

EVALUACIÓN DE USABILIDAD EN APLICACIONES COLABORATIVAS CON INTERFACES DE USUARIO TANGIBLES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

USABILITY EVALUATION IN GROUPWARE WITH TANGIBLE USER INTERFACES: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Verónica Tepo Cabrera

Universidad Veracruzana, México
zS20000698@estudiantes.uv.mx

Edgard Benítez Guerrero

Universidad Veracruzana, México
edbenitez@uv.mx

Alessandra Reyes Flores

Universidad Veracruzana, México
itreyes@uv.mx

Carmen Mezura Godoy

Universidad Veracruzana, México
cmezura@uv.mx

Recepción: 7/noviembre/2021

Aceptación: 7/marzo/2022

Resumen

Las Aplicaciones Colaborativas (AC o groupware) constituyen un software que apoya a un grupo de usuarios a alcanzar una meta u objetivo en común. Existen AC que utilizan una Interfaz de Usuario Tangible (TUI, por sus siglas en inglés), las cuales utilizan una interacción natural, mediante la manipulación de objetos físicos que tienen información digital. En este artículo mediante una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), se examinaron 16 estudios para analizar cómo se está evaluando la usabilidad en las AC con TUI, con objeto de identificar problemas y retos actuales. Por lo cual se ha detectado que evaluar la usabilidad de las AC con TUI, no es algo trivial, ya que se ven involucrados aspectos de colaboración y de la interacción tangible.

Palabras Clave: Aplicaciones Colaborativas, evaluación, interfaces de usuario tangibles, métricas, usabilidad.

Abstract

Collaborative Applications (AC or groupware) constitute software that supports a group of users to achieve a common goal or objective. There are CAs that use a Tangible User Interface (TUI), which use a natural interaction, by manipulating physical objects that have digital information. In this article, through a Systematic Literature Review (RSL), 16 studies were examined to analyze how usability is being evaluated in CAs with TUI, in order to identify current problems and challenges, which is why it has been detected that evaluating the usability of the CAs with TUI, is not something trivial, since aspects of collaboration and tangible interaction are involved.

Keywords: *Evaluation, groupware, metrics, tangible user interface, usability.*

1. Introducción

El ser humano es un ser social por naturaleza, por lo cual ha desarrollado habilidades para relacionarse, convivir y trabajar con distintas personas a lo largo de su vida. En el área de la computación se han desarrollado aplicaciones que ayudan al trabajo colaborativo, y son denominadas Aplicaciones Colaborativas. Estas aplicaciones son sistemas basados en computadoras que soportan grupos de personas, que participan en una tarea u objetivo en común y que proveen una interfaz para un entorno compartido. Además, estas aplicaciones deben proveer los medios para que los usuarios se comuniquen, coordinen sus actividades, colaboren y establezcan reglas para el trabajo en grupo [Mezura, 2008].

Las AC se clasifican dependiendo el tiempo y espacio. En base al tiempo como síncronas (aplicaciones en las que los usuarios trabajan en tiempo real), y asíncronas (aplicaciones en las que se colabora en eventos no coordinados). Y con base en el espacio, se permite a los colaboradores estar en el mismo lugar o en forma distribuida [Ellis, 1991]. Actualmente, existen AC que utilizan una Interfaz de Usuario Tangible (TUI, por sus siglas en inglés), en las que los datos digitales de la

aplicación se representan y manipulan por los usuarios mediante artefactos físicos [Hornecker, 2006]. A diferencia de las Interfaces de Usuario Gráficas en las que la interacción de los usuarios es a través de mouse y teclados que manipulan datos digitales representados en una pantalla; en las TUI el ciclo de interacción entre el usuario y la aplicación comienza cuando el usuario produce un evento de entrada con sus manos en algún objeto físico (por ejemplo, mover, agitar, apretar, etc.); la aplicación detecta este evento de entrada y altera su estado, para luego dar algún tipo de retroalimentación al usuario que puede ser a través de pantallas separadas, mesas digitales (tableros de mesa), proyecciones digitales o tecnología de realidad aumentada.

Al igual que todos los sistemas de software, es necesario que las AC con TUI tengan un alto nivel de Usabilidad. Según la Norma ISO 9241-11:2018 la Usabilidad es "la medida en que usuarios específicos pueden utilizar un producto para lograr objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso" [ISO, 2018]. Para saber si una aplicación es usable, es necesario evaluarla, ya que de esta forma se podrá verificar si la aplicación cumple con las expectativas de los usuarios o si existen errores se puedan corregir para centrar la aplicación cada vez más en las necesidades del usuario [Zavaleta, 2019]. Por lo cual una evaluación de usabilidad es un proceso sistemático compuesto por un conjunto de actividades bien definidas, para recopilar datos relacionados con la interacción del usuario final y sus propiedades, que contribuyen a lograr un cierto grado de usabilidad.

Por otra parte, la interacción de grupos de usuarios con una AC que utiliza una TUI involucra: manipular diferentes objetos, movilidad, capacidad para las expresiones naturales de comportamiento (gesto y postura), trabajo colaborativo, comunicación y percepción háptica.

Por lo tanto, al realizar una evaluación de usabilidad en este tipo de aplicaciones se deben considerar los aspectos colaborativos y características propias de la interacción tangible [da Costa, 2019]. Por consiguiente, el objetivo de esta Revisión Sistemática de la Literatura es analizar cómo se está evaluando la usabilidad de las aplicaciones colaborativas que utilizan una interfaz de usuario tangible.

Este documento se encuentra organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta el proceso que se siguió para desarrollar la RSL, en la sección 3 se muestran los resultados obtenidos, en la sección 4 se presentan las discusiones de este trabajo de investigación y finalmente en la sección 5 se muestran las conclusiones.

2. Métodos

La metodología que guía el desarrollo de la revisión sistemática de la literatura de este trabajo es la propuesta por Kitchenham [Kitchenham, 2004]. La cual se divide en tres fases que son: planificar la revisión, conducir la revisión y documentar la revisión, las cuales se representan en la figura 1.

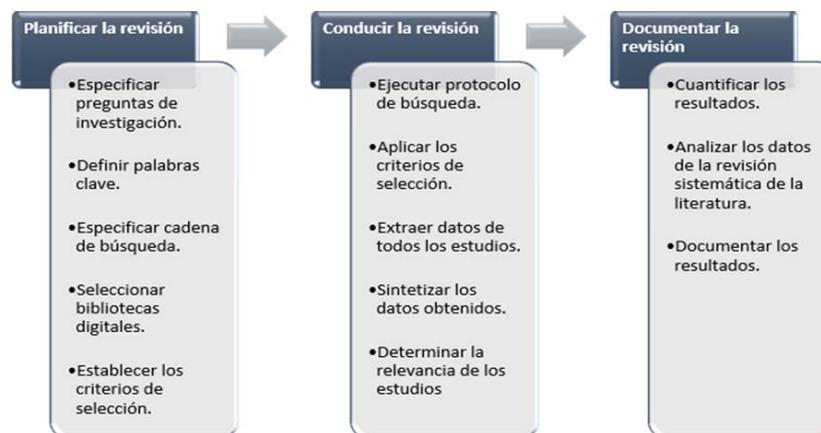


Figura 1 Metodología propuesta por Kitchenham en 2004.

En la primera fase de planificar la revisión, se especificaron las preguntas de investigación, se definieron las palabras clave para posteriormente elaborar una cadena de búsqueda, se seleccionaron las bibliotecas digitales y finalmente se establecieron los criterios de selección, los cuales involucran criterios de inclusión y exclusión. En la fase de conducir la revisión, se ejecutó la cadena de búsqueda en las bibliotecas digitales previamente seleccionadas, después con los resultados obtenidos se aplicaron los criterios de selección, con la finalidad de descartar estudios que no son relevantes para esta investigación. Posteriormente, se extrajeron datos de los estudios y se sintetizaron para determinar la relevancia de

los mismos y finalmente en la fase de documentar la revisión, se analizaron los datos obtenidos, se documentaron y cuantificaron los resultados.

Para llevar a cabo esta RSL, en un inicio se establecieron una serie de preguntas de investigación, como se muestran en la tabla 1 y son la guía en el proceso de búsqueda de conocimiento.

Tabla 1 Definición de preguntas de investigación.

Preguntas de investigación
P1. ¿Qué tipos de trabajo existen relacionados con la evaluación de usabilidad de aplicaciones colaborativas con interfaces de usuario tangibles?
P2. ¿Con qué métodos o técnicas se ha evaluado la usabilidad de aplicaciones colaborativas con interfaces de usuario tangibles?
P3. ¿Con qué métricas se ha evaluado la usabilidad de aplicaciones colaborativas e interfaces de usuario tangibles?

Posteriormente, se definieron las palabras clave: “Evaluación”, “Usabilidad”, “Trabajo en grupo”, e “Interfaz de Usuario Tangible”, así como sus sinónimos o términos relacionados y con traducción al inglés, debido a que la mayoría de los artículos publicados, están escritos en este idioma y se pueden encontrar más estudios. La tabla 2 muestra a detalle las palabras clave utilizadas para esta investigación. Cabe destacar que en el término “Interfaz de Usuario Tangible” se consideró como su sinónimo a las “Superficies Interactivas”, porque muchas interfaces tangibles usan una superficie de mesa como base para la interacción y comparten ciertas características en común.

Tabla 2 Términos de búsqueda.

Palabra clave	Sinónimo	Palabras clave inglés	Sinónimos en inglés
Evaluación	Métodos de evaluación	Evaluation	Evaluation methods
Usabilidad		Usability	
Trabajo en grupo	Aplicación Colaborativa	Groupware	Collaborative Application CSCW
Interfaz de Usuario Tangible	CSCW	Tangible User Interface	Tangible Interaction Tabletop Mixed interfaces Surface

Una vez definidas las palabras clave, se generó la cadena de búsqueda, la cual quedó de la siguiente manera: (“Evaluation” OR “Evaluation Methods”) AND

("Usability") AND ("Groupware" OR "CSCW" OR "Collaborative Application") AND ("Tangible User Interface" OR "Tangible interaction" OR "Tabletop" OR "Mixed interfaces" OR "Surface").

La finalidad de esta cadena es proveer el mayor número de estudios posibles relacionados con el tema de investigación, para posteriormente ser adaptada a los requerimientos de cada base de datos utilizada. Las bases de datos científicas utilizadas fueron: IEEExplore, ACM Digital Library, SpringerLink y ScienceDirect. Estas fueron elegidas por considerarse fundamentales dentro del área de Ciencias de la Computación. Una vez obtenidos los artículos de las cuatro bases de datos seleccionadas se les aplicaron los criterios de inclusión y exclusión que se muestran en la tabla 3 con la intención de solo mantener estudios que aporten más a esta investigación. Los criterios de inclusión describen las características que debe tener un artículo para ser considerado y los criterios de exclusión las características de los artículos que no serán seleccionados en esta investigación.

Tabla 3 Criterios de selección.

Criterios de inclusión y exclusión	
Inclusión	CI1. Artículos con fecha de publicación entre 2005 al 2021. CI2. Artículo de revista o congreso. CI3. Debe incluir al menos las palabras clave "Evaluation", "Usability", "Groupware" y "Tangible User Interface" o sus sinónimos en el título, resumen o en los términos clave.
Exclusión	CE1. Literatura que se considere convencional o como materia gris

3. Resultados

Una vez que se les aplicaron los criterios de inclusión y exclusión a los artículos se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 4 en donde en la fase I preliminar muestra el número de artículos obtenidos al ingresar la cadena de búsqueda en las distintas bases de datos. La fase II muestra los resultados obtenidos al aplicar los criterios de inclusión y exclusión. Finalmente, en la fase III, se muestra la cantidad de artículos que se leyeron completamente, se analizaron a detalle y se consideraron relevantes, con el propósito de identificar las respuestas a las preguntas de investigación enumeradas anteriormente.

El conjunto final enumerado en esta RSL comprende un total de 16 artículos, los cuales cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión establecidos en la sección de Métodos en la tabla 4. En la tabla 5 podemos visualizar que, en el apartado de tipo de estudio, se encontraron principalmente tres tipos de estudios que son: revisiones sistemáticas de la literatura, propuestas de marco de trabajo o metodología y finalmente estudios que presentan alguna Interfaz de Usuario Tangible o superficie interactiva donde se realiza una evaluación de usabilidad.

Tabla 4 Resultados obtenidos en las bases de datos seleccionadas.

Bases de datos	Artículos (Fase I-preliminar)	Artículos incluidos (Fase II – aplicando criterios de inclusión y exclusión)	Artículos incluidos (Fase III - revisión a profundidad)
IEEEExplore	3	1	0
ACM Digital Library	185	17	6
ScienceDirect	5	1	0
SpringerLink	1327	30	10
Total	1520	49	16

Tabla 5 Clasificación de los estudios obtenidos en esta RSL.

Tipo de estudio	TUI	Groupware	Superficie interactiva	Resultados
Revisión sistemática de la literatura	[da Costa, 2019]	[Santos, 2012]	-	2
Propuesta marco de trabajo o metodología de evaluación de usabilidad		[Pinelle, 2008]		
	-	[Haynes, 2009] [Neto, 2011] [Antunes, 2008] [Sánchez, 2019]	-	5
Presenta un prototipo o sistema y realiza una evaluación de usabilidad	[Moore, 2006]	[Apted, 2006] [Morris, 2010]		9
		[Jacucci, 2005] [Xu, 2007] [Marco, 2013] [Anastasiou, 2014] [Leversund, 2014] [Almukadi, 2016]	-	

Enseguida en el apartado TUI, se presentan los estudios que únicamente tratan la evaluación de usabilidad de las interfaces tangibles sin cubrir la colaboración. En el apartado de groupware se mencionan los estudios donde se realiza una evaluación de usabilidad, pero solo de las aplicaciones colaborativas, sin incluir las TUI. Entre estos dos apartados también hay estudios que tratan la evaluación de una AC con

TUI, se pueden distinguir tomando como referencia la estructura de la tabla. En el apartado de superficie interactiva, solo se identificaron estudios que tratan la evaluación de las superficies interactivas colaborativas. Finalmente, en el apartado de resultados muestra el número de tipos de estudios encontrados para esta RSL. Con base en los resultados de la RSL, algunas observaciones sobre los procesos de evaluación de usabilidad:

- La mayoría de los artículos no utilizaron un único instrumento o enfoque de evaluación de usabilidad, sino que hacen uso de varios instrumentos.
- Ninguno de los artículos seleccionados presenta una propuesta o enfoque de evaluación en específico para abordar características de las aplicaciones colaborativas que usan una interfaz de usuario tangible.
- En todos los artículos donde se realiza una evaluación de usabilidad a una TUI, principalmente presentan un prototipo o interfaz de usuario tangible y posteriormente y de manera secundaria realizan una evaluación de usabilidad.
- Para evaluar la usabilidad de AC con TUI se utilizan métodos tradicionales de evaluación, es decir los que se utilizan para evaluar interfaces de usuario gráficas.
- Ninguno de los artículos propone discutir un proceso de evaluación de usabilidad en específico para evaluar la usabilidad en AC con TUI o revisar la aplicación de varios métodos existentes con este enfoque.

4. Discusión

Los hallazgos de los resultados obtenidos en este estudio se presentan en términos de las preguntas de investigación que guiaron la ejecución de la RSL, y brindan alguna información para discutir.

La primera pregunta de investigación definida fue la siguiente: ¿Qué tipos de trabajos existen relacionados con la evaluación de usabilidad de aplicaciones colaborativas con interfaces de usuario tangibles? Se pueden identificar principalmente tres tipos de estudios. En el primero realizan o presentan una propuesta, marco de trabajo o metodología como en: [Pinelle, 2008], [Antunes,

2008], [Neto, 2011], [Sánchez, 2019], [Haynes, 2009]. El segundo tipo de estudio identificado presenta algún prototipo, sistema o aplicación donde posteriormente se le realiza una evaluación de usabilidad como en: [Apted, 2006], [Morris, 2010], [Leversund, 2014], [Marco, 2013], [Anastasiou, 2014], [Jacucci, 2005], [Xu, 2007], [Moore, 2006], [Almukadi, 2016].

Finalmente, en el tercer tipo de estudio identificado se presenta una revisión sistemática de la literatura como en: [Santos, 2012] & [da Costa, 2019], pero se abordan las AC y TUI de manera independiente.

La segunda pregunta de investigación definida fue la siguiente: ¿Con qué métodos o técnicas se ha evaluado la usabilidad de aplicaciones colaborativas con interfaces de usuario tangibles?

En los trabajos analizados se han utilizado particularmente tres métodos de evaluación, los cuales son: el método de indagación, de inspección y de prueba. Se clasificaron con base al trabajo de: [Alegría, 2015].

En cuanto al método de indagación, consiste en hablar y/o observar al usuario al momento que interactúa con el sistema. Para ello se utilizaron las siguientes técnicas:

- **La observación de campo.** Tiene como principal objetivo entender cómo los usuarios realizan sus tareas y más concretamente conocer todas las acciones que realizan durante su interacción.
- **Entrevistas.** Se obtiene información de los usuarios acerca de su experiencia al utilizar el sistema, resulta una manera directa y una técnica potente de adquirir información.
- **Cuestionarios.** Se recolecta la información mediante una lista de preguntas que tendrá que contestar el usuario.
- **Grabación de uso.** Consiste en la utilización de una aplicación de software que captura todas las acciones de un usuario para un análisis posterior.

En la tabla 6 se presentan las ventajas y desventajas de cada de las técnicas empleadas en el método de indagación.

Tabla 6 Ventajas y desventajas de las técnicas utilizadas en el método indagación.

Técnica	Estudios de la RSL	Ventajas	Desventajas
Observación de campo	[Apted, 2006], [Morris, 2010], [Leversund, 2014], [Marco, 2013], [Anastasiou, 2014], [da Costa, 2019], [Jacucci, 2005] & [Xu, 2007].	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de problemas de usabilidad al instante y mayor entendimiento del proceso de la interacción de los usuarios reales con el sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de concentración para observar las interacciones de muchos usuarios al mismo tiempo. • Se debe llevar un registro de mucha información para no omitir algo relevante. • Es una técnica intrusiva. • Los usuarios alteran su comportamiento al sentirse observados.
Entrevistas	[Morris, 2010], [Leversund, 2014], [da Costa, 2019], [Jacucci, 2005].	<ul style="list-style-type: none"> • Aporta información sobre las opiniones directamente de los usuarios. • Fácil de realizar. • Simple y barato. • Se pueden obtener datos cualitativos y cuantitativos, para un análisis posterior. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren tiempo. • Los usuarios pueden olvidar detalles. • Se puede obtener mucha información irrelevante. • Dificultad para expresar opiniones. • Información subjetiva.
Cuestionarios	[Santos, 2012], [Morris, 2010], [Anastasiou, 2014], [da Costa, 2019], [Sánchez, 2019], [Xu, 2007], [Almukadi, 2016].	<ul style="list-style-type: none"> • Simples y económicos. • Fáciles de aplicar a muchos usuarios. 	<ul style="list-style-type: none"> • El evaluador no siempre puede controlar la situación o la manera en la cual el cuestionario es respondido.
Grabación de uso	[Apted, 2006], [Morris, 2010], [Leversund, 2014], [Marco, 2013], [Anastasiou, 2014] & [Jacucci, 2005].	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede visualizar el video en repetidas ocasiones para un análisis posterior. • Permite tener al usuario en su entorno habitual y obtener datos más reales sobre el uso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para grabar todo el contexto (detalles de la superficie de interacción y de los usuarios). • Captura una gran cantidad de datos que dificulta el análisis posterior.

Otro método que fue utilizado en los trabajos analizados es el de inspección, en el cual evaluadores (especialistas en usabilidad o usuarios finales con conocimientos del dominio) inspeccionan o examinan aspectos relacionados con la usabilidad, mediante las siguientes técnicas:

- **Recorridos cognitivos.** Se utiliza para identificar problemas de usabilidad en sistemas, centrándose en lo fácil que es para los nuevos usuarios realizar tareas con el sistema.
- **Evaluación heurística.** Se realiza por un experto en usabilidad (evaluador) se encarga de analizar que los elementos de la interfaz cumplan con una

serie de principios reconocidos. Basan su evaluación en las heurísticas propuestas por Nielsen y Shneiderman [Nielsen, 1994]; [Shneiderman, 1998].

En la tabla 7 se presentan las principales ventajas y desventajas de las técnicas de evaluación del método de inspección.

Tabla 7 Ventajas y desventajas de las técnicas utilizadas en el método de inspección.

Método de inspección			
Técnica	Estudios de la RSL	Ventajas	Desventajas
Evaluación heurística	[Moore, 2006]. [Neto, 2011]	<ul style="list-style-type: none"> ● Fácil de guiar siguiendo los principios establecidos. ● No se necesita de usuarios finales. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Se necesitan evaluadores expertos. ● Involucrar a más de un evaluador.
Recorridos cognitivos	[Apted, 2006] [Pinelle, 2008] [Haynes, 2009] [Morris, 2010] [Neto, 2011] [Leversund, 2014] [Anastasiou, 2014]	<ul style="list-style-type: none"> ● Se encuentran problemas orientados a tareas. ● No se necesita de usuarios finales. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Requiere una previa definición de tareas. ● Consume mucho tiempo si son tareas complejas.

Otro método de evaluación que se utilizó fue el de pruebas en la tabla 8 se muestran las ventajas y desventajas de este método, donde usuarios representativos realizan tareas usando el sistema (o un prototipo) y los evaluadores observan los resultados, mediante las siguientes técnicas:

- **Pensando en voz alta.** Se pide a los usuarios que expresen en voz alta sus pensamientos, sentimientos y opiniones mientras interactúan con el sistema.
- **Tutoría entre pares.** Modalidad educativa que consiste en el apoyo mutuo entre compañeros que comparten un mismo nivel educativo, está basada en la propuesta de aprendizaje cooperativo para la construcción de conocimiento colectivo entre estudiantes.

Finalmente, la tercera pregunta de investigación definida es la siguiente: ¿Con qué métricas se ha evaluado la usabilidad de aplicaciones colaborativas e interfaces de usuario tangibles?

Una métrica es una forma de medir o evaluar un producto de software, la información obtenida ayuda en el análisis y toma de decisiones acertadas con

respecto a la usabilidad de una aplicación. Por ejemplo, la eficiencia puede ser evaluada mediante la métrica que calcula el tiempo empleado en que un usuario terminar una tarea específica [Enríquez, 2013].

Tabla 8 Ventajas y desventajas de las técnicas utilizadas en el método de prueba.

Métodos de prueba			
Técnica	Estudios de la RSL	Ventajas	Desventajas
Pensando en voz alta	[Apted, 2006], [Xu, 2007], [da Costa, 2019]	<ul style="list-style-type: none"> • Los usuarios expresan directamente cómo interpretan la interfaz y las causas de sus errores. • Es una técnica sencilla de aplicar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hablar al mismo tiempo varios usuarios podría distraer a los participantes y no actuar como normalmente lo hacen. • Los usuarios pueden trabajar más lento. • Dificultad para realizar esta técnica de manera colaborativa. • Los usuarios podrían tener vergüenza de expresarse en voz alta.
Tutoría de pares	[Xu, 2007] [Almukadi, 2016].	<ul style="list-style-type: none"> • Permite visualizar a los usuarios trabajando colaborativamente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfocado en una modalidad educativa.

De los trabajos seleccionados y donde se realizaron evaluaciones de usabilidad se encontró que se evaluó el atributo efectividad mediante las siguientes métricas: desempeño, capacidad de aprendizaje [Sánchez, 2019] y afecto [Apted, 2006], tareas resueltas en un tiempo limitado [Morris, 2010], [Almukadi, 2016], finalización de tareas: porcentaje de tareas completadas [Marco, 2013].

También se encontró que se evaluó el atributo satisfacción mediante las siguientes métricas: facilidad de uso [Leversund, 2014], experiencia de usuario [Marco, 2013], rendimiento, expectativa, calidad pragmática de lo físico y objetos visuales y expectativa de esfuerzo [Anastasiou, 2019].

Por otra parte, en otros trabajos no se menciona claramente bajo qué métricas fueron evaluados los sistemas, solo se consideran ciertos atributos de la usabilidad [Pinell, 2008], [Santos, 2012], [Neto, 2011], [da Costa, 2019], [Jacucci, 2005], [Moore, 2006], [Haynes, 2009] & [Antunes, 2008]. En consideración con lo anterior una evaluación de usabilidad implica tomar en cuenta diferentes aspectos, para definir qué se piensa evaluar.

5. Conclusiones

En este trabajo se realizó una revisión sistemática de la literatura, con el objeto de analizar cómo se está evaluando la usabilidad en las aplicaciones colaborativas pero que utilizan una interfaz de usuario tangible, con objeto de identificar problemas y retos actuales. Por lo cual se ha detectado que evaluar la usabilidad de las AC con TUI, no es algo trivial, ya que se ven involucrados aspectos de colaboración y de la interacción tangible. Asimismo, de los estudios analizados, ninguno propone discutir un proceso de evaluación de usabilidad en AC con TUI o revisar la aplicación de varios métodos existentes para este tipo de aplicaciones. En ese mismo sentido la evaluación de manera general se realiza mediante tres métodos, los cuales son: el método de indagación (observación de campo, entrevistas, cuestionarios y grabación de uso), de inspección (Evaluación heurística y recorridos cognitivos) y de prueba (pensando en voz alta y tutoría de pares). Pero se destaca que estos métodos son los mismos que se utilizan para evaluar la usabilidad de las interfaces de usuario gráficas, que tienen características totalmente diferentes a las de una TUI.

Por otra parte, en los estudios donde se realiza una evaluación de usabilidad, principalmente se presenta un prototipo o interfaz de usuario tangible y posteriormente y de manera secundaria se realiza una evaluación de usabilidad y sin involucrar o evaluar el aspecto colaborativo. Por lo que se detecta la necesidad y el gran reto que representa una evaluación de usabilidad enfocada en AC con TUI. Es importante que estas interfaces se evalúen de manera conjunta pues actualmente se están evaluando de forma independientemente.

Como una primera iniciativa se plantea una posible solución a través del desarrollo de un software que permita automatizar el proceso de evaluación, mediante la utilización de cámaras y sensores, empleando visión por computadora. Para analizar aspectos de interés: por ejemplo: ¿pueden los usuarios agarrar, sentir y mover los elementos importantes?, ¿hay respuesta rápida durante la interacción?, ¿todos pueden ver lo que está sucediendo y seguir las referencias visuales? Lo más importante de esta propuesta es unificar tanto la tangibilidad como la colaboración en un método de evaluación. Para poder verificar si la aplicación cumple con las

expectativas de los usuarios o si existen errores se puedan corregir posteriormente para centrar la aplicación cada vez más en las necesidades de los usuarios.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Alegría, A. F. S., (2015). Metodología para la evaluación colaborativa de la usabilidad de sistemas software interactivos. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, 30-45.
- [2] Almkadi, W., & Boy, G. A., (2016). Enhancing collaboration and facilitating children's learning using TUIs: a human-centered design approach. In International Conference on Learning and Collaboration Technologies (pp. 105-114). Springer, Cham.
- [3] Anastasiou, D., Maquil, V., & Ras, E., (2014). Gesture analysis in a case study with a tangible user interface for collaborative problem solving. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 8(3), 305-317.
- [4] Antunes, P., Herskovic, V., Ochoa, S. F., & Pino, J. A., (2008). Structuring dimensions for collaborative systems evaluation. *ACM computing surveys (CSUR)*, 44(2), 1-28.
- [5] Apted, T., Kay, J., & Quigley, A., (2006). Tabletop sharing of digital photographs for the elderly. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems, pp. 781-790.
- [6] da Costa, V. K., Rodrigues, A. S., Agostini, L. B., Machado, M. B., Darley, N. T., da Cunha Cardoso, R., & Tavares, T. A., (2019). The potential of user experience (UX) as an approach of evaluation in tangible user interfaces (TUI). In International Conference on Human-Computer Interaction, pp. 30-48. Springer, Cham.
- [7] Ellis, C. A., Gibbs, S. J., & Rein, G., (1991). Groupware: some issues and experiences. *Communications of the ACM*, 34(1), 39-58.
- [8] Enriquez, J. G., & Casas, S. I., (2013). Usabilidad en aplicaciones móviles. *Informes Científicos Técnicos-UNPA*, 5(2), 25-47.
- [9] Iso, I. S. O., (2018). 9241-11: 2018 Ergonomics of Human-System Interaction—Part 11: Usability: Definitions and Concepts. International

- Organization for Standardization. [https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241\(11\)](https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241(11)).
- [10] Fernández, A., Insfran, E., & Abrahão, S., (2011). Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study. *Information and software Technology*, 53(8), 789-817.
- [11] Haynes, S. R., Puroo, S., & Skattebo, A. L., (2009). Scenario-based methods for evaluating collaborative systems. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 18(4), 331-356.
- [12] Hornecker, E., & Buur, J., (2006). Getting a grip on tangible interaction: a framework on physical space and social interaction. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pp. 437-446.
- [13] Ishii, H., Lakatos, D., Bonanni, L., & Labrune, J. B., (2012). Radical atoms: beyond tangible bits, toward transformable materials. *interactions*, 19(1), 38-51.
- [14] Jacucci, G., Oulasvirta, A., Salovaara, A., Psik, T., & Wagner, I., (2005). Augmented reality painting and collage: evaluating tangible interaction in a field study. In *IFIP Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 43-56. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [15] Kitchenham, B., (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004), 1-26.
- [16] Marco, J., Cerezo, E., & Baldassarri, S., (2013). Bringing tabletop technology to all: evaluating a tangible farm game with kindergarten and special needs children. *Personal and ubiquitous computing*, 17(8), 1577-1591.
- [17] Leversund, A. H., Krzywinski, A., & Chen, W., (2014). Children's collaborative storytelling on a tangible multitouch tabletop. In *International Conference on Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions*, pp. 142-153. Springer, Cham.
- [18] Morris, M. R., Lombardo, J., & Wigdor, D., (2010). WeSearch: supporting collaborative search and sensemaking on a tabletop display. In *Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work*, pp. 401-410.

- [19] Mezura Godoy, C., & Montané Jiménez, L., (2008). Modelling Regulated Social Spaces for Groupware Applications. *Research in Computing Science. Advances in Computer Science and Artificial Intelligence*, 39, 47-60.
- [20] Moore, A., (2006). A tangible augmented reality interface to tiled street maps and its usability testing. In *Progress in Spatial Data Handling*, pp. 511-528. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [21] Neto, M. A. C., De Souza, A. J., & Leite, J. C., (2011). Identificando problemas de usabilidade através de inspeção no modelo de interação. In *Proceedings of the 10th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems and the 5th Latin American Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 124-133.
- [22] Nielsen, J., (1994). Usability inspection methods. In *conference companion on Human factors in computing systems*.
- [23] Sánchez Gálvez, L. A., Fernández Luna, J. M., & Anzures García, M., (2019). A Groupware Usability-Oriented Evaluation Methodology Based on a Fuzzy Linguistic Approach. In *Iberoamerican Workshop on Human-Computer Interaction*, pp. 1-16. Springer, Cham.
- [24] Santos, N. S., Ferreira e, L. S., & Prates, R. O., (2012). Caracterização das adaptações em métodos de avaliação para aplicações colaborativas. In *Proceedings of the 11th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pp. 297-300.
- [25] Shneiderman, B., (1998). *Designing the User Interface: Strategies for effective Human-Computer Interaction*.
- [26] Xu, D., Read, J. C., Mazzone, E., MacFarlane, S., & Brown, M., (2007). Evaluation of Tangible User Interfaces (TUIs) for and with Children—Methods and Challenges. In *International Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 1008-1017. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [27] Pinelle, D., & Gutwin, C., (2008). Evaluating teamwork support in tabletop groupware applications using collaboration usability analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 12(3), 237-254.