

Texto original en inglés



# TriSigEM: un Modelo Semiótico para la Evaluación de la Usabilidad de la Interfaz Gráfica del Usuario en Apps

TriSigEM: a Semiotic Model for Usability Evaluation of Graphical User Interface in Apps

Edna P. Quezada-Bolaños

PRIMER AUTOR

CONCEPTUALIZACIÓN - CURACIÓN DE DATOS

ANÁLISIS FORMAL - INVESTIGACIÓN

METODOLOGÍA

Administración de proyectos,  
Recursos, Validación, Visualización,  
Escritura [equezadab@ipn.mx](mailto:equezadab@ipn.mx)  
Centro de Estudios Científicos y  
Tecnológicos No. 2, "Miguel Bernal"  
Instituto Politécnico Nacional  
Ciudad de México  
ORCID: 0000-0001-6987-9007

Lizbeth Gallardo-López

SEGUNDO AUTOR Y AUTOR DE

CORRESPONDENCIA - CONCEPTUALIZACIÓN

ANÁLISIS FORMAL, METODOLOGÍA, RECURSOS

SUPERVISIÓN- VALIDACIÓN, REDACCIÓN

[glibeth@azc.uam.mx](mailto:glibeth@azc.uam.mx)  
Universidad Autónoma  
Metropolitana, Unidad Azcapotzalco  
Ciudad de México  
Universidad San Ignacio de Loyola  
Lima, Perú  
ORCID: 0000-0001-9281-2206

Revisión: Febrero 12, 2023

Aprobado: Abril 25, 2023

Publicación: Octubre 1, 2023

## Resumen

El porcentaje de aceptación y adopción de algunas apps, por parte de los usuarios, necesita ser mejorado. En ocasiones, las funcionalidades de la app funcionan correctamente, pero la interfaz gráfica de usuario (GUI) no permite un uso apropiado. Nuestro tema de investigación se centra en la usabilidad e implementación de Patrones de Diseño de GUI. Este artículo describe el diseño e implementación de TriSigEM (Peirce's Triad of Signs Evaluation Model), Modelo de evaluación a través de la Triada Símica de Peirce, y basado en criterios de usabilidad. Se trata de un modelo cuantitativo y jerárquico que guía a los evaluadores en la observación de los signos de la GUI: Índice, Icono y Símbolo. TriSigEM puede ayudarnos a mejorar la implementación de la GUI y, eventualmente, las funcionalidades de la app. Además, este artículo presenta un análisis comparativo de TriSigEM con trabajos relacionados reportados en la literatura. Este análisis muestra que TriSigEM supera a otros modelos y destaca que los patrones de GUI analizados requieren mejoras respecto a la Triada símica.

**Palabras clave:** Interfaz Gráfica de Usuario; Evaluación de Usabilidad; Triada símica; Principios Semióticos.

## Abstract

The percentage of user acceptance and adoption of some apps needs to be improved. Sometimes the app's functionalities work correctly, but its GUI does not allow correct use. Our research subject is usability in implementing GUI Design Patterns. This paper describes the design and implement of TriSigEM (Peirce's Triad of Signs Evaluation Model), a quantitative and hierarchical model that guides evaluators in observing the GUI's signs: Index, Icon, and Symbol. TriSigEM can help us improve GUI's implementation and, eventually, the app's functionalities. Also, this paper presents a comparative analysis of TriSigEM with related works reported in the literature. This analysis shows that TriSigEM surpasses other models and highlights that the analyzed GUI patterns need specifications on the Triad of Signs.

**Keywords:** Graphical User Interface; Usability Evaluation; Triad of Signs; Semiotic Principles.

## ◆ Introducción

Una app es una aplicación de software diseñada para usuarios que no son expertos en computación y esperan que facilite algunas tareas. Por ejemplo, algunas apps admiten actividades lúdicas, médicas, educativas, bancarias y de oficina (Akowuah & Ahlawat, 2018), (Barday, 2018). La Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) de la app es el mecanismo de interacción entre el usuario y las funcionalidades de la app. Actualmente, existen guías de diseño de GUI propuestos por las distintas tiendas de apps, tales como Google, Apple, Windows y Amazon, entre otros. Ninguna de estas guías ha alcanzado un consenso o estándar, porque cada tienda sigue estrategias de mercado tales que la diferencien de otras. Sin embargo, autores como Granlund et al. (2001), Van y Van (2003), Tidwell (2010) y Werkmeister (2021) han encontrado patrones en estos diseños, clasificándolos y especificándolos. Un Patrón de Diseño de GUI propone una solución a un problema de diseño recurrente. Los diseñadores y desarrolladores de GUI (idealmente) utilizan los patrones y los implementan en el desarrollo de nuevas aplicaciones. Suponemos que la implementación de la app es exitosa debido a los Patrones de Diseño de GUI, pero este no es el caso; según Statista (2022), las aplicaciones disponibles hoy en el mercado se cuentan en millones, y su orden de popularidad se encuentra en el 0.01% del número total de aplicaciones, lo que significa que a los usuarios no les gusta el 99.99% de ellas. Una de las razones de esto es que, aunque las funcionalidades de la app funcionan correctamente, la GUI no permite su uso correcto. Así, una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) es una parte esencial de una app porque el usuario percibe sus respuestas a través de ella. De acuerdo con Hawley (2010) y Joachims et al. (2017), los primeros 50 milisegundos determinan la percepción del usuario sobre el sistema. Nuestro tema de investigación se centra en la usabilidad y la implementación de Patrones de Diseño de GUI. Según la norma Standardization (2018), la usabilidad es la medida en la que un producto puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico. Por lo tanto, medir la Efectividad, Eficiencia y Satisfacción de la GUI en un contexto de uso específico es fundamental para evaluar la Usabilidad de la app. Además, debe haber una solución ya sea en la implementación de Patrones de Diseño de GUI o en los propios patrones. Trabajos como los de Fernández

(2011) y Turner (2011) proponen métodos heurísticos para evaluar la Efectividad, Eficiencia y Satisfacción de la GUI. Entre los modelos heurísticos, destacan los semióticos porque permiten la evaluación de los signos y su incidencia en la interacción del usuario con la GUI. De Souza (2005) y De Souza (2018) define la semiótica como el estudio de los signos, los procesos de significado y cómo los signos y el significado forman parte de la interacción. El signo es el elemento mínimo ontológico de la GUI. Peirce (1974) define el signo como "cualquier cosa que representa a algo o a alguien en algún aspecto o capacidad". La Triada sémica: Ícono, Índice y Símbolo, forma parte de la teoría semiótica de Peirce. Esta triada está presente en la GUI: el Ícono corresponde a las imágenes, el Índice corresponde a los enlaces y botones, y el Símbolo corresponde a los textos. Nuestro estudio se centra en la presencia de la Triada sémica en la implementación de Patrones de Diseño de GUI, lo que nos permite evaluar y detectar incidentes en los signos de la GUI y, cuando corresponda, realizar las mejoras necesarias. Por un lado, los diseñadores e ingenieros necesitan una herramienta que les ayude a prestar atención a la Triada sémica; por otro lado, los Patrones de Diseño de GUI deben especificar la Triada sémica. Por ejemplo, para el patrón de Navegación se especifica un botón para volver a la pantalla anterior; sin embargo, la implementación de este botón debe tener el color y la textura adecuados para identificarlo. Nuestra propuesta es un nuevo modelo de evaluación llamado TriSigEM, que se basa en la Semiótica para identificar problemas en la GUI, principalmente en aquellas que implementan algunos Patrones de Diseño de GUI, tales como: Navegación, Búsqueda, Formulario, Errores, Ayuda y Página de inicio. TriSigEM es un modelo cuantitativo y jerárquico en el que es posible calcular el grado de cumplimiento de la Usabilidad, o una de sus características, tales como: Efectividad, Eficiencia y Satisfacción. Consideramos que esta investigación es un primer paso para que los Patrones de Diseño de GUI integren la Triada sémica en su especificación.

Este artículo consta de las siguientes secciones: la sección 2 presenta la metodología de investigación; la sección 3 presenta los trabajos relacionados; la sección 4 describe el diseño e implementación de TriSigEM; la sección 5 presenta los resultados de la comparación de TriSigEM con los trabajos relacionados, y finalmente, la sección 6 presenta la conclusión y el trabajo futuro de la investigación.

## Metodología *Planteamiento del problema*

Las nuevas aplicaciones deben cumplir con los requisitos mínimos de usabilidad para ser aceptadas o adoptadas por los usuarios. Incluso cuando trabajos previos han revelado Patrones de Diseño de GUI, estos no incluyen la Triada sémica en su especificación.

### **Hipótesis y Objetivos de la Investigación**

Hipótesis. Evaluar el criterio de usabilidad en aplicaciones, desde una perspectiva semiótica, nos permitirá explorar e identificar la Triada sígnica presente en la GUI. A mediano plazo, la Triada sígnica formará parte de la especificación de los Patrones de Diseño de GUI. En consecuencia, la aceptación y adopción de las aplicaciones por parte de los usuarios será exitosa.

- ❖ **Objetivo 1.** Proponer un modelo de evaluación heurística para la GUI de la app, basado en el criterio de usabilidad y desde una perspectiva semiótica. Los patrones de diseño involucrados son: Navegación, Búsqueda, Formulario, Errores, Ayuda y Página de Inicio.
- ❖ **Objetivo 2.** Realizar un estudio comparativo de TriSigEM con algunos trabajos relacionados reportados en la literatura.

### **Contribuciones de la Investigación**

1. TriSigEM (Peirce's Triad of Signs Evaluation Model). Modelo de evaluación a través de la Triada Sígnica de Peirce, y basado en criterios de usabilidad. El modelo tiene una estructura jerárquica con parámetros cuantitativos.
2. Un análisis comparativo de TriSigEM con trabajos relacionados reportados en la literatura. TriSigEM es un modelo que permite a un evaluador de GUI observar y evaluar puntualmente una serie de indicadores en los signos de la interfaz.
3. Se puso de manifiesto que los patrones de GUI analizados en esta investigación requieren especificaciones concernientes a la Triada sígnica. Estas especificaciones representan una oportunidad para proporcionar una nueva dimensión que atienda al cumplimiento total de la usabilidad, incrementando con esto la posibilidad de los usuarios utilicen y adopten las apps.

### **Trabajos relacionados**

Existen varios modelos heurísticos para evaluar la GUI de una app, entre otros, *Web Usability Evaluation Process (WUEP)*, *Web Site Usability Characteristics*, *Neil Turner's Tool*, *Semiotic Interface Sign Design and Evaluation (SIDE)*, *a Systematic and Generalizable Approach to the Heuristic Evaluation of User Interfaces*, y *a Usability Model of Hypertext based on Semiotics*.

Fernandez et al. (2011) en su trabajo *WUEP* proponen observar y evaluar las Características Visuales como Consistencia, Operabilidad y Orientación. La Consistencia permite que la información visual sea coherente para el usuario. La Operabilidad considera que los gráficos permiten al usuario realizar correctamente las funcionalidades de la app. Finalmente,

la Orientación permite dirigir al usuario hacia el uso correcto de la app a través de gráficos de calidad y la retroalimentación adecuada.

Aziz et al. (2013) y Aziz y Kamaludin (2018) proponen un conjunto más amplio de Características Visuales que asocian con las Características de Usabilidad de Sitios Web. Para la Eficiencia: Mínima Carga de Memoria, Operabilidad, Retroalimentación y Navegación. Para la Efectividad: Flexibilidad, Consistencia, Retroalimentación, Precisión, Completitud, Navegación, Efectividad de la Ayuda, Documentación para la Efectividad del Usuario y Completitud de la Descripción. Para la Satisfacción: Atractivo, Simpatía, Flexibilidad, Mínima Carga de Memoria, Operabilidad y Orientación del Usuario.

La Herramienta de Neil Turner se basa en el criterio de Usabilidad y examina aplicaciones web a través de diez criterios de evaluación: a) Características y Funcionalidades, b) Página de Inicio, c) Navegación, d) Búsqueda, f) Control y Retroalimentación, g) Formulario, h) Errores, i) Contenido o Texto, j) Ayuda, y k) Rendimiento (Turner, 2011). Cada criterio tiene un conjunto de características como Claridad, Accesibilidad, Flexibilidad y Comprensión, entre otras. El evaluador debe calificar cada característica en la escala [0.5]; la interpretación de la escala es: 0-no aplicable, 1-muy deficiente, 2-deficiente, 3-bueno, 4-muy bueno y 5-excelente. Los resultados permiten al evaluador observar si se cumplen los principios de las mejores prácticas de software. Sin embargo, esta herramienta plantea preguntas generales, por ejemplo, ¿es el esquema de navegación, como el menú, fácil de encontrar, consistente e intuitivo? La pregunta queda abierta a la interpretación del evaluador sobre los esquemas de navegación. No se refiere claramente a la ubicación o la forma estructural del menú en sí.

El modelo de Islam et al. (2010) e Islam et al. (2020) llamado SIDE (*Semiotic Interface Sign Design and Evaluation*) propone evaluar problemas de usabilidad y la naturaleza intuitiva de los signos de la GUI; es decir, el modelo heurístico tiene una perspectiva semiótica. SIDE tiene cinco niveles: Semántico, Ambiental, Social, Pragmático y Sintáctico, cada uno determinado por un conjunto de temas, que, a su vez, están determinados por un conjunto de atributos. SIDE propone evaluar aplicaciones web y aplicaciones móviles. Sin embargo, el modelo no describe con precisión los signos, tampoco propone indicadores. En cambio, el modelo plantea preguntas como las siguientes: ¿Se utiliza el color de manera efectiva para diseñar los signos de la interfaz? A partir de esto, es posible inferir que el color puede ser un indicador; sin embargo, el modelo no lo especifica como tal. Aun así, el modelo considera parámetros cuantitativos para evaluar la gravedad del problema detectado.

*A Systematic and Generalizable Approach to the Heuristic Evaluation of User Interfaces* de Alonso (2018) utiliza taxonomías integrales de atributos de usabilidad, características del contexto de uso y elementos de la GUI, que, según los autores, añaden profundidad y estructura. Aunque

esta investigación no tiene un enfoque semiótico, los autores consideran atributos relevantes para la usabilidad de la GUI. Estos atributos son: Forma, Tamaño, Orientación y Color, entre otros. Además, proponen dividir los elementos evaluables en categorías, como Control, Texto e Imágenes. Finalmente, un evaluador podría calificar los atributos en una escala de tres niveles: positivo, negativo y neutral. Estos atributos podrían ser indicadores de un modelo de evaluación con una escala Likert [0.5], lo que podría aumentar la precisión de la evaluación.

*A Usability Model of Hypertext based on the Semiotics of C.S. Peirce* de Amare and Manning (2006) y Amare and Manning (2016) utiliza la segunda tricotomía del modelo de Peirce, correspondiente al objeto semiótico, para evaluar las propiedades de los signos de una GUI. Los autores traducen la Triada signica de Peirce, examinando las propiedades de diseño y adaptándolas a la terminología correspondiente a los elementos de la GUI. Primero, el Ícono tiene que ver con la forma y apariencia. Segundo, el Índice tiene que ver con el estilo y particularidades de una imagen; el Índice también está relacionado con la acción sugerida por una imagen. Tercero, el Símbolo, que da coherencia y significado al signo, da la relación de pertenencia y relevancia del signo o del sistema de signos; el Símbolo se relaciona con la experiencia, la intuición y las normas culturales. Finalmente, la clasificación de los autores de la Triada signica en la GUI es relevante para configurar un modelo de evaluación sólido porque los parámetros propuestos son cualitativos.

Sin embargo, estos modelos de evaluación siguen siendo generales y, por lo tanto, pueden resultar ambiguos para el evaluador. Consideramos necesario establecer atributos visuales, indicadores y métricas específicas que lo guíen en la observación y evaluación de los signos de la GUI. En este sentido, Bertin (1983) proporciona la clave al establecer que un Atributo Visual es una variable descrita dentro de un marco de trabajo, la cual puede representarse e imprimirse en una hoja de papel de un tamaño específico, cuya lectura puede hacerse a una distancia considerable a través del uso de medios gráficos disponibles que tienen (indicadores como) Tamaño, Valor Tonal, Textura, Color, Orientación y Forma.

### ◆ TriSigEM Diseño e Implementación

TriSigEM toma elementos de los trabajos relacionados y establece una jerarquía lógica entre ellos (ver Figura 1). De esta jerarquía derivan un conjunto de métricas. Las flechas que apuntan hacia la derecha muestran la jerarquía de construcción de TriSigEM, mientras que las flechas que apuntan a la izquierda marcan la dirección de la evaluación e interpretación del evaluador. TriSigEM permite evaluar el grado de cumplimiento de la usabilidad en la implementación de algunos patrones de diseño de GUI.

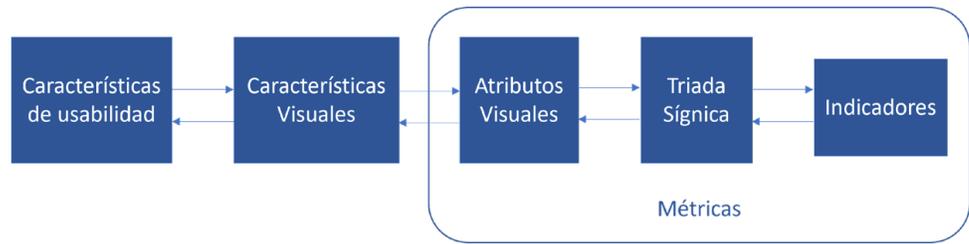


Figura 1. Jerarquía del Modelo.  
Fuente: Autores.

TriSigEM tiene tres niveles: 1) La Tríada símica, correspondiente a la base del modelo, 2) La estructura conceptual del modelo, y 3) Las métricas del modelo.

**Nivel 1. Tríada símica: base del modelo**

Los diseñadores, a menudo, diseñan la GUI de la app a través de un patrón de GUI compuesto. Un patrón compuesto combina dos o más patrones en una solución. Por lo tanto, un patrón de diseño GUI está compuesto por la tríada símica en estructuras de árbol para representar jerarquías parte-todo; la Tabla 1 describe cada signo.

Tabla 1. Definición de la Tríada símica.

Signo	Descripción
Ícono	Es un signo decorativo e informativo cuya función es aumentar la cognición del usuario. Al definir un ícono, el diseñador emplea metáforas para representar un objeto del mundo real. Los tipos de íconos son los siguientes: la imagen que comparte cualidades sensoriales con un objeto real y el diagrama que tiene cualidades relacionales y estructurales.
Índice	Es un signo indicativo cuya función es señalar. El diseñador define un índice a través de abstracciones de la relación causa-efecto física. Los tipos de índice son los siguientes: Señalización que consiste en poner una marca visual que permita al usuario identificar una información; Acción es una señal que el usuario solicita para activar la funcionalidad de una app; Referencia es un signo que facilita al usuario encontrar algo en otras partes de la GUI; finalmente, Código Social que es un signo aceptado y reconocido sin ambigüedad por un grupo social.
Símbolo	Es un signo informativo cuya función es proporcionar información precisa. Los tipos de símbolo son los siguientes: Palabra es el elemento de información mínima; Frase es un elemento que proporciona información descriptiva, y Texto es un elemento formado por frases que proporcionan información precisa.

Fuente: Autores, con base en Peirce (1974) y Amare and Manning (2016)

## Nivel 2. La estructura del modelo

TriSigEM es una estructura conceptual jerárquica con los siguientes elementos: *Característica de Usabilidad – Característica Visual – Atributo Visual*. Primero, las características de usabilidad son tres (ver Tabla 2). Segundo, los atributos visuales son cinco (ver Tabla 3). Tercero, las características visuales son tres. La Figura 2 muestra las relaciones de las características de usabilidad, las características y los atributos visuales.

Tabla 2. Definición de las características de usabilidad

Característica	Descripción
Efectividad	Es la precisión e integridad con la que los usuarios logran objetivos específicos cuando usan una app, en un contexto determinado.
Eficiencia	Recursos empleados para que los usuarios logren los objetivos con precisión e integridad.
Satisfacción	Se refiere a la comodidad y aceptabilidad del usuario hacia una app.

Fuente: Autores, con base en Standardization (2018)

Tabla 3. Definición de Atributos Visuales

Visual Attribute	Description
Atractivo	Indica si los signos Ícono y Símbolo tienen una composición y equilibrio visual entre ellos. Esos signos comunican algo al usuario, y él debe sentirse atraído por la guía que estos proporcionan.
Simpatía	Indica si los signos Ícono y Símbolo son pertinentes para el contexto sociocultural de la app y su propósito.
Mínima carga de memoria	Indica si los signos Ícono y Símbolo tienen el grado adecuado de abstracción para ser reconocidos y recordados, reduciendo así el esfuerzo cognitivo.
Exactitud	Es la precisión de la Tríada signica, donde el signo Índice destaca porque desencadena la acción establecida por los signos de Ícono y Símbolo.
Retroalimentación	Indica si la Tríada signica ratifica la acción del usuario.

Fuente: Autores

**Consistencia.** Evalúa si la composición de la Tríada de signica de la GUI es coherente; es decir, si los signos Ícono, Índice y Símbolo están lógicamente

relacionados, de tal manera que proporcionen información precisa sobre las funcionalidades de la app. Por lo tanto, la consistencia afecta la satisfacción porque si el usuario recibe mensajes claros, puede aceptar la app fácilmente. La app logra consistencia a través de tres atributos visuales: atractivo, simpatía y mínima carga de memoria. Atractivo, porque los signos de ícono y símbolo comunican algo al usuario, y lo guían en el uso de la app. Simpatía, porque los signos Ícono y Símbolo muestran el contexto sociocultural de la app. Finalmente, mínima carga de memoria, porque los signos de íconos y símbolos deben ser fáciles de reconocer y recordar.

**Orientación al usuario.** Evalúa si la Tríada sígnica dirige al usuario hacia el uso correcto de la app. La orientación del usuario afecta a la satisfacción porque si la Tríada sígnica da la dirección adecuada, el usuario puede sentirse cómodo usándola. La app logra la orientación del usuario a través de tres atributos visuales: atractivo, retroalimentación y mínima carga de memoria. Atractivo, porque si los signos de Ícono y Símbolo tienen una composición y equilibrio adecuados (peso visual), el usuario se sentirá cómodo. Retroalimentación, porque si la Tríada sígnica ratifica la acción del usuario, éste sentirá que la app lo orienta. Finalmente, Mínima carga de memoria, porque si los signos de Ícono y Símbolo tienen el grado adecuado de abstracción para ser reconocidos y recordados, esto reduce el esfuerzo cognitivo del usuario.

**Operabilidad.** Evalúa la correspondencia entre la metáfora de la Tríada sígnica y la funcionalidad específica de la app para que el usuario utilice la app correctamente. Por lo tanto, la operatividad afecta la efectividad, la eficiencia y la satisfacción. Efectividad, específicamente Precisión, porque si la metáfora corresponde a la funcionalidad de la app, el usuario puede lograr sus objetivos con el uso de la app. Eficiencia, porque si la metáfora de la Tríada sígnica es precisa, el diseñador puede reducir los recursos necesarios para describir las funcionalidades. Satisfacción, porque si el usuario reconoce la funcionalidad a través de la metáfora expresada por la Tríada sígnica, el usuario puede experimentar comodidad. La app logra la operatividad a través de dos atributos visuales: precisión y retroalimentación. Precisión, porque si la Tríada sígnica desencadena la acción establecida a través de la metáfora, el usuario puede utilizar la app correctamente. Retroalimentación, cuando la Tríada sígnica ratifica la acción del usuario.

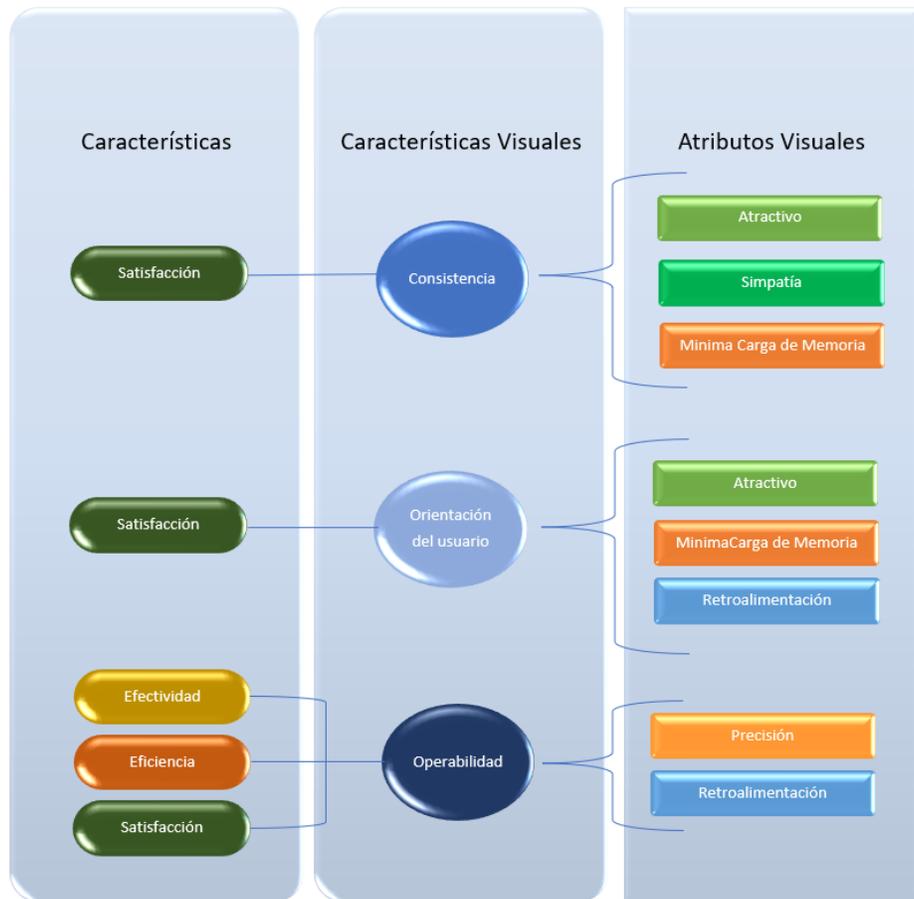


Figura 2 . TriSigEM: Estructura conceptual jerárquica.  
Fuente: Autores

### Nivel 3. Las métricas del modelo

Las métricas de TriSigEM se describirán en el siguiente orden: seis Patrones de Diseño GUI, la relación de la Tríada signica con los Atributos Visuales, y los ocho indicadores; finalmente, las métricas y la escala de evaluación.

#### Patrones de diseño GUI y tríada de signos

Los Patrones de Diseño de la GUI (ver Tabla 4), cuya implementación corresponde al objeto de evaluación de TriSigEM, es un compuesto de la Tríada signica; luego, cada signo está relacionado con al menos uno de los Atributos Visuales (ver Figura 3), una relación derivada de la definición de Atributos Visuales (ver Tabla 3).

Tabla 4 . Definición de Patrones GUI

Pattern	Description
Navegación	El usuario se mueve y accede fácilmente a los contenidos y acciones de la app.
Búsqueda	El usuario encuentra la información deseada a través de la app, utilizando un motor de búsqueda.
Forma	Conjunto de campos que el usuario debe rellenar.
Errores	Los mensajes de error se expresan en texto sin formato y sin códigos; identifican el problema y sugieren constructivamente una solución. Además, los mensajes de error deben presentar una opción de confirmación antes de que el usuario se comprometa a actuar.
Ayuda	La app ofrece al usuario consejos e información sobre su uso y sus funcionalidades.
Página de inicio	La app comienza cargando información descriptiva, desde donde se accede a sus contenidos y sus funcionalidades.

Fuente: Autores, con base en Van and Van (2003) y Tidwell (2010)

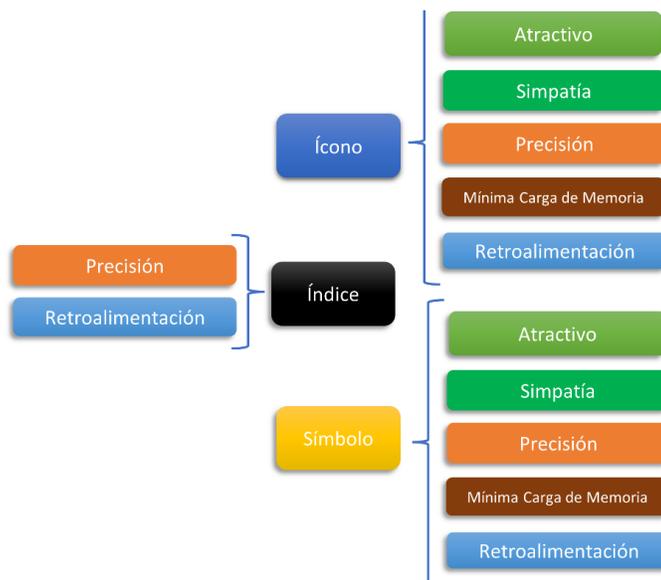


Figura 3. Triada sémica relacionada con los Atributos Visuales.  
Fuente: Autores.

### Indicador y métricas

**Indicador** Un indicador es la característica mínima evaluable en la Tríada sémica de la GUI (ver Tabla 5).

Tabla 5. Definición de Indicadores

Indicador	Description
Ubicación	Se refiere a un signo en el lienzo (o panel) de la GUI.
Tamaño	La dimensión del signo relativa al formato GUI.
Color	Expresión cromática de un signo.
Orientación	Variación del signo cuando es girada en el eje perpendicular al lienzo de la GUI.
Textura	Es el relleno para un signo de la GUI.
Forma	La figura o la delimitación exterior que distingue a un signo en la interfaz gráfica.
Difuminado	Es un tratamiento sobre un signo que consiste en desenfocarlo para perder intensidad o claridad. Cuanto mayor sea el nivel de difuminado, se perderán el color, la forma y la textura.
Transparencia	Cuando un signo nos permite ver otro signo debajo de él. Hay diferentes grados de transparencia.

Fuente: Autores, con base en Alonso et al. (2018)

**Métrica.** Once preguntas que surgen de la relación entre los atributos visuales y la Tríada signica: *atributos visuales – tríada signica – indicador*. Una pregunta define una métrica cuando el evaluador la expresa para cada indicador (ver Tabla 6 y Tabla 7). Cada pregunta tiene un conjunto variable de indicadores asociados.

Tabla 6. Preguntas 1-7

Atractivo (Ícono, Símbolo)		
No.	Pregunta	Indicador
1	¿Es apropiado el diseño utilizado por el <patrón> para colocar gráficos y textos? Según su <indicador>	1.Ubicación 2.Tamaño 3.Orientación
Atractivo (Ícono, Símbolo)		
2	¿El texto y los gráficos están bien distribuidos en el lienzo? Según su <indicador>	1.Ubicación 2.Tamaño 3.Orientación 4.Forma
Simpatía (Ícono)		
3	¿Los gráficos utilizados por el <patrón> provocan una actitud positiva en el usuario? Según su <indicador>	1.Orientación 2.Forma 3.Color 4.Textura 5.Difuminado 6.Transparencia
Simpatía (Símbolo)		
4	¿Los textos utilizados por el <patrón> causan una reacción positiva en el usuario? Según su <indicador>	1.Color 2.Textura 3.Difuminado 4.Transparencia
Precisión (Ícono)		
5	¿Cómo evalúa el grado de abstracción de los gráficos? De acuerdo con la información proporcionada por el <patrón> por su <indicador>	1. Ubicación 2. Tamaño 3. Color 4.Orientación
Precisión (Símbolo)		
6	¿Cómo evalúa el grado de abstracción de los textos? De acuerdo con la información proporcionada por el <patrón> por su <indicador>	1.Ubicación 2.Tamaño 3.Color 4.Orientación
Precisión (Índice)		
7	¿Cómo se evalúa el grado de abstracción de los enlaces? De acuerdo con la información proporcionada por el <patrón> por su <indicador>	1.Ubicación 2.Tamaño 3.Color 4.Orientación

Fuente: Autores

Tabla 7. Preguntas 8-11

Mínima Carga de Memoria (Ícono)		
No.	Pregunta	Indicador
8	¿Pueden los gráficos utilizados por el <patrón> ser reconocidos y recordados por su abstracción y acción, logrando así una Mínima Carga de Memoria? Según su <indicador>	1. Tamaño 2. Color 3. Textura 4. Forma 5. Difuminado 6. Transparencia
Mínima Carga de Memoria (Símbolo)		
9	¿Los textos regresan después de que una acción da respuestas, y son apropiados para leer? Según su <indicador>	1. Ubicación 2. Tamaño 3. Color 4. Orientación
Retroalimentación (Ícono, Índice)		
10	¿Los gráficos utilizados por el <patrón> permiten al usuario ratificar la actividad realizada? Según su <indicador>	1. Ubicación 2. Tamaño 3. Color 4. Orientación 5. Textura 6. Forma 7. Difuminado 8. Transparencia
Retroalimentación (Símbolo, Índice)		
11	¿Los textos utilizados por el <patrón> permiten al usuario ratificar la actividad realizada? Según su <indicador>	1. Ubicación 2. Tamaño 3. Color 4. Orientación

Fuente: Autores

*Escala de evaluación*

La escala de evaluación TriSigEM es la de Likert [0..5], teniendo la interpretación que sigue: 0 – no aplicable (elemento neutro de la escala), 1– muy pobre, 2–pobre, 3–bueno, 4–muy bueno y 5–excelente. Primero, el evaluador debe determinar el valor máximo para el criterio de Usabilidad del patrón que está observando; así como el valor máximo para cada Característica de Usabilidad, Característica Visual y Atributo Visual. Segundo, el evaluador debe normalizar estos valores máximos en términos de porcentaje. Esta normalización le permitirá proporcionar una evaluación parcial para cada jerarquía: primero, Atributo Visual; segundo, Característica Visual; tercero, Característica de usabilidad; cuarto, Criterio de usabilidad. Tercero, dado que el evaluador analiza y evalúa la implementación de un patrón compuesto, debe evaluar la usabilidad de

cada parte (un patrón), para finalmente evaluar el todo (patrón compuesto de la GUI).

La interpretación cualitativa de la evaluación TriSigEM consta de seis niveles: *no aplicable*, *muy pobre*, *pobre*, *bueno*, *muy bueno* y *excelente*. Sea  $x$  la calificación obtenida por una GUI; entonces, si  $x$  es igual a 0, el signo no existe o no es *aplicable*; en otro caso, si  $x$  está en el rango [10...60], el signo es *muy pobre*; en otro caso, si  $x$  está en el rango [60...70], el signo es *pobre*; en otro caso, si  $x$  está en el rango [70...80], el signo es *bueno*; en otro caso, si  $x$  está en el rango [70...80] el signo es *muy bueno*; de lo contrario, el signo es *excelente* si  $x$  está en el rango [90 ...100]. Para que la Tríada signica se considere adecuada, deben tener un porcentaje mínimo del 60%. Esta escala es grande porque debería ser concluyente distinguir las aplicaciones cuya Tríada signica ha sido mejor implementada.

### **Implementación de TriSigEM**

La implementación de TriSigEM es un formulario web (ver Figura 4). Primero, las secciones corresponden a los siguientes patrones de diseño: a) Navegación, b) Búsqueda, c) Ayuda, d) Formulario, f) Errores y g) Página de inicio. Segundo, cada sección integra las preguntas de la Tabla 6 y la Tabla 7. Tercero, cada indicador tiene un menú de opciones con la escala Likert. Por ejemplo, el evaluador analiza el patrón Navegación de la app móvil de la Figura 5; luego, el evaluador selecciona uno de los valores de la escala Likert para cada indicador. El promedio de valores determina una puntuación; primero, para cada Atributo Visual (Precisión, Atractivo, Simpatía, Mínima Carga de Memoria y Retroalimentación) y, posteriormente, para cada Característica de Usabilidad (Eficiencia, Efectividad y Satisfacción). La puntuación guía con precisión al evaluador para detectar un problema específico y determinar en qué medida ese problema afecta las características de usabilidad.

**Patrón de Navegación**

Atractivo (Ícono, Símbolo). ¿Es apropiado el diseño utilizado por el patrón navegación para colocar gráficos y textos? Según su:

	1	2	3	4	5
Ubicación	<input type="radio"/>				
Tamaño	<input type="radio"/>				
Orientación	<input type="radio"/>				

Atractivo (Ícono, Símbolo). ¿El texto y los gráficos están bien distribuidos en el lienzo? Según su:

	1	2	3	4	5
Ubicación	<input type="radio"/>				
Tamaño	<input type="radio"/>				
Orientación	<input type="radio"/>				
Forma	<input type="radio"/>				

Figura 4. Ejemplo del formulario de preguntas.  
Fuente: Autores

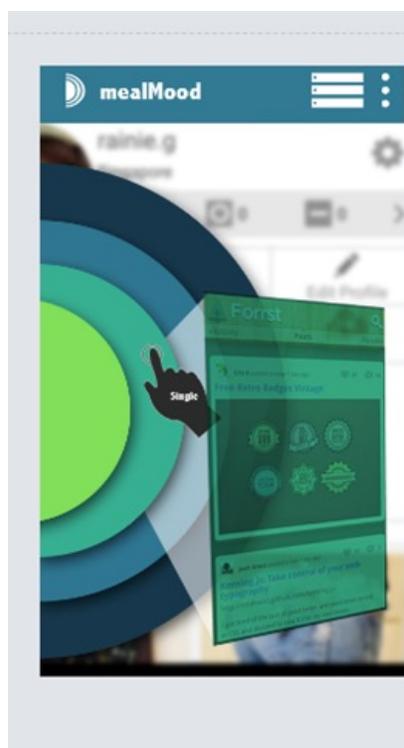


Figura 5. Navegación, uso frecuente.  
Fuente: Autores

**🔍 Análisis de resultados** Sobre la base de los elementos de TriSigEM explicados en la sección 4 y los trabajos relacionados explicados en la sección 3, esta sección muestra

una comparación de los siguientes trabajos: Evaluation tool of Turner (2011), SIDE-Semiotic Interface Sign Design and Evaluation of Islam et al. (2010) e Islam et al. (2020), Systematic and Generalizable Approach to the Heuristic Evaluation of User Interfaces of Alonso et al. (2018), Amare y Manning Model (2006) y Amare y Manning (2016) y TriSigEM (ver Tabla 8). Esta comparación considera las siguientes características: a) modelo heurístico para evaluar aplicaciones móviles, b) modelo de orientación semiótica, c) consideración de parámetros cualitativos, d) consideración de parámetros cuantitativos, f) inclusión de indicadores.

Tabla 8. Comparación de trabajos relacionados con TriSigEM

Característica	Turner Tool	SIDE	Heuristic evaluation of user interface	Amare and manning model	TriSigEM
Aplicaciones que evalúan el modelo heurístico	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Modelo orientado a la semiótica	No	Sí	No	Sí	Sí
Consideración de parámetros cualitativos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Consideración de parámetros cuantitativos	Sí	Sí	No	No	Sí
Inclusión de indicadores	No	No	Sí	No	Sí

Fuente: Autores

TriSigEM, en contraste con la herramienta de Turner, tiene soporte teórico y metodológico en su construcción. Las preguntas tienen una redacción clara y explícita sobre lo que debe evaluarse, a diferencia de la herramienta de Turner, donde las preguntas son ambiguas y vagas sobre lo que debe observarse y evaluarse. Tanto TriSigEM como la herramienta de Turner, parten de una estructura clara y bien definida. Adicionalmente, TriSigEM tiene una estructura jerárquica que determina el grado de usabilidad en cualquier nivel, desde los indicadores, los atributos visuales, las características visuales, las subcaracterísticas y la usabilidad.

SIDE evalúa la naturaleza intuitiva de cada signo en la GUI. Se centra en medir su precisión en relación con la funcionalidad que representa. Sin embargo, los autores deben definir el signo en este modelo. En cambio, TriSigEM establece cada signo y define indicadores para observar y evaluar su función en la GUI. Con la evaluación cuantitativa de SIDE, los autores sugieren la gravedad de los problemas que implica un signo impreciso. Mientras que la evaluación cuantitativa de TriSigEM permite a los evaluadores calcular el grado de usabilidad con respecto a la efectividad, eficiencia y satisfacción de la tríada sígnica.

En cuanto al enfoque sistemático y generalizable para la evaluación heurística de interfaces de usuario, la propuesta taxonómica de los elementos de la GUI y sus propiedades es valiosa. En esta taxonomía, los autores identificaron los elementos evaluables y los categorizaron, primero por subcaracterísticas y luego por características visuales. TriSigEM coincide con esta propuesta en considerar parámetros evaluables. Ambas propuestas persiguen elementos mínimos observables. Llamamos a esos elementos indicadores, y los autores los llaman atributos. Sin embargo, solo en TriSigEM se propone una métrica basada en indicadores.

En cuanto a Amare & Manning, que proponen explorar la GUI desde una perspectiva semiótica, su principal contribución es clasificar los signos GUI de la app en la Tríada signica Ícono, Índice y Símbolo. Mientras que TriSigEM permite a los evaluadores explorar y probar la Tríada signica. De ahí que TriSigEM tenga una base estructural semiótica ligada a conceptos propios de las heurísticas más clásicas. El modelo de Amare & Manning se mantiene en la categorización y la exploración de sitios web, pero no considera la medición de parámetros cuantitativos.

Una contribución significativa de TriSigEM que no se encuentra en otros modelos es su estructura jerárquica, Característica de Usabilidad – Característica Visual – Atributo Visual – Tríada signica – Indicadores. Cada Atributo Visual se relacionó con la Tríada signica en la implementación de Patrones de Diseño GUI, para que el evaluador pudiera reconocerlo y evaluarlo puntualmente; además, de interpretar el resultado de la evaluación. El evaluador no requiere ser un experto en semiótica, sino un experto en diseño de GUI o un Diseñador de Comunicación Gráfica ya que TriSigEM especifica métricas a través preguntas sencillas.

**◆ Conclusión** El resultado de esta investigación fue TriSigEM, un modelo heurístico orientado a la semiótica que evalúa la usabilidad de la GUI de cualquier app. El modelo cuenta con indicadores que permiten la evaluación puntual de los signos de interfaz contenidos en los patrones de diseño de GUI. La medida proporcionada por el modelo permite mejorar la GUI de la app y, eventualmente, la capa de funcionalidades de la app en su conjunto.

La teoría *semiótica de Peirce*, las aportaciones de Amare & Manning, el trabajo de Systematic and Generalizable Approach, y el trabajo de Neil Turner corroboran TriSigEM. La investigación de Amare y Manning proporcionó una taxonomía basada en el modelo de Peirce en su segunda tricotomía, correspondiente al objeto semiótico. El enfoque sistemático y generalizable resume ocho indicadores asociados con la taxonomía de Amare & Manning; además, estos indicadores están relacionados con métricas que califican el signo de la GUI. Finalmente, el trabajo de Neil Turner proporcionó diez subcaracterísticas observables en una app, las cuales coinciden con los patrones de diseño de la GUI: navegación, búsqueda, formulario, errores, ayuda y página de inicio.

*Modelo heurístico.* A diferencia de los trabajos relacionados que proponen heurísticas en forma de oraciones o sugerencias, las heurísticas TriSigEM son preguntas específicas sobre un subconjunto de los ocho indicadores. Esto permite al evaluador una interpretación menos subjetiva al observar la Tríada signica. Como resultado, las calificaciones de las características proporcionan el grado de cumplimiento en la usabilidad de la GUI. Además, el evaluador que aplique TriSigEM determinará los ajustes o cambios en los indicadores de la Tríada signica que afectan la jerarquía de usabilidad de la GUI. El diseñador de GUI que usa TriSigEM asegurará una buena composición de la Tríada de signica porque tendrá en cuenta la jerarquía del modelo.

*Dimensión semiótica.* TriSigEM propone ocho indicadores observables en la Tríada signica y define once preguntas. Asegura que estas preguntas sean fáciles de comprender e interpretar para el evaluador. El nivel de detalle de TriSigEM no lo encontramos en las descripciones de otros modelos reportados en la literatura.

*Patrones de diseño de GUI.* TriSigEM proporciona una nueva dimensión al cumplimiento de la usabilidad, a partir de la observación y evaluación de la Tríada signica. A mediano plazo, los patrones de diseño de GUI podrían integrar las especificaciones de la Tríada signica, lo que impactaría positivamente en la adopción de las apps por parte de los usuarios.

*Parámetros cuantitativos.* TriSigEM permite al evaluador realizar una evaluación cuantitativa de la usabilidad de la GUI en las aplicaciones, revelándole la naturaleza y el grado de afectación de un indicador en la usabilidad de la GUI. Esta característica no la encontramos en otros modelos reportados en la literatura.

En un trabajo futuro, reportaremos los resultados del estudio de caso donde se ha aplicado TriSigEM a algunas apps que implementan patrones de diseño GUI, junto con otros estudios de caso, para probar su efectividad. Se elaborarán algunos ejemplos de la especificación de la Tríada signica en algunos patrones de diseño de GUI, observando en su impacto en la aceptación del usuario y la adopción de las apps. ●

## Referencias

Akowuah, F., & Ahlawat, A. (2018). Protecting sensitive data in android SQLite databases using TrustZone. *2018 International Conference on Security & Management*, National Science Foundation; 2018: pp. 227-33.

Alonso-Ríos, D., Mosqueira-Rey, E., & Moret-Bonillo, V. (2018). A systematic and generalizable approach to the heuristic evaluation of user interfaces. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(12), pp. 1169-1182.

- Amare, N., & Manning, A. (2006). Back to the future: A usability model of hypertext based on the semiotics of CS Peirce. *2006 IEEE International Professional Communication Conference* (pp. 47-56). IEEE.
- Amare, N., & Manning, A. (2016). *A unified theory of information design: Visuals, text and ethics*. Routledge.
- Aziz, N. S., & Kamaludin, A. (2018). Measuring Website Usability Construct as Second Order Construct in Website Usability Model. *Advanced Science Letters*, 24, pp. 7727-7731(5). American Scientific Publishers. doi:<https://doi.org/10.1166/asl.2018.13007>
- Aziz, N. S., Kamaludin, A., & Sulaiman, N. (2013). Assessing web site usability measurement. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2(9), pp. 386-392.
- Barday, K. A. (2018). *Data processing systems and methods for operationalizing privacy compliance via integrated mobile applications*. Google Patents.
- Bertin, J. (1983). *Semiology of graphics*. University of Wisconsin press.
- De Souza, C. S. (2005). *The semiotic engineering of human-computer interaction*. MIT press.
- de Souza, C. S. (2018). *Semiotics and human-computer interaction*. The Wiley handbook of human computer interaction, 1, pp. 33-49.
- Fernández Martínez, A. (2011). WUEP: un proceso de evaluación de usabilidad web integrado en el desarrollo de software dirigido por modelos.
- Granlund, Å., Lafrenière, D., & Carr, D. A. (2001). A pattern-supported approach to the user interface design process. *International Conference on Human-Computer Interaction: 05/08/2001-10/08/2001*.
- Hawley, M. (2010). Rapid Desirability Testing: A Case Study. Accessed online, 15(04), p. 2010.
- Islam, M. N., Bouwman, H., & Islam, A. N. (2020). Evaluating web and mobile user interfaces with semiotics: An empirical study. *IEEE Access*, 8, pp. 84396-84414.
- Islam, M., Ali, M., Al-Mamun, A., & Islam, M. (2010). Semiotics explorations on designing the information intensive web interfaces. *Int. Arab J. Inf. Technol.*, 7(1), pp. 45-54.
- Joachims, T., Granka, L., Pan, B., Hembrooke, H., & Gay, G. (2017). Accurately interpreting clickthrough data as implicit feedback. *Acm Sigir Forum*. 51, pp. 4-11. Acm New York, NY, USA.

- Peirce, C. (1974). *Clasificación de los Signos. En la Ciencia de la Semiótica*. Nueva Visión, Buenos Aires.
- Standardization, I. O. (2018). ISO 9241-11: 2018—Ergonomics of Human-System Interaction—Part 11: Usability: Definitions and Concepts.
- Statista Corporation. (2022, november). *Statista*. Retrieved mars 10, 2023, from <https://www.statista.com/>
- Tidwell, J. (2010). *Designing interfaces: Patterns for effective interaction design*. "O'Reilly Media, Inc."
- Turner, N. (2011). A guide to carrying out usability reviews-UX for the masses. *UX For the masses*.
- Van Welie, M., & Van der Veer, G. C. (2003). Pattern languages in interaction design: Structure and organization. 3. Proceedings of interact.
- Werkmeister, T. (2021). Development of User-Centred Interaction Design Patterns for the International Data Space. In M. M. Soares, E. Rosenzweig, & A. Marcus (Ed.), *Design, User Experience, and Usability: UX Research and Design* (pp. 144-155). Cham: Springer International Publishing.

 **Acerca de los autores** Edna P. Quezada-Bolaños

Originaria de la Ciudad de México. Ph.D. en Diseño y Visualización de Información por la Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Azcapotzalco, Ciudad de México, en Diseño de la Interacción Visual Humano-Computadora. Maestría en Creatividad para el Diseño por la Escuela de Diseño del Instituto Nacional de Bellas Artes, EDINBA, México. Profesor del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México. Intereses de investigación en Realidad Virtual y Aumentada, Interfaz de Usuario (UI), Gestión de Proyectos e Innovación, Evaluaciones Heurísticas y Semiótica Digital. Ha participado como ponente en el Congreso Internacional MexIHC, Mérida 2018; Congreso Internacional FORMA, Cuba 2019; Coloquio UAM-Azcapotzalco De los Métodos y las Maneras; Jornadas UAM-Xochimilco sobre Creatividad e Innovación; Conferencia LASERA 2019 "Recursos visuales para la divulgación de temas científicos" y "Estrategia de desarrollo de apps enriquecidas con realidad aumentada para el aprendizaje de estudiantes NMS del IPN con el foco en el Aprendizaje Basado en Retos, en el contexto de la educación 4.0" y el Cuarto Coloquio De los Métodos y las Maneras de los Posgrados en Diseño con la ponencia "Presencia de la tríada de signos en interfaces gráficas de aplicaciones móviles".

*Lizbeth Gallardo-López*

Doctora en Ciencias de la Computación con especialidad en Sistemas de Información por la Universidad Joseph Fourier, Grenoble, Francia. Formación como Licenciada en Computación por la Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa, Ciudad de México. Profesor-Investigador en el Departamento de Sistemas, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, en la Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Azcapotzalco, Ciudad de México. Líneas de investigación: Visualización de la información, E-Learning, Computación para la Salud y Procesos del Software. Ha publicado en revistas como *Research in Computing Science*, *Journal of Scientific and Technical Applications*, *Zincografía y Tecnología y Diseño*. Además, ha participado en Congresos como "Avances en Interacción Humano-Computadora", "De los Métodos y la Maneras" y "Conférence en Recherche d'Information et Applications".



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional