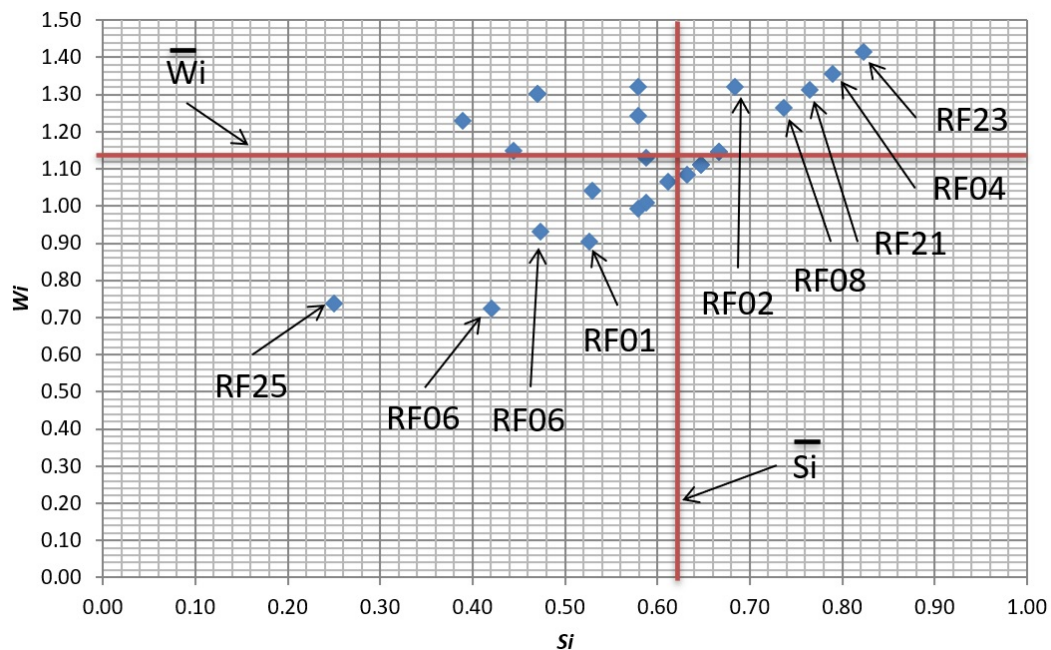
RF	A	O	U	I	Mejor	Peor	SI	DI	RF	A	O	U	I	Mejor	Peor	SI	DI
RF01	8	3	8	0	0,84	- 0,58	0,58	0,58	RF14	8	4	6	0	0,78	- 0,56	0,67	0,56
RF02	1	12	5	1	0,32	- 0,89	0,68	0,89	RF15	5	6	7	0	0,67	- 0,72	0,61	0,72
RF03	0	11	6	2	0,32	- 0,89	0,58	0,89	RF16	3	8	2	4	0,29	- 0,59	0,5	0,59
RF04	3	12	3	1	0,32	- 0,79	0,79	0,79	RF17	0	8	7	2	0,31	- 0,88	0,47	0,88
RF05	1	10	6	2	0,37	- 0,84	0,58	0,84	RF18	4	6	2	5	0,35	- 0,47	0,59	0,47
RF06	4	4	2	9	0,32	- 0,32	0,42	0,32	RF19	7	4	2	4	0,53	- 0,35	0,65	0,35
RF07	2	7	5	5	0,37	- 0,63	0,47	0,63	RF20	2	6	9	0	0,65	- 0,88	0,47	0,88
RF08	4	10	4	1	0,42	- 0,74	0,74	0,74	RF21	1	12	3	1	0,24	- 0,88	0,76	0,88
RF09	4	6	2	7	0,32	- 0,42	0,53	0,42	RF22	2	8	5	2	0,41	- 0,76	0,59	0,76
RF10	8	4	6	1	0,74	- 0,53	0,63	0,53	RF23	1	13	3	0	0,24	- 0,94	0,82	0,94
RF11	8	4	4	2	0,67	- 0,44	0,67	0,44	RF24	2	7	5	3	0,41	- 0,71	0,53	0,71
RF12	2	5	10	1	0,67	- 0,83	0,39	0,83	RF25	4	0	8	4	0,75	- 0,50	0,25	0,50
RF13	3	5	9	1	0,67	- 0,78	0,44	0,78									

Los resultados de la evaluación de sensibilidad de los RF (valores críticos), a partir del procesamiento de la encuesta Kano tradicional, tabla 1, se evidencian en la tabla 2. Estos se muestran gráficamente en la figura 1, donde se obtienen tres conclusiones fundamentales.

**Tabla 2.** Valores críticos de los RF. Fuente: autores

RF	$W_i$	$S_i$	RF	$W_i$	$S_i$
RF01	0,99	0,58	RF14	1,17	0,67
RF02	<b>1,32</b>	<b>0,68</b>	RF15	1,07	0,61
RF03	1,32	0,58	RF16	1,11	0,50
RF04	<b>1,36</b>	<b>0,79</b>	RF17	1,30	0,47
RF05	1,24	0,58	RF18	1,01	0,59
RF06	0,72	0,42	RF19	1,11	0,65
RF07	0,93	0,47	RF20	1,30	0,47
RF08	<b>1,27</b>	<b>0,74</b>	RF21	<b>1,31</b>	<b>0,76</b>
RF09	0,90	0,53	RF22	1,13	0,59
RF10	1,08	0,63	RF23	<b>1,41</b>	<b>0,82</b>
RF11	1,14	0,67	RF24	1,04	0,53
RF12	1,23	0,39	RF25	0,74	0,25
RF13	1,15	0,44			

En primer lugar, los requerimientos RF02, RF04, RF08, RF21 y RF23, son los más sensibles. Estos están relacionados fundamentalmente con los requerimientos funcionales de saneamiento ([Anexo 2](#)).



**Fig. 1.** Distribución de los RFC de las diferentes categorías Kano. Fuente: autores

En segundo lugar, la sensibilidad de los RF difiere de las categorías de Kano, entre las cuales, la sensibilidad de los RF atractivos y los RF indiferentes presenta una mayor variación. Los diseñadores deben concentrarse en estos dos tipos de RF, ya que son más susceptibles. En tercer lugar, los RF menos sensitivos son los RF01, RF06, RF09 y RF25. Estos están relacionados con los niveles pluviales adaptables, la utilización de bombas de refuerzo, el uso de materiales para estos fines y el diseño modular de RTC.

A manera de comparación con resultados reportados en la literatura consultada, se puede citar que los valores de los RFC reportados por [15], son similares a los obtenidos en esta investigación, con la diferencia de que aquí se abordan RF en diferentes áreas del conocimiento. En cuanto al origen de los RFC de la clasificación por Kano, la presente investigación coincide con [18], en la prevalencia de los RF atractivos y unidimensionales. Los resultados obtenidos pueden servir de referencia para cuando se realice el estudio conceptual de obras similares en la etapa de preinversión.

Por tanto, la aplicación del enfoque propuesto resultó efectivo en el proceso de la identificación de los RFC en la etapa de diseño conceptual. Su aplicación a un caso particular, como es el de la concepción preliminar de obras de edificaciones en una etapa muy primaria, como es la etapa inicial del proceso de desarrollo, permitió constatar cuáles fueron los RFC.

## Conclusiones

La utilización de un enfoque donde se combina las ventajas del método Kano para la estratificación de los requerimientos funcionales de un producto, con la búsqueda de la sensibilidad de los mismos respecto a las influencias externas, permite una adecuada detección de los RFC en la etapa conceptual del desarrollo de productos.

## Referencias

- Shih Wen H, Fu Yuan C, Shu Hong L. Product-form design model based on genetic algorithms. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2010;40(3):237-246. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2010.01.009>
- González MA, Terzidis O, Lütz, P, Heblich B. Critical decisions at the early stage of start-ups: a systematic literature review. *J Innov Entrep*. 2024;13:83. <https://doi.org/10.1186/s13731-024-00438-9>
- Stremersch S, Cabooter E, Guitart IA, Camacho N. Customer insights for innovation: A framework and research agenda for marketing. *J. of the Acad. Mark. Sci.* 2025;53:29–51. <https://doi.org/10.1007/s11747-024-01051-8>
- Dun L, Tianrui L, Decui L. An integrated approach towards modeling ranked weights. *Computers & Industrial Engineering*. 2020;147:106629. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106629>
- Pérez Rodríguez R, Álvarez Cabrales A, Peralta Álvarez ME. Management of the functional requirements in the conceptual design of product development using the Kano method. In: Beltrán Custodio AM, Félix Angel M editors. *Ciencia en la Universidad, de docentes a estudiantes*. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla: Punto Rojo Libros, S.L.; 2023.
- Varl M, Duhovnik J, Tavcar J. Customized product development supported by integrated information. *Journal of Industrial Information Integration*. 2022;25:100248. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100248>
- Wu B, Zhao W, Hu H, Liu Y, Lv J. Conceptual design of intelligent manufacturing equipment based on a multi-source heterogeneous requirement mapping method. *IFAC-PapersOnLine*. 2022;55(2):475-480. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.04.239>

8. Cardin MA, Xie Q, Ng TS, Wang S, Hu J. An approach for analyzing and managing flexibility in engineering systems design based on decision rules and multistage stochastic programming. *IIE Transactions*. 2016;49(1):1–12. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2016.1189627>
9. Sun H, Guo W, Shao H, Rong B. Dynamical mining of ever-changing user requirements: A product design and improvement perspective. *Advanced Engineering Informatics*. 2020;46:101174. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101174>
10. Zhang X, Tan Y, Yang Z. Analysis of impact of requirement change on product development progress based on system dynamics. *IEEE Access*. 2021;9:445-457. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3046753>
11. Li Y, Chen H, Zhao Z. An integrated identification approach of agile engineering characteristics considering sensitive customer requirements. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. 2021;35:13-24. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.05.001>
12. Li Y, Sha K, Li H, Wang Y, Dong Y, Feng J, et al. Improving the elicitation of critical customer requirements through an understanding of their sensitivity. *Res Eng Des*. 2023;34(3):327-346. <https://doi.org/10.1007/s00163-023-00410-w>
13. Dou R, Li W, Nan G. An integrated approach for dynamic customer requirement identification for product development. *Enterprise Information Systems*. 2018;13(4):448–466. <https://doi.org/10.1080/17517575.2018.1526321>
14. Shipei L, Dunbing T, Jun Y, Wang Q, Ullah I, Zhu H. A novel approach for capturing and evaluating dynamic consumer requirements in open design. *Advanced Engineering Informatics*. 2019;39:95-111. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.12.002>
15. Li Y, Sha K, Li H, Wang Y, Dong Y, Feng J, et al. Improving the elicitation of critical customer requirements through an understanding of their sensitivity. *Res Eng Des*. 2023;34(3):327-346. <https://doi.org/10.1007/s00163-023-00410-w>
16. Han T, Wei Q, Wang R, Cai Y, Zhu H, Chen J, et al. Service Quality and Patient Satisfaction of Internet Hospitals in China: Cross-Sectional Evaluation with the Service Quality Questionnaire. *J Med Internet Res*. 2024;26:e55140. <https://doi.org/10.2196/55140>
17. Liu J, Zeng F, Li W. Research on weight calculation method for requirement indexes of marine shaft system based on kano model 2015. In: 2015 8th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID); Hangzhou, China; 2015:482-485.
18. Li N, Jin X, Li Y. Identification of key customer requirements based on online reviews. *J Intell Fuzzy Syst*. 2020;39(3):3957–3970. <https://doi.org/10.3233/JIFS-200057>

#### Editores:

Alberto Julio Rodríguez Piñeiro, Vladimir Tomás González Fernández.  
Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría

#### Evaluación

Este artículo ha sido evaluado mediante revisión por pares abierta.

Ingeniería Mecánica agradece a los árbitros: Dr. C. Ricardo del Risco Alfonso, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba y al Dr. C. Yorley Arbellá Feliciano, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba, por su contribución a la evaluación de este trabajo.

#### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

#### Contribución de los autores

##### Oniel Benítez Díaz.

Dirigió el diseño del estudio y el método de investigación, identificó los requerimientos funcionales del caso de estudio, colaboró en el filtrado y análisis de la información. Aplicación y análisis de la encuesta Kano. Obtención, análisis e interpretación de los resultados de los requerimientos funcionales críticos. Trabajó en la redacción del borrador del artículo y la revisión crítica de su contenido, así como en la aprobación final de la versión.

##### Roberto Pérez Rodríguez.

Trabajó en el diseño del estudio, en la identificación de los requerimientos funcionales del caso de estudio, colaboró en el filtrado y análisis de la información. Participó en el análisis de la encuesta Kano, así como en el análisis e interpretación de los resultados de los requerimientos funcionales críticos. Trabajó en la revisión crítica de su contenido, así como en la aprobación final de la versión.

##### Libys Martha Zúñiga Igarza.

Trabajó en el diseño del estudio, Colaboró en el filtrado y análisis de la información. Participó en el análisis de la encuesta Kano, así como en el análisis e interpretación de los resultados de los requerimientos funcionales críticos. Trabajó en la revisión crítica de su contenido, así como en la aprobación final de la versión.

##### Enrique Ernesto Zayas Figueras.

Contribuyó al análisis y síntesis de la literatura seleccionada, participó en la redacción de las preguntas de investigación y conclusiones del artículo, colaboró en la identificación de los expertos de la encuesta Kano. También trabajó en la redacción del borrador del artículo y la revisión crítica de su contenido, así como en la aprobación final de la versión.

##### Alexis Álvarez Cabrales.

Participó en la redacción de la introducción y revisó los antecedentes de la investigación. Búsqueda, selección y análisis de artículos en la base de datos. Identificación de los expertos internacionales de la encuesta Kano. Trabajó en la redacción del borrador del artículo y la revisión crítica de su contenido, así como en la aprobación final de la versión.