

Methodology Evaluation: Inclusion of End Users in User-Centered Development Process

Luis Roberto Ramos-Aguiar, Francisco Javier Álvarez-Rodríguez

Abstract—User-Centered Design (UCD) has taken great relevance in software development since it allows to know characteristics and particularities of the end users to whom the system is addressed, generating applications with great acceptability. Consequently, many software development methodologies decide to implement this approach, however, it is important to perform evaluation processes to ensure compliance with this feature, for this reason, this paper presents different methods of evaluation of software development methodologies and their final products, identifying a series of criteria that can be applied in future evaluations related to user-centered design, in addition, by means of a software engineering experimentation process proposed by Gómez et al [26] a software methodology evaluation tool is applied to analyze the information related to the UCD it provides, ending with a comparison between the results of the METUIGA and MEDPE methodology. The results obtained demonstrate the need to create an evaluation tool that considers the participation of the end user in the evaluation of the methodological process and the final product, since the data obtained in the experimentation process focused more on the fulfillment of the software engineering process.

Index Terms— Software Engineering, User-centered design, Evaluation Methods, Tangible User Interfaces, Gamification.

I. INTRODUCCIÓN

A través de los años el desarrollo de software ha venido implementando una serie de metodologías que facilitan la creación de productos de software [1]. La aceptación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICS) en la educación sigue siendo parte central de la investigación y la práctica de los sistemas de información [2]. Un enfoque que puede ayudar a mejorar los índices de aceptación en los desarrollos de software es el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), el cual considera de suma importancia la inclusión del usuario final en cada una de las etapas de desarrollo para producir un software que se ajuste a sus necesidades y cumpla el objetivo para el que fue creado [3].

A causa de esto, utilizar metodologías de software enfocadas en el DCU se ha convertido en una herramienta esencial para todos los equipos de desarrollo. Sin embargo, para conocer si se está generando software que cumpla con las características deseadas por los usuarios es importante pasar por evaluaciones durante el proceso de desarrollo y sus productos finales para verificar la correcta implementación del DCU, no obstante, es

complicado identificar métodos de evaluación para metodologías específicas debido a las amplias características que se pueden encontrar de una metodología a otra.

Por esta razón, este trabajo tiene como objetivo identificar instrumentos de evaluación para evaluar metodologías basadas en el DCU y sus productos finales, asimismo, se plantea la identificación de criterios que pueden ser aplicados en futuras evaluaciones, además, para demostrar la escasa información de estos instrumentos en relación al DCU se realizó una experimentación de Ingeniería de Software (IS) siguiendo un proceso experimental [26].

Para esta experimentación se aplicó un instrumento de evaluación a la metodología METUIGA (METHodology for the design of systems based on Tangible User Interfaces and GAMification techniques for blind people) una metodología para el desarrollo de aplicaciones dirigidas a personas no videntes implementando interfaces tangibles de usuario, técnicas de gamificación y que, además, sigue el enfoque de DCU.

Se definieron los aspectos principales del experimento, se plantearon las hipótesis, se diseñó como se llevaría a cabo la experimentación, se ejecutó el proceso definido y se analizaron los resultados obtenidos, finalmente, se compararon los resultados obtenidos con la metodología MEDPE para observar si la información relacionada con el DCU es relevante.

El presente trabajo se encuentra dividido de la siguiente manera: En la Sección II, mencionamos los trabajos relacionados para este proyecto de investigación. En la Sección III, se presentan los resultados de literatura investigada. En la sección IV, se describe la experimentación de IS realizada, finalmente, en la Sección V se presenta las conclusiones y trabajos futuros.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

A. Diseño Centrado en el Usuario

Para la generación de software que satisfaga los requerimientos y necesidades de los usuarios finales, se encuentran las metodologías que siguen el enfoque de DCU el cual según [4] “Nace en los años ochenta, orientado al diseño de productos más útiles, usables y deseables; mejorando el entendimiento del usuario, los requerimientos de sus actividades, y las mejoras a través de la evaluación, durante el proceso de diseño de producto”.

Con el paso del tiempo varias definiciones en relación con el DCU han existido, por ejemplo, [5] reflexiona que el DCU “Es una metodología y filosofía de diseño en la que se tienen en cuenta las necesidades, los objetivos y el éxito del usuario final.

Luis Roberto Ramos-Aguiar, Universidad Autónoma de Aguascalientes, AGS. 20131 MEX (e-mail: roberto.ramos.nay@gmail.com).

Francisco Javier Álvarez-Rodríguez, Universidad Autónoma de Aguascalientes, AGS. 20131 MEX (e-mail: fjalvar@gmail.com).

El cual puede aplicarse a cualquier tipo sistema, objeto o producto destinado al uso humano”.

Asimismo, en [6] atiende que el DCU “Surge como un enfoque y método que consiste en conocer algunas particularidades del usuario con el objetivo de hacer más familiares y efectivas las interfaces gráficas que se diseñan para él”. En cambio, [7] considera que el DCU “Es un término general para una filosofía y unos métodos que se centran en el diseño para los usuarios y su participación en el diseño de sistemas informáticos. Las formas de participación de los usuarios pueden variar. En un extremo del espectro, la participación puede ser relativamente ligera: se les consulta sobre sus necesidades, se les observa y participan en pruebas de usabilidad”.

Por último, es importante definir procesos para la correcta implementación del DCU. Hassan, Iazza y Fernández proponen un modelo que sigue el proceso iterativo del DCU el cual está dividido en tres etapas para la correcta interacción con el usuario al momento de diseñar sistemas computacionales siguiendo este enfoque [8]. A continuación, se describen las etapas propuestas:

1) *Las etapas de Diseño, Prototipado y Evaluación son cíclicas e iterativas. A lo largo de todo el proceso de desarrollo, lo que se diseñe deberá ser evaluado a través de su prototipado. Siempre será menos costoso reconducir un diseño que rediseñar completamente.*

2) *El proceso de diseño debe estar centrado en el usuario, en “todos” los usuarios. Cuanto más se conozca al usuario, más adaptado podrá estar el diseño a sus necesidades y características, y, por lo tanto, más usable y accesible resultará.*

3) *La etapa de Estudio y Modelado del Usuario se realizará antes de cualquier diseño. Sólo debería ser revisada o remodelada cuando en la etapa de Evaluación se descubra que un error de Diseño está causado por algún defecto en el Estudio y/o Modelado del Usuario.*

Analizando las definiciones de estos autores, se concluye que el DCU es la aplicación de características específicas del usuario final con el objetivo de atender la construcción de un producto para satisfacer sus necesidades aprovechando sus características específicas.

Con relación a la definición antes proporcionada, es importante que el usuario final se encuentre inmiscuido en cada una de las etapas o actividades de cualquier metodología de software que desee implementar el DCU, por consiguiente, el DCU un enfoque bastante funcional para el diseño de aplicaciones o sistemas computacionales con usuarios específicos como pueden ser aquellos con algún tipo de discapacidad o característica especial.

B. Problemática

Lo primero y fundamental cuando se planifica una evaluación es definir de forma clara, concisa y operativa aquello que se desea evaluar [9]. Una metodología que implementa el enfoque de DCU, permite identificar los componentes que son útiles para el usuario final y descartar los

que el diseñador podría considerar como útiles pero no lo son [10].

Esta forma de diseño le otorga al usuario el rol central del desarrollo, convirtiéndose en un miembro más del equipo de diseño. El objetivo del DCU es obtener productos fáciles de usar, efectivos y eficientes [11]. Debido a la amplia relación entre el usuario y el producto final, es importante que estas metodologías se sometan a procesos de evaluación para identificar la correcta aplicación de este enfoque, así como, reconocer si el producto final realmente satisface las necesidades para las que fue construido.

Actualmente, es complicado distinguir un buen método de evaluación para metodologías centradas en el usuario, por esta razón, en esta investigación se muestra un análisis de distintos trabajos de investigación que proporcionan instrumentos para validar la calidad de sus productos o metodologías de software con el objetivo de identificar elementos que pueden ser parte de evaluaciones futuras relacionadas con el DCU, además, como caso de estudio se aplica un instrumento de evaluación a la metodología METUIGA con la finalidad de analizar la información resultante de dicha evaluación.

Para la identificación de los artículos a evaluar se realizó una revisión bibliográfica. El tema principal de búsqueda consistió en artículos que contengan mecanismos de evaluación de metodologías de software. Como resultado de esta revisión bibliográfica se seleccionaron 11 artículos, posteriormente, se analizaron cada uno de ellos considerando las siguientes preguntas: ¿Contienen elementos para evaluar productos finales en metodologías centradas en el usuario? ¿Contienen elementos para la evaluación de metodologías centradas en el usuario?

Como resultado de este análisis se obtuvieron 7 artículos que ayudaron a la definición de estos elementos (Ver Fig. 1).

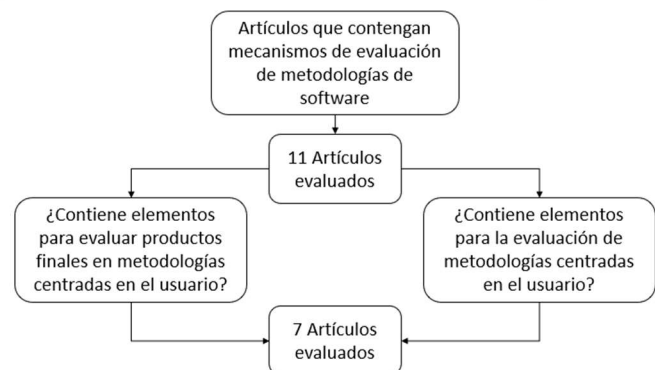


Fig. 1: Diagrama de flujo de evaluación. Fuente: Creación propia.

A continuación, se describen los trabajos y modelos analizados, así como sus funciones o principales aportaciones. El primer trabajo analizado fue propuesto por [12] el cual se define como “Modelo de evaluación de metodologías para el desarrollo de software”.

El modelo consiste en tres etapas 1) Identificación de variables en la evaluación de metodologías a ser utilizadas en el desarrollo de software, 2) Diseño de la matriz de evaluación de la metodología, 3) Análisis de los resultados. Durante su investigación se evaluaron once metodologías utilizadas para el desarrollo de software obteniendo las ventajas y desventajas que presentaron cada una.

Como resultado, se identificaron factores claves para la selección de una metodología de software, así como los tres factores más importantes que debe tener una metodología de software según sus resultados los cuales son que integre las distintas fases del ciclo de desarrollo, cubra el ciclo entero de desarrollo de software y se pueda emplear en un entorno amplio de proyectos de software, por otro lado, proponen un instrumento que consiste en 13 variables donde se pregunta si la metodología funciona en un entorno dinámico orientado al usuario, variable muy importante para conocer la implementación del DCU.

Como recomendaciones proponen que su modelo se realice con un número significativo de personas con conocimientos en el área de ingeniería de software y que los factores a evaluar pueden ser creado por el líder del proyecto en función a las características del proyecto.

Como segunda aportación tenemos el trabajo de [13] que se define como “Metodología para el desarrollo de portales centrada en el usuario: una evaluación empírica”. En su trabajo muestran una metodología para el desarrollo de aplicaciones web que puede ser útil para diferentes enfoques de portales educativos.

Dentro de su trabajo exponen un instrumento de evaluación para conocer las percepciones del equipo de desarrollo con respecto al uso de la metodología que presentan, en él se pueden encontrar aspectos a evaluar para conocer si la metodología es centrada en el usuario, presenta pruebas de usabilidad, determina el alcance, y presenta actividades en cada etapa, aspectos importantes en la implementación del DCU.

Antes de su aplicación este instrumento se validó por un grupo de expertos en diferentes áreas del conocimiento para verificar la apariencia de contenido y su claridad. El instrumento consta de veintitrés aspectos de evaluación para una metodología de software, dichos aspectos son evaluados en una escala de Likert de 1 a 5 yendo de totalmente en desacuerdo a totalmente de acuerdo.

El tercer trabajo analizado fue propuesto por [14] el cual es llamado “Evaluación de Metodologías Ágiles para el Desarrollo de Software”. En él se exponen los principios rectores de metodologías ágiles definidas en el “Manifiesto Ágil” [15] compuesto por cuatro postulados (Valorar el individuo y a las interacciones del equipo de desarrollo por encima del proceso y las herramientas, Valorar el desarrollo de software que funcione por sobre una documentación exhaustiva, Valorar la colaboración con el cliente por sobre la negociación contractual, Valorar la respuesta al cambio por sobre el seguimiento de un plan) y principios asociados.

Este trabajo expone variables importante para la evaluación de una metodología con el enfoque de desarrollo ágil, estas variables pueden aplicarse utilizando el “Modelo de evaluación de metodologías para el desarrollo de software” propuesto por [12]. Por otro lado, su enfoque se inclina hacia metodologías ágiles sin considerar el DCU y sin presentar algún instrumento para su evaluación.

El cuarto trabajo analizado fue propuesto por [16] el cual lleva por nombre “Comparación de metodologías ágiles y procesos de desarrollo de software mediante un instrumento basado en la Integración de modelos de madurez de capacidades (CMMI, por sus siglas en inglés)”.

En su trabajo proponen un instrumento propio para metodologías ágiles sin considerar el DCU basado en las experiencias de comparación de prácticas ágiles frente CMMI-DEV a nivel de sub prácticas que fueron propuestas en una tesis de maestría por [17]. El trabajo de investigación se centró en la comparación de tres metodologías ágiles (XP, SCRUM e ICONIX) y el Proceso de desarrollo, considerando su estudio como el de mayor cubrimiento debido a la implementación de 5 niveles de CMMI en comparación con otras investigaciones que generalmente analizan entre uno y dos prácticas en pequeñas áreas de los procesos establecidos.

La quinta aportación analizada lleva por nombre “Evaluación de las metodologías de desarrollo de software a partir de sus prácticas y promesas”. El cual fue propuesto por [18].

En su trabajo se pueden encontrar aspectos importantes como las pautas para evaluar metodologías de software de cualquier enfoque, ejemplos de métricas de evaluación, análisis de costo-beneficio de una investigación empírica, así como los resultados de evaluación aplicados a dos metodologías de software, además, discute sobre un enfoque sistemático para identificar los criterios de evaluación al enfrentar nuevas metodologías o al intentar analizar resultados de estudios anteriores. Esta aportación se puede utilizar en todo tipo de metodologías, sin embargo, no propone aspectos específicos para el DCU.

Como sexta aportación tenemos el trabajo realizado por [19] titulado “Criterios de evaluación en aplicaciones multimedia en entornos de educación y formación a distancia”.

Este artículo aborda la problemática de la evaluación de materiales multimedia desde la perspectiva de su uso en educación. Para ello, se analizan las características de este tipo de materiales, las funciones básicas, ventajas y limitaciones que puede tener su uso en contextos educativos, finalizando con aportes que se pueden extraer de las investigaciones realizadas sobre estos materiales, y que pueden guiar su evaluación. Este trabajo provee características técnicas y didácticas que pueden ser implementadas en la evaluación de una metodología enfocada en el DCU adecuándose a los usuarios finales para obtener resultados confiables del producto obtenido.

El séptimo trabajo analizado fue propuesto por [20] el cual lleva por nombre “Diseño de un instrumento de evaluación de aplicaciones digitales (Apps) que permiten desarrollar la competencia artística”.

En este estudio se presenta un instrumento de evaluación el cual consiste en 98 aspectos a evaluar para identificar competencias artísticas según acciones expresivas o perceptivas, este instrumento puede ser fácilmente aplicado a metodologías que siguen el DCU aportando características para su evaluación como lo es identificar las dimensiones de la app, diferenciar aspectos relacionados con el desarrollo de competencia artística, relacionar la competencia en la evaluación de la apps y finalmente disponer de categorías, aspectos y escalas para evaluar la app en cuestión.

El octavo trabajo analizado fue propuesto por [21] el cual lleva por nombre “Una metodología para el diseño, desarrollo y evaluación de software educativo”.

Este trabajo propone una evaluación tanto interna como externa para determinar los parámetros básicos del proyecto de software educativo, teniendo en cuenta los requerimientos particulares del mismo en cuanto a los aspectos pedagógicos,

dando la posibilidad de incluir a los usuarios en sus evaluaciones externas, por esta razón se considera como un trabajo que puede ser útil para la definición de características a evaluar dentro de un instrumento de metodologías enfocadas al DCU, además, es posible encontrar aspectos a evaluar dentro de los diferentes procesos de software.

El noveno trabajo fue propuesto por [22] el cual lleva por nombre “Análisis y evaluación de aplicaciones para desarrollar la comunicación en el alumnado con trastorno del espectro autista”.

Este trabajo se enfoca en personas con trastorno del espectro autista, su aportación puede ayudar a aquellas metodologías enfocadas en el DCU que implementen aplicaciones para niños con discapacidades especiales, además, para su instrumento de evaluación realizan la obtención de ocho estudios científicos de los cuales seleccionan aquellas características que se adaptan a su estudio realizado.

El décimo trabajo analizado fue propuesto por [23] el cual lleva por nombre “Usability Questionnaires to Evaluate Voice User Interfaces”.

Aun cuando es un trabajo para medir la usabilidad, su gran aportación para esta investigación es su estudio sobre cuestionarios para evaluar la usabilidad de interfaces de voz, en dicho estudio muestran diferentes cuestionarios que pueden aportar gran información para un futuro instrumento de evaluación para metodologías y productos finales enfocados en el DCU.

Por último, el décimo primer trabajo analizado fue propuesto por [24] el cual lleva por nombre “Esfuerzo de Usabilidad: un nuevo concepto para medir la usabilidad de un sistema interactivo basada en el Diseño Centrado en el Usuario”.

En su trabajo expone un método que valora la usabilidad con datos obtenidos a partir del esfuerzo que el equipo de desarrollo ha realizado durante la implementación del sistema y siguiendo un modelo de proceso DCU. Con ello se consigue unir la metodología utilizada con el resultado que se espera conseguir, finalmente, este trabajo es el único con un enfoque específico hacia el DCU.

III. RESULTADOS DE LA LITERATURA INVESTIGADA

Una vez analizadas las investigaciones se procedió a definir el enfoque al que estaban dirigidas, estos enfoques son, General (Para cualquier metodología de software), Ágil (para metodologías ágiles) y DCU (Para metodologías de Diseño Centrado en el Usuario), posteriormente, se determinó a través del análisis de sus instrumentos si contenían evaluaciones cuantitativas, esto con el objetivo de facilitar la identificación de características de DCU y su implementación, finalmente, se analizó si establecían criterios en sus evaluaciones que podían ser parte de futuros instrumentos de DCU sin importar que su enfoque fuera otro. En la Tabla I se pueden observar los aspectos con los que cumplieron cada uno de los trabajos analizados.

Luego de analizar los diferentes trabajos expuestos no se encontró un método o instrumento específico para el análisis de metodologías enfocadas en el DCU, no obstante, el trabajo propuesto por [24] proporciona aspectos para medir la usabilidad de sistemas interactivos basada en DCU el cual puede ayudar en la evaluación de productos finales.

TABLA I
ANÁLISIS GENERAL DE CADA INVESTIGACIÓN

Tipo de enfoque	Contiene instrumentos de evaluación	DCU	Referencia
General	Si	Si	[12]
General	Si	Si	[13]
Ágil	No	No	[14]
Ágil	Si	No	[16]
General	No	No	[18]
General	No	Si	[19]
General	Si	Si	[20]
General	Si	Si	[21]
General	No	Si	[22]
General	Si	Si	[23]
DCU	No	Si	[24]

Por otra parte, se observó que la mayoría de las investigaciones evalúan procesos de metodologías generales (Metodologías que no siguen un enfoque ágil o DCU) y ágiles sin considerar al usuario como parte de su proceso, identificando solo una investigación dirigida al DCU, de ahí que, se considera de suma importancia la generación de instrumentos de evaluación para metodologías enfocadas en el DCU que garanticen la participación del usuario final generando una mezcla entre la evaluación del proceso metodológico y del producto final.

Finalmente, se extrajeron aquellos elementos que pueden ser parte de evaluaciones futuras relacionadas con el DCU. En la Tabla II se pueden observar aquellos elementos que pueden ser parte de la evaluación del proceso de desarrollo de software involucrando al usuario final.

TABLA II
ELEMENTOS QUE CONSIDERAR EN LA EVALUACIÓN DE METODOLOGÍAS CENTRADAS EN EL USUARIO

Nombre	Referencia
La metodología debe ajustarse a los objetivos	[12]
La metodología funciona en un entorno orientado al usuario	[12] [13]
La metodología determina el alcance	[13]
La metodología cuenta con actividades en cada fase	[13]
La metodología valora al individuo y a las interacciones del equipo de desarrollo por encima del proceso y las herramientas.	[14]
El usuario final participó activamente en el proceso de desarrollo.	[19]

Eventualmente, en la Tabla III se pueden observar elementos que pueden proporcionar un conocimiento cualitativo sobre aspectos del DCU y su utilidad ante el usuario final.

Con la inclusión de estos elementos se podría considerar más al usuario final como parte del proceso de desarrollo metodológico, además, garantizaría un producto que satisfaga los requerimientos para el que fue construido.

IV. EXPERIMENTACIÓN EN INGENIERÍA DE SOFTWARE

La experimentación en la ingeniería de software apoya el progreso de dicho campo a través de un proceso de aprendizaje iterativo [25]. Para este trabajo se planteó una experimentación de Ingeniería de software siguiendo el proceso propuesto por Gómez et al [26] el cual consta en las etapas de Definición, Diseño, Ejecución y Análisis (Ver Fig. 2).

Con esto, se pretende demostrar la escasa información relacionada al DCU que se puede encontrar en un instrumento de evaluación de metodologías de software.

TABLA III
ELEMENTOS QUE CONSIDERAR EN LA EVALUACIÓN DE PRODUCTOS FINALES EN
METODOLOGÍAS CENTRADAS EN EL USUARIO

Nombre	Referencia
¿Lo caracteres de texto utilizados son claros, adecuados y visualmente interesantes?	[19]
¿Puede revisar instrucciones y entornos previos en el sistema desarrollado?	[19]
¿El contenido es preciso?	[19]
¿La aplicación es fiable (no falla, rapidez)?	[20]
¿La interfaz es rica en elementos como Diseño de pantalla, disposición, menús, iconos, imágenes, colores, gráficos y animaciones?	[20]
¿La aplicación tiene un buen nivel de usabilidad? (Facilidad o dificultad de utilizar el recurso, acceso al programa, instalación, operación)	[20]
¿Considera que el programa es interactivo?	[21]
¿Es de fácil manejo?	[21]
¿Ha despertado interés en usted?	[21]
¿Considera adecuada la selección de los contenidos?	[21]
¿Permite la corrección de errores y retroalimentación?	[22]
¿Permite el control del progreso?	[22]

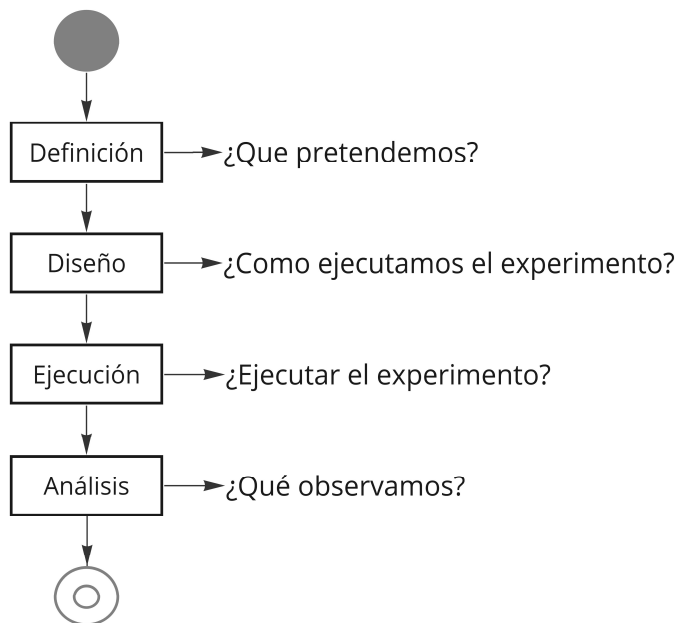


Fig. 2: Proceso de experimentación de ingeniería de software. Fuente: Creación propia basada en [26].

A Continuación, se describe cada una de las etapas del proceso de experimentación y como se aplicó en el presente trabajo de investigación.

A. Definición

Esta etapa consiste en especificar de manera general los aspectos principales del experimento a realizar así como definir las hipótesis del trabajo [27]. En esta investigación se pretende demostrar la escasa información de criterios del DCU que nos proporciona un instrumento de evaluación, por esta razón, las hipótesis que se definieron para este experimento son las siguientes:

- 1) *El instrumento proporcionará escasa información relacionada al DCU.*
- 2) *Los resultados cuantitativos no proporcionaran la suficiente información para conocer si realmente se sigue el DCU.*

Para averiguar si estas hipótesis son correctas, aplicó un instrumento de evaluación a METUIGA una metodología se software que tiene como objetivo el desarrollo de aplicaciones dirigidas a personas no videntes ejecutando Interfaces Tangibles de Usuario (ITU) y técnicas de gamificación [28].

La implementación de ITU dentro de la metodología se debe a que una ITU da forma física a la información digital, con el objetivo de salvar la brecha entre el mundo digital y el mundo físico [29]. Además, estudios han demostrado su utilidad para ofrecer beneficios en el apoyo a la enseñanza en personas no videntes, [30], [31], [32].

De esta manera con el uso de ITU se pretende aprovechar el principal canal de interacción de las personas no videntes (sentido del tacto) para interactuar con información digital a través de elementos físicos, por otra parte, la gamificación se ha definido tradicionalmente como la aplicación de elementos relacionados con el juego en actividades que no son juegos y en otros contextos, incluida, por supuesto, la educación, siendo su principal objetivo es mejorar la motivación intrínseca de los participantes [33].

Asimismo, a través de la incorporación de mecánicas y planteamientos de juego, se busca involucrar a los usuarios, de la misma forma, estudios han demostrado que la implementación de técnicas de gamificación aplicadas en personas no videntes traen resultados positivos facilitando su aprendizaje [34], [35], [36].

Por consiguiente, pretende crear interacciones con información digital a través de objetos físicos apoyándose de elementos de gamificación como la inclusión de retos, recompensas, niveles, puntos, progresiones, entre otros para generar una experiencia con sistemas tangibles más enriquecedora mejorando el conocimiento y la experiencia adquirida.

La metodología METUIGA se compone de cuatro etapas principales (Requerimientos, Diseño, Implementación, Evaluación) las cuales proveen elementos para la correcta construcción de aplicaciones que ejecuten ITU y técnicas de gamificación (Ver Fig. 3).

Algunas características de cada etapa son las siguientes:

1) *Requerimientos*

La etapa de requerimientos tiene como propósito definir las necesidades del proyecto, además, se establecen las características iniciales sobre la interfaz tangible y técnicas de gamificación que se implementarán a lo largo del proyecto. Esta etapa se compone por actividades como: Definición de requerimientos de la aplicación, Casos de uso, Definir los requerimientos del usuario, Definir las características de gamificación y Definir los requerimientos de la Interfaces tangibles.

2) *Diseño*

La etapa de diseño tiene como propósito definir las interfaces gráficas, así como los elementos e interfaz tangibles con la que se dará solución al problema establecido en la etapa de requerimientos. Esta etapa se compone por actividades como: Establecer retos y misiones, Clasificación de misiones, Estructura de gamificación, Selección de mecánicas y dinámicas de gamificación,

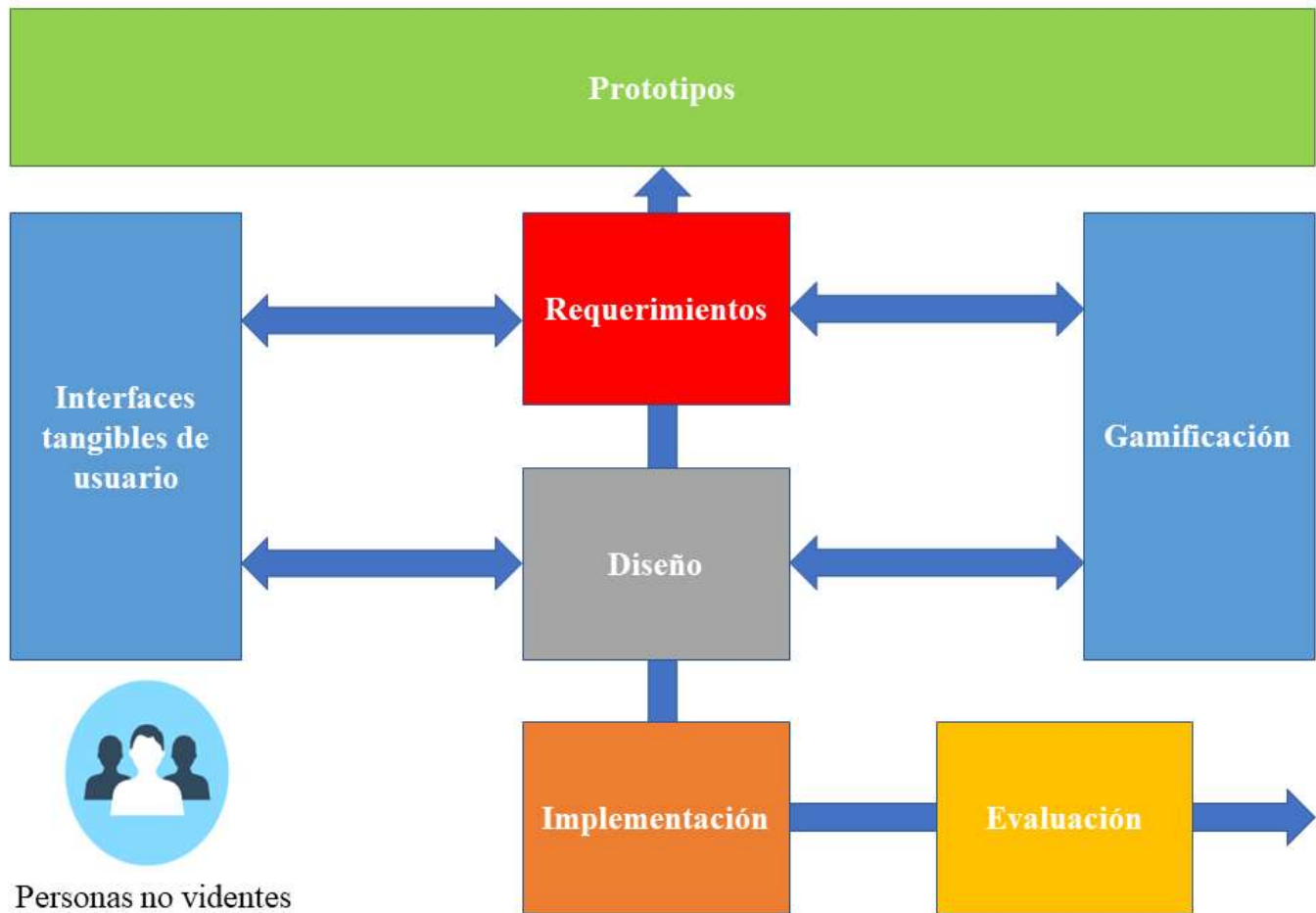


Fig. 3: Metodología METUIGA. Fuente: Creación propia.

Diagramas de clase, Diseños de interfaces estáticas y dinámicas, estructura de la base de datos, clasificación de objetos tangibles y construcción de la interfaz tangible.

3) Implementación

La etapa de implementación tiene como propósito construir el sistema computacional que interactuará con la interfaz tangible cumpliendo con lo establecido en la etapa de diseño. Esta etapa se compone por actividades como: Identificación de un estándar de codificación, Construcción del software y Construcción de la arquitectura del sistema.

4) Evaluación

La etapa de evaluación tiene como propósito identificar si se cumplieron los objetivos establecidos en la etapa de requerimientos y con la satisfacción del usuario final. Esta etapa se compone por actividades como: Evaluación de usabilidad, Evaluación de objetivos y Evaluación de usabilidad con base a la experiencia del usuario.

B. Diseño

Una vez definido el experimento y las hipótesis de trabajo, la siguiente etapa consiste en diseñar cómo llevaremos a cabo el experimento [27]. Para este experimento la primera actividad consistió en elegir el método de evaluación que proporcione mejor información relacionada al DCU, posteriormente, aplicar

el proceso de evaluación seleccionado y finalmente analizar y comparar los resultados proporcionados.

1) Elección del Método de Evaluación

Considerando que la metodología METUIGA no sigue el enfoque de metodología ágil para la elección del método de evaluación se analizaron solo aquellos trabajos que presentan instrumentos de evaluación dirigidos a metodologías generales o productos finales (Ver Tabla IV).

Además, se tomó en consideración aquella información relacionada al DCU proporcionada por los instrumentos de evaluación, por esta razón, los siguientes trabajos quedaron descartados al no considerar elementos del DCU [18], [19], [22], [24], de esta manera, solo los trabajos de [12], [13], [20], [23] fueron considerados para la elección del método de evaluación a aplicar.

Los trabajos considerados presentan cuestionarios cuantitativos y variables relacionadas al proceso de ingeniería de software, una vez analizados los instrumentos dentro de ellos se decidió implementar el instrumento de evaluación propuesto por [13] ya que en sus criterios de evaluación se encuentran cuestionamientos sobre el Feedback del cliente, Pruebas de usabilidad y si el proceso es Centrado en el usuario, aspectos de

TABLA IV
INVESTIGACIONES ANALIZADAS.

Método de evaluación	Referencia
Modelo de evaluación de metodologías para el desarrollo de software	[12]
Metodología para el desarrollo de portales centrada en el usuario: Una evaluación Empírica	[13]
Evaluación de Metodologías de desarrollo de software basado en sus promesas y prácticas.	[18]
Criterios de evaluación en aplicaciones multimedia en entornos de educación y formación a distancia	[19]
Diseño de un instrumento de evaluación de aplicaciones digitales (Apps) que permiten desarrollar la competencia artística	[20]
Análisis y evaluación de aplicaciones para desarrollar la comunicación en el alumnado con trastorno del espectro autista	[22]
Usability Questionnaires to Evaluate Voice User Interfaces	[23]
Esfuerzo de Usabilidad: un nuevo concepto para medir la usabilidad de un sistema interactivo basada en el Diseño Centrado en el Usuario	[24]

gran interés en el DCU, por el contrario, en los trabajos de [12], [20] y [23] se encontraron aspectos orientados en su mayoría al proceso de ingeniería de software o evaluación de usabilidad del producto final, por esta razón, no fueron seleccionados para la etapa de ejecución del proceso experimental.

C. Ejecución

En esta etapa se lleva a cabo el experimento, el sitio donde se realizará el experimento, así como los materiales y equipos a utilizar deben estar configurados y listos para su uso durante el experimento [27].

El método de evaluación seleccionado en la etapa de diseño lleva por nombre “Metodología para el desarrollo de portales centrada en el usuario: Una evaluación empírica”. Este método expone un instrumento para conocer la percepción del equipo de desarrollo con respecto al uso de la metodología implementada.

Dicho instrumento fue validado por un grupo de expertos en diferentes áreas del conocimiento, verificando la apariencia de contenido y su claridad [13]. Uno de los aspectos por el cual se seleccionó este instrumento es la identificación de criterios de evaluación relacionados con el DCU, estos criterios son que la metodología sea centrada en el usuario, que se reciba el Feedback del cliente y se realicen pruebas de usabilidad.

Aunque solo tres de los veinticuatro criterios de evaluación se relacionan con el DCU es importante conocer la percepción de los evaluadores sobre estos puntos en específico.

Una vez seleccionado el método de evaluación a aplicar se definió el siguiente proceso de evaluación compuesto por tres etapas, la primer etapa consistió en la aplicación de la metodología METUIGA por expertos en TICS quienes desarrollaron aplicaciones para apoyar el aprendizaje de temas educativos en personas no videntes, posteriormente, en la segunda etapa se aplicó el instrumento de evaluación compuesto por las veinticuatro preguntas propuestas por [13] y finalmente, en la tercera etapa se analizaron los resultados obtenidos (Fig. 4).

1) Aplicación de la Metodología METUIGA

Para la aplicación de la metodología participaron quince expertos en TICS divididos en dos grupos de ocho y siete personas quienes realizaron dos aplicaciones dirigidas a

personas no videntes utilizando la metodología METUIGA en un periodo de seis meses.

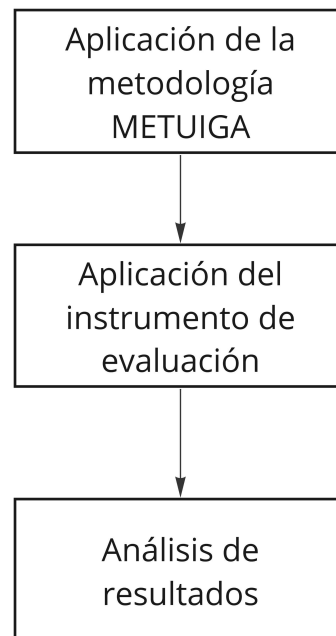


Fig. 4: Proceso de evaluación realizado. Fuente: Creación propia.

La primer aplicación se enfoca en la enseñanza de temas espaciales para personas no videntes (Fig. 5), por otro lado, la segunda aplicación apoya la enseñanza del sistema de lenguaje braille (Fig. 6), ambas aplicaciones fueron desarrolladas con el motor de desarrollo para videojuegos Unity3D [37].

Además, se utilizó Reactivision [38] un sistema multiplataforma para detectar los objetos que interactúan con la interfaz tangible. Las aplicaciones fueron nombradas como “Conoce el espacio” y “Aprendiendo en letras”, la primera utilizó objetos tangibles construidos por cartón, en cambio, la segunda aplicación utilizó objetos impresos en 3D para representar las vocales en Braille (Fig. 7), por último, ambas aplicaciones implementan interfaces tangibles de usuario y técnicas de gamificación.



Fig. 5: Aplicación “Conoce el espacio”. Fuente: Creación propia.

2) Aplicación del Instrumento de Evaluación

Una vez concluida la construcción de ambas aplicaciones, se



Fig. 6: Aplicación "Aprendiendo en letras". Fuente: Creación propia.



Fig. 7: Objeto tangible de la aplicación Aprendiendo en Letras. Fuente: Creación propia.

les aplicó el instrumento de evaluación de manera presencial en un entorno informal dentro de un salón de clases con una duración de una hora. El instrumento de evaluación consta de veinticuatro preguntas con la siguiente valoración: (1) totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo.

Los aspectos evaluados en el instrumento son los siguientes: Construcción progresiva, Ajuste de requerimiento, Minimiza riesgos críticos, contempla la planificación, Facilita controlar el progreso, Determina el alcance, Identificación de stakeholders, Entrega de reléase, Requisitos no funcionales, Asociado a un paradigma, uso de técnicas específicas, Centrada en el usuario, Definición de roles, Feedback del cliente, Priorización de funciones, Entregables en cada fase, Actividades de cada fase, Técnicas utilizadas acordes, Notación de modelado, Contribuye a la comunicación, Capacitación inicial, Validación de requisitos, Pruebas de usabilidad, Indicaciones acerca de las pruebas, Estimación del tiempo de las tareas.

3) Análisis de Resultados

Para el análisis de resultados se calcularon los porcentajes que se obtuvieron en cada una de las valoraciones ahí presentes. Al sumar los datos de las columnas "totalmente de acuerdo" y "de acuerdo" se observa que el 94.60% de la muestra considera que la metodología cumple con los aspectos estudiados.

Sin embargo se detectó que actividades como la validación de requisitos, indicaciones acerca de las pruebas, y minimización de riesgos críticos se pueden mejorar considerando que sus puntuaciones fueron las más altas en la valoración de indiferente, por otro lado, es importante observar que los resultados muestran un buen ajuste de requerimientos, planificación, alcance, asociación de paradigma, centrado en el usuario, definición de roles, entregables, actividades, modelado, comunicación y estimación de tiempo con una puntuación del 100% sumando los valores "Totalmente de

acuerdo" y "De acuerdo".

Finalmente, analizando los aspectos relacionados al DCU se puede concluir que la metodología es centrada en el usuario con un 100%, el Feedback del cliente se cumple con un 93.34% y las pruebas de usabilidad con un 93.33%. En la Tabla V, se pueden observar los resultados obtenidos en cada uno de los aspectos evaluados:

TABLA V
RESULTADOS OBTENIDOS POR LA METODOLOGÍA METUIGA

Aspecto evaluado	1	2	3	4	5
Construcción progresiva	0	0	6.67	46.67	46.67
Ajuste de requerimiento	0	0	0	26.67	73.33
Minimiza riesgos críticos	0	0	13.33	53.33	33.33
Contempla la planificación	0	0	0	66.67	33.33
Facilita controlar el progreso	0	0	6.67	13.33	80.00
Determina el alcance	0	0	0	26.67	73.33
Identificación de stakeholders	0	0	6.67	26.67	66.67
Entrega de reléase	0	0	6.67	20.00	73.34
Requisitos no funcionales	0	0	6.67	0	93.33
Asociado a un paradigma	0	0	0	33.33	66.67
Uso de técnicas específicas	0	0	6.67	6.66	86.67
Centrada en el usuario	0	0	0	13.33	86.67
Definición de roles	0	0	6.67	13.33	80.00
Feedback del cliente	0	0	6.67	46.67	46.67
Priorización de funciones	0	0	6.67	40.00	53.33
Entregables en cada fase	0	0	0	33.33	66.67
Actividades de cada fase	0	0	0	13.33	73.34
Técnicas utilizadas acordes	0	0	6.67	80.00	13.33
Notación de modelado	0	0	0	33.33	66.67
Contribuye a la comunicación	0	0	0	13.33	86.67
Capacitación inicial	0	0	6.67	40.00	53.33
Validación de requisitos	0	0	26.67	60.00	13.33
Pruebas de usabilidad	0	0	6.67	66.67	26.67
Indicaciones acerca de las pruebas	0	0	20.00	33.33	46.67
Estimación del tiempo de las tareas	0	0	0	40.00	60.00

Legenda: (1) totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo.

Así pues, se identificó que los resultados de este instrumento son demasiados generales enfocándose más en el cumplimiento de actividades basadas en el proceso de ingeniería de software, reforzando aún más la necesidad de un instrumento que garanticen la intervención del usuario final en la evaluación del proceso metodológico y del producto final utilizando cuestiones que sirvan para conocer si realmente se está cumpliendo un enfoque orientado en el DCU.

D. Análisis

Aunque los resultados son satisfactorios, se debe hacer hincapié en la nula información general sobre el DCU que proporciona el instrumento orientándose más a temas esenciales de la ingeniería de software en general, por otro lado, incluso aunque estos valores son altos eso no aseguran que dicha metodología realmente cumpla el DCU, por esta razón, se considera importante la generación de un instrumento de evaluación que garantice la intervención del usuario final en la evaluación del proceso metodológico y del producto final, a través de elementos que sirvan para conocer si se está cumpliendo un enfoque orientado en el DCU.

El instrumento anteriormente aplicado fue implementado en una metodología llamada MeDPE (Metodología para el desarrollo de portales centrada en el usuario: una evaluación empírica) por [13] que se utilizó para el desarrollo de cuatro

aplicaciones informáticas, posteriormente, se aplicó el instrumento con 13 personas que estuvieron involucradas en el proceso de desarrollo. A continuación, en la Tabla VI se muestran los resultados obtenidos:

TABLA VI
RESULTADOS OBTENIDOS POR LA METODOLOGÍA MEDPE

Aspecto evaluado	1	2	3	4	5
Construcción progresiva	0	0	7.69	38.46	53.85
Ajuste de requerimiento	0	0	0	30.77	69.23
Minimiza riesgos críticos	0	0	15.38	53.85	33.77
Contempla la planificación	0	0	0	69.23	33.77
Facilita controlar el progreso	0	0	0	15.38	84.62
Determina el alcance	0	0	0	23.08	76.92
Identificación de stakeholders	0	0	0	23.08	76.92
Entrega de release	0	0	6.67	15.38	84.62
Requisitos no funcionales	0	0	0	0	100
Asociado a un paradigma	0	0	0	23.08	76.92
Uso de técnicas específicas	0	0	0	7.69	92.31
Centrada en el usuario	0	0	0	15.38	84.62
Definición de roles	0	0	0	15.38	84.62
Feedback del cliente	0	0	0	46.15	53.85
Priorización de funciones	0	0	7.69	30.77	61.54
Entregables en cada fase	0	0	0	23.08	76.92
Actividades de cada fase	0	0	0	15.38	84.62
Técnicas utilizadas acordes	0	0	7.69	84.62	7.69
Notación de modelado	0	0	0	30.77	69.23
Contribuye a la comunicación	0	0	0	7.69	92.31
Capacitación inicial	0	0	0	38.46	61.54
Validación de requisitos	0	0	30.77	53.85	15.38
Pruebas de usabilidad	0	0	0	69.23	30.77
Indicaciones acerca de las pruebas	0	0	23.08	33.77	46.15
Estimación del tiempo de las tareas	0	0	0	30.77	69.23

Leyenda: (1) totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo.

Comparando los resultados de la metodología MeDPE con los obtenidos en la evaluación de METUIGA se observan similitudes en aspectos como Ajuste de requerimientos, Contemplación de la planificación, Determinación del alcance, entre otros.

Sin embargo, también se visualiza que la metodología METUIGA obtuvo más puntuaciones de indiferente, eso podría deslumbrar que el proceso de la metodología MeDPE es más claro para quienes la utilizaron.

Finalmente, se puede concluir que ambas hipótesis planteadas fueron verdaderas, en relación con la primera hipótesis los instrumentos evaluados, así como el utilizado en este experimento no demostraron información relevante para saber si se involucra o no al usuario final durante el proceso de desarrollo, además, los campos referentes al DCU son limitados, concluyendo así que esta hipótesis es verdadera.

En la segunda hipótesis los resultados cuantitativos no proporcionaron suficiente información para conocer si realmente se sigue el DCU, aunque los resultados arrojan datos satisfactorios en la mayoría de los aspectos evaluados, en general la información relacionada al DCU es nula ya que se orientan principalmente a aspectos de ingeniería de software, concluyendo así que esta hipótesis es verdadera.

Considerando la escasa información relacionada al DCU que se puede visualizar en el instrumento planteado, incluso al comparar dos metodologías de software no podemos darnos de cantidades cuantitativas para verificar si realmente se sigue el

DCU en una u otra.

V. CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

Se describieron trabajos de investigación que presentan características para la evaluación de distintas metodologías de desarrollo de software, esto facilita la futura elección para desarrolladores que deseen evaluar sus metodologías, procesos de desarrollo o aplicaciones finales, además, se identificaron criterios de evaluación en los trabajos expuestos que se pueden adaptar a evaluaciones futuras que deseen conocer la percepción del equipo de desarrollo y los productos finales basados en el enfoque de DCU [12] [13], [14], [19], [20], [21], [22].

Asimismo, es importante recalcar la participación de los usuarios finales en la evaluación del proceso metodológico y los productos finales para asegurar el cumplimiento de las metodologías enfocadas en el DCU e identificar aquellas situaciones en las que se deba realizar alguna modificación para cumplir con las necesidades del usuario final.

Por otra parte, se siguió el método de experimentación de ingeniería de software establecido, definiendo hipótesis, diseñando, ejecutando y analizando el experimento.

Se demostró que las hipótesis planteadas en la etapa de definición del proceso experimental fueron verdaderas gracias a que en los instrumentos evaluados, así como el utilizado durante el experimento no demostraron información relevante sobre si involucraron o no al usuario final durante el proceso de desarrollo, además, los campos referentes al DCU fueron limitados, asimismo, se observó que aunque los resultados en la mayoría de los aspectos evaluados fueron satisfactorios, la información relacionada al DCU fue nula ya que se orientan principalmente a aspectos de ingeniería de software.

En esta evaluación se expuso la metodología METUIGA así como los objetivos y etapas que la componen, posteriormente, se realizó una elección del método de evaluación de metodologías de software que sería aplicada para conocer la percepción de los expertos en tecnologías de la información y analizar la información relacionada al DCU que provee, en este método se mostraron cuatro instrumentos de evaluación de metodologías generales, decidiendo aplicar finalmente el trabajo propuesto por [13].

Para la evaluación de la metodología METUIGA se generaron dos aplicaciones que funcionan en una interfaz tangible implementando técnicas de gamificación. Estas aplicaciones se realizaron por dos grupos de siete y ocho personas quienes posteriormente, respondieron los cuestionarios correspondientes para la evaluación del proceso metodológico.

Los resultados demostraron que se cumple distintas características de ingeniería de software como el ajuste de requerimientos, construcción progresiva o determinar el alcance, no obstante, se identificó que solo 3 de los 24 criterios de evaluación podrían considerarse parte del DCU (Feedback del cliente, Pruebas de usabilidad y Centrada en el usuario), por este motivo quedo expuesta la poca información proporcionada en relación con el DCU que se puede obtener al aplicar el instrumento.

Asimismo, se demuestra una comparación de los resultados obtenidos con la metodología MeDPE donde se observaron

similitudes en aspectos como Ajuste de requerimientos, Contemplación de la planificación, Determinación del alcance, entre otros.

Sin embargo, también se visualizó que la metodología METUIGA obtuvo más puntuaciones de indiferente, eso podría deslumbrar que el proceso de la metodología MeDPE es más claro para quienes la utilizaron. Esta comparación ayudara a futuros investigadores que deseen replicar o analizar sus resultados.

Como trabajo futuro, se anhela seguir revisando distintos métodos de evaluación de metodologías de software y aplicarlo a la metodología METUIGA con el objetivo de conocer las percepciones de los expertos en tecnologías de la información para mejorar los procesos de desarrollo y actividades que encontramos dentro de ella, finalmente, se aspira a la construcción de un método o instrumento de evaluación utilizando los criterios aquí encontrados que puedan proporcionar resultados enfocados a la implementación del DCU en metodologías y productos de software.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer sus contribuciones a: Ing. Uriel de Jesús Carbajal Morales de la Universidad Mexiquense del Bicentenario plantel Temoaya y Ing. Leonardo Wenceslao Equihua Rodríguez del Instituto Superior Purépecha. Por fungir como líderes de los proyectos aquí expuestos.

REFERENCIAS

- [1] B. Montero, H. Cevallos, and J. Dávila, "Metodologías ágiles frente a las tradicionales en el proceso de desarrollo de software," *Espirales Rev. Multidiscip. Investig.*, vol. 2, no. 17, 2018.
- [2] T. Escobar-Rodríguez and P. Monge-Lozano, "The acceptance of Moodle technology by business administration students," *Comput. Educ.*, vol. 58, no. 4, 2012, doi: 10.1016/j.compedu.2011.11.012.
- [3] N. Reich-Stiebert, F. Eyssel, and C. Hohnemann, "Exploring University Students' Preferences for Educational Robot Design by Means of a User-Centered Design Approach," *Int. J. Soc. Robot.*, vol. 12, no. 1, 2020, doi: 10.1007/s12369-019-00554-7.
- [4] M. Trujillo Suárez, J. J. Aguilar, and C. Neira, "Los métodos más característicos del diseño centrado en el usuario -DCU-, adaptados para el desarrollo de productos materiales," *Iconofacto*, vol. 12, no. 19, 2016, doi: 10.18566/iconofacto.v12.n19.a09.
- [5] D. Lanter and R. Essinger, "User-centered design," *Int. Encycl. Geogr. People, Earth, Environ. Technol.*, pp. 1–4, 2017.
- [6] R. Galeano, "DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO," *Rev. Educ. Comun. Technol.*, vol. 2, no. 4, 2008, [Online]. Available: <http://revistaq.upb.edu.co>.
- [7] C. Abras, D. Maloney-Krichmar, and et al, "User-Centered Design BT - Bainbridge," *Bainbridge*, 2004.
- [8] Y. Hassan Montero, G. Iazza, and F. Martín Fernández, "Diseño Web Centrado en el Usuario: Usabilidad y Arquitectura de la Información," *Hipertext.net*, no. 2, 2004.
- [9] J. Muñiz Fernández and E. Fonseca Pedrero, "Construcción de instrumentos de medida para la evaluación universitaria," *Rev. Investig. en Educ.*, vol. 5, no. 5, 2008.
- [10] J. Herrera and A. Oliveri, "Diseño centrado en el usuario en el desarrollo de accesorios inteligentes," *Actas de diseño*, vol. 34, 2021, doi: <https://doi.org/10.18682/add>.
- [11] C. Alborno and C. Abdelahad, "Construcción de Interfaces Gráficas de Usuario aplicando técnicas de la Ingeniería del Software y utilizando Metodologías Centradas en el Usuario," *XXII Work. Investig. en Ciencias la Comput.*, 2020, [Online]. Available: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/104016/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [12] E. Méndez and R. Garrido, "Modelo de evaluación de metodologías para el desarrollo de software," Universidad Católica Andrés Bello, 2006.
- [13] M. Giugni O. and R. Loaiza B., "Metodología para el desarrollo de portales centrada en el usuario: una evaluación empírica," *Télématique Rev. Electronica Estud. Telemáticos*, vol. 7, no. 3, 2008.
- [14] K. Mendes, E. Estevez, and P. Fillotrani, "Evaluación de Metodologías Ágiles para el Desarrollo de Software," *Work. Investig. en Ciencias la Comput.*, pp. 455–459, 2010.
- [15] K. Beck *et al.*, "Manifiesto for Agile Software Development," 2001. <http://agilemanifesto.org/> (accessed Mar. 09, 2021).
- [16] J. A. B. Montoya, "Comparación de metodologías ágiles y procesos de desarrollo de software mediante un instrumento basado en CMMI," *Sci. Tech.*, vol. 21, 2016.
- [17] J. Díaz Fernández, "Estudio sobre la correspondencia entre prácticas CMMI y prácticas ágiles y su aplicación en Pymes," 2009.
- [18] P. Mohagheghi, "Evaluating software development methodologies based on their practices and promises," 2008.
- [19] D. Araujo, J. Bermúdez Moreno, and S. Nuñez Escobar, "Criterios de evaluación en aplicaciones multimedia en entornos de educación y formación a distancia," *Télématique*, vol. 6, no. 2, 2007.
- [20] M. Caerio Rodríguez, F. F. Ordoñez Fernández, M. D. Callejón Chinchilla, and E. Castro León, "Diseño de un instrumento de evaluación de aplicaciones digitales (Apps) que permiten desarrollar la competencia artística," *Pixel-Bit, Rev. Medios y Educ.*, 2020, doi: 10.12795/pixelbit.74071.
- [21] Z. Cataldi, "UNA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE SOFTWARE EDUCATIVO," Universidad Nacional de La Plata, 2000.
- [22] M. Capel, "Análisis y evaluación de aplicaciones para desarrollar la comunicación en el alumnado con trastorno del espectro autista," *EDUTEC. Rev. Electrónica Technol. Educ.*, no. 75, pp. 168–187, 2021, doi: <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.75.1681>.
- [23] A. L. Iñiguez, L. S. Gaytan, M. A. García-Ruiz, and R. Maciel, "Usability Questionnaires to Evaluate Voice User Interfaces," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 19, no. 9, pp. 1468–1477, 2021, [Online]. Available: <https://latam.ieeer9.org/index.php/transactions/article/view/4771/1120>.
- [24] L. J. Granollers T, "Esfuerzo de Usabilidad: un nuevo concepto para medir la usabilidad de un sistema interactivo basada en el Diseño Centrado en el Usuario," in *Actas del Vº Congreso Interacción*, vol. 1, 2004.
- [25] V. R. Basili, R. W. Selby, and D. H. Hutchens, "Experimentation in Software Engineering," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. SE-12, no. 7, 1986, doi: 10.1109/TSE.1986.6312975.
- [26] O. S. Gómez, J. P. Uacán, and G. E. Gómez, "Aplicación del proceso de experimentación a la Ingeniería de Software," 2013.
- [27] O. S. Gómez, R. A. Aguilar, and U. J. P., "Experimentación en Ingeniería de Software," *Ing. Softw. en México Educ. Ind.*

- e Investig.*, pp. 205–230, 2019.
- [28] L. R. Ramos Aguiar and F. J. Álvarez Rodríguez, “Methodology for designing systems based on tangible user interfaces and gamification techniques for blind people,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 12, 2021, doi: 10.3390/app11125676.
- [29] W. K. Bong, W. Chen, and A. Bergland, “Tangible User Interface for Social Interactions for the Elderly: A Review of Literature,” *Advances in Human-Computer Interaction*, vol. 2018. 2018, doi: 10.1155/2018/7249378.
- [30] M. Carreño-León, J. A. Sandoval-Bringas, T. Alvarez-Robles, R. Cosío-Castro, I. Estrada Cota, and A. Leyva Carrillo, “Designing a Tangible User Interface for Braille Teaching,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2020, vol. 12426 LNCS, doi: 10.1007/978-3-030-60149-2_16.
- [31] M. D. Lozano, V. M. R. Penichet, B. Leporini, and A. Fernando, “Tangible User Interfaces to Ease the Learning Process of Visually-Impaired Children,” Jul. 2018, doi: 10.14236/ewic/HCI2018.87.
- [32] F. Somma, R. Di Fuccio, L. Lattanzio, and F. Ferretti, “Multisensorial tangible user interface for immersive storytelling: A usability pilot study with a visually impaired child,” in *CEUR Workshop Proceedings*, 2021, vol. 2817.
- [33] A. Pérez-Manzano and J. Almela-Baeza, “Gamification and transmedia for scientific promotion and for encouraging scientific careers in adolescents,” *Comunicar*, vol. 26, no. 55, 2018, doi: 10.3916/C55-2018-09.
- [34] C. H. Sophie Chang, C. C. Kuo, H. T. Hou, and J. J. Ying Koe, “Design and evaluation of a multi-sensory scaffolding gamification science course with mobile technology for learners with total blindness,” *Comput. Human Behav.*, vol. 128, 2022, doi: 10.1016/j.chb.2021.107085.
- [35] Yanfi, Y. Udjaja, and A. C. Sari, “A Gamification Interactive Typing for Primary School Visually Impaired Children in Indonesia,” in *Procedia Computer Science*, 2017, vol. 116, doi: 10.1016/j.procs.2017.10.032.
- [36] A. C. Sari, A. M. Fadillah, J. Jonathan, and M. R. D. Prabowo, “Interactive gamification learning media application for blind children using android smartphone in Indonesia,” in *Procedia Computer Science*, 2019, vol. 157, doi: 10.1016/j.procs.2019.09.018.
- [37] Unity, “Unity3D,” 2020. <https://unity.com/> (accessed Aug. 17, 2020).
- [38] “Reactivision,” 2020. <http://reactivision.sourceforge.net/> (accessed Jan. 02, 2021).



Francisco Javier Álvarez Rodríguez. Professor of Software Engineering, Department of Computer Science, Universidad Autónoma de Aguascalientes (U.A.A.). PhD. in Teaching Methodology from IMEP (Mexico). PhD. in Engineering from UNAM (Mexico). He has been Dean of the Center of Basic Sciences at the U.A.A., as well as Head of the Department of Electronic Systems. Member of academic cores of several graduate programs at the U.A.A. Doctorate in Computer Science, Interinstitutional Doctorate in Science, Master of Science with option in Mathematics and Computer Science. Author of books and articles on the line of Learning Objects and Software Development Processes. Member of the National System of Researchers (SNI) and International Research Groups. He is currently president of the National Accreditation Council of Computer Science and Informatics Programs, A.C.



Luis Roberto Ramos Aguiar. B.S. in Computer Systems from Universidad Autónoma de Nayarit (U.A.N.). Masters in computer science from Autonomous University of Aguascalientes (U.A.A.). He has collaborated in national and international works related to the use

of ICTs in support of vulnerable sectors. His research areas are Software engineering, tangible user interfaces, gamification techniques, affective computing, creation of learning objects, augmented reality, virtual reality.