

Uso de aplicaciones móviles para la concienciación del reciclaje de desechos electrónicos en estudiantes de nivel superior de educación en Ecuador

Use of mobile applications to raise awareness of electronic waste recycling in higher education students in Ecuador

Fabricio Marcillo¹

¹Instituto Superior Universitario Japón, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador
fmarcillo@itsjapon.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2628-9167>

Correspondencia: fmarcillo@itsjapon.edu.ec

Recibido: 12/05/2024

| Aceptado: 22/06/2024

| Publicado: 24/07/2024

Resumen

El estudio examinó la concienciación y la usabilidad de una aplicación web destinada al reciclaje de residuos electrónicos en una población de estudio. Se encontró que la población tenía conocimientos mínimos sobre el reciclaje de desechos electrónicos, subrayando la falta general de concienciación sobre este tema. Sin embargo, la aplicación web en sí misma fue calificada como teniendo una usabilidad aceptable. Este hallazgo sugiere que, aunque la aplicación fue diseñada con eficacia y fue accesible para los usuarios, se requiere una mayor educación y concienciación sobre la importancia del reciclaje de dispositivos electrónicos. La falta de conocimiento subyacente podría limitar la adopción a largo plazo y el compromiso de los usuarios con prácticas de reciclaje sostenible. Por lo tanto, este estudio resalta la necesidad de programas educativos y campañas de concienciación más efectivas en el campo de la gestión de desechos electrónicos y subraya la importancia de mantener y mejorar la usabilidad de las aplicaciones web relacionadas con el reciclaje para garantizar una experiencia satisfactoria para los usuarios. La combinación de educación y usabilidad efectiva podría desempeñar un papel clave en la promoción de prácticas sostenibles y en la reducción del impacto ambiental de los desechos electrónicos a nivel global.

Palabras clave: Concienciación, desechos electrónicos, aplicación web, impacto ambiental.

Abstrac

The study examined the awareness and usability of a web application aimed at e-waste recycling in a study population. The population was found to have minimal knowledge about e-waste recycling, underscoring the general lack of awareness on this issue. However, the web application itself was rated as having acceptable usability. This finding suggests that although the app was effectively designed and accessible to users, more education and awareness about the importance of electronic device recycling is required. The underlying lack of knowledge could limit long-term adoption and user engagement with sustainable recycling practices. Therefore, this study highlights the need for more effective educational programs and awareness campaigns in the field of e-waste management and underlines the importance of maintaining and improving the usability of recycling-related web applications to ensure a satisfactory experience. For the users. The combination of education and effective usability could play a key role in promoting sustainable practices and reducing the environmental impact of e-waste globally.

Keywords: Awareness, electronic waste, web application, environmental impact.

Introducción

Los desechos electrónicos, comúnmente conocidos como e-Waste, se refieren a cualquier equipo electrónico que ha llegado al final de su vida útil y es descartado por los consumidores o las organizaciones (Hou et al., 2023). Estos desechos incluyen una amplia variedad de dispositivos electrónicos, como computadoras, teléfonos móviles, tabletas, televisores, electrodomésticos y otros aparatos electrónicos. Los desechos electrónicos pueden contener materiales valiosos como metales preciosos, pero también componentes peligrosos como mercurio, plomo y otros productos químicos tóxicos (Jabbour et al., 2023).

Los dispositivos electrónicos a menudo contienen sustancias peligrosas, como plomo, mercurio, cadmio y productos químicos retardantes de llama, que pueden filtrarse en el

suelo y, finalmente, en las fuentes de agua subterránea, poniendo en peligro la calidad del agua y la salud de las comunidades locales (Almulhim, 2022).

Además, la quema no regulada o el desmantelamiento incorrecto de desechos electrónicos pueden liberar gases tóxicos en la atmósfera, contribuyendo a la contaminación del aire. Esto puede tener efectos perjudiciales en la salud humana, como problemas respiratorios y afecciones de la piel. Además, la liberación de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y los hidrofluorocarbonos, provenientes de la producción y desecho de dispositivos electrónicos, contribuye al cambio climático y al calentamiento global (Shi et al., 2023).

La exposición crónica al mercurio y al plomo, presentes en componentes electrónicos como baterías y circuitos, puede dañar el sistema nervioso. Esto puede provocar trastornos neurológicos, como temblores, pérdida de memoria y deterioro cognitivo. Algunos componentes de los desechos electrónicos, como los productos químicos retardantes de llama y los metales pesados, están asociados con un mayor riesgo de cáncer, especialmente cuando se exponen de manera prolongada (Roy et al., 2022).

El contacto con sustancias químicas tóxicas presentes en los desechos electrónicos puede provocar irritaciones en la piel y alergias. Los niños son especialmente vulnerables a los efectos perjudiciales de los desechos electrónicos, ya que su organismo aún está en desarrollo y tienden a jugar en áreas cercanas a vertederos de desechos electrónicos. Algunas sustancias presentes en los desechos electrónicos, como los ftalatos y los PCB (bifenilos policlorados), se han relacionado con efectos adversos en la salud reproductiva, como la disminución de la fertilidad y los problemas en el desarrollo del feto (Moossa et al., 2023).

Según la Plataforma StEP (Solving the E-waste Problem), se estima que los desechos electrónicos están aumentando a un ritmo anual del 21%. Esto significa que la cantidad de e-Waste generada se duplica aproximadamente cada 3.5 años. Según un informe de las Naciones Unidas, en 2019, solo se recicló alrededor del 17.4% de los desechos electrónicos generados a nivel mundial. Esto significa que más del 80% de los desechos electrónicos terminan en vertederos o son gestionados de manera inadecuada (Rajesh et al., 2022).

En términos de generación de desechos electrónicos, los países más industrializados tienden a encabezar la lista debido a su mayor consumo de dispositivos electrónicos. Según un informe del Instituto de Medio Ambiente y Sostenibilidad de la Universidad de las Naciones Unidas, los Estados Unidos, China y la Unión Europea son los principales generadores de desechos electrónicos en términos absolutos (Bagwan, 2024a). En conjunto, estos tres actores generan aproximadamente el 50% de los desechos electrónicos a nivel mundial. Los altos niveles de consumo y la rápida obsolescencia de dispositivos electrónicos en estos países contribuyen significativamente a esta tendencia (Ramesh et al., 2023).

En cuanto a los países más afectados por los desechos electrónicos, es importante destacar que este problema tiene un impacto global. Sin embargo, los países en desarrollo a menudo enfrentan mayores desafíos en la gestión adecuada de estos residuos. Se estima que algunas naciones africanas, como Nigeria y Ghana, enfrentan una carga significativa de desechos electrónicos importados ilegalmente de países industrializados (Ananno et al., 2021).

Estos desechos a menudo se gestionan de manera inadecuada, lo que resulta en la contaminación del suelo, el agua y la exposición de las comunidades locales a sustancias peligrosas. Además, estos países carecen de infraestructura y recursos adecuados para abordar eficazmente el problema de los desechos electrónicos. En resumen, mientras que los países más industrializados generan la mayor cantidad de desechos electrónicos, son los países en desarrollo los que a menudo enfrentan los impactos más graves debido a la gestión inadecuada y la importación ilegal de estos residuos (Yukseket al., 2023).

Un estudio de la Universidad de las Naciones Unidas revela que alrededor del 90% de los países en desarrollo no cuentan con regulaciones adecuadas para gestionar la eliminación de desechos electrónicos. Esto ha llevado a una grave contaminación del suelo y del agua en muchas áreas. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la producción y el desecho de dispositivos electrónicos contribuyen aproximadamente con el 2% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂), lo que agrava el problema del cambio climático (Roy et al., 2022). Se estima que los dispositivos electrónicos desechados contienen alrededor de 55 mil millones de

dólares en materias primas recuperables, como metales preciosos. Sin embargo, se recupera menos del 20% de estos recursos (Hidalgo-Crespo et al., 2023).

Según el informe Global E-waste Monitor 2014, India comparte 1,7 Mt (millones de toneladas métricas) de desechos electrónicos, lo que constituye el 10,62 % de las generaciones de desechos electrónicos de Asia. En las ciudades más grandes de la India, actualmente se está creando el negocio formal de reciclaje de desechos electrónicos. Por otro lado, las actividades informales de reciclaje existen desde hace mucho tiempo en la India, donde más de un millón de personas pobres participan en operaciones de reciclaje manual.

La mayoría de estas personas tienen niveles de alfabetización relativamente bajos y desconocen los peligros de los planes de tratamiento. En el año 2016, la proporción de residuos electrónicos de la India representó el 11.11 % de la generación de residuos electrónicos de Asia. Después de Estados Unidos, China, Japón y Alemania, India ocupa el quinto lugar en el mundo entre los principales países productores de desechos electrónicos, reciclando menos del 2% del total de desechos electrónicos que genera anualmente.

El reciclaje de desechos electrónicos es el proceso de recolectar, desmontar y procesar estos dispositivos de manera segura y eficiente con el objetivo de recuperar materiales valiosos y reducir el impacto ambiental. Este proceso implica la separación de componentes reciclables, el tratamiento adecuado de productos químicos peligrosos y la disposición final segura de los residuos no aprovechables. El reciclaje de desechos electrónicos no solo ayuda a conservar recursos naturales y a reducir la contaminación ambiental, sino que también contribuye a la economía circular al reutilizar materiales valiosos en la fabricación de nuevos productos electrónicos (Pang et al., 2023).

Por último, el impacto económico del manejo inadecuado de los desechos electrónicos es significativo. La falta de reciclaje y recuperación de materiales valiosos de estos dispositivos conlleva la pérdida de recursos valiosos, como metales preciosos y minerales raros. Esto implica la necesidad de extraer y procesar más recursos naturales, lo que aumenta la presión sobre los ecosistemas y agota los suministros limitados de minerales en el mundo (Moossa et al., 2023). En conjunto, el impacto ambiental de los desechos

electrónicos es una preocupación urgente que requiere acciones efectivas para mejorar la gestión, promover el reciclaje y reducir el impacto negativo en nuestro planeta.

A nivel mundial, la generación de desechos electrónicos ha aumentado significativamente en las últimas décadas debido al rápido avance tecnológico y a la creciente adopción de dispositivos electrónicos. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se estima que en 2019 se generaron aproximadamente 53.6 millones de toneladas métricas de desechos electrónicos en todo el mundo. La gestión inadecuada de estos desechos ha llevado a preocupaciones ambientales y de salud pública, ya que a menudo se desechan de manera irresponsable y contaminan el suelo y el agua, afectando a comunidades locales (Marche et al., 2023).

En Ecuador, al igual que en muchos otros países de América Latina, el aumento en la adquisición de dispositivos electrónicos ha llevado a un aumento en la generación de desechos electrónicos. Aunque no existen cifras específicas actualizadas disponibles, se reconoce que este es un problema en crecimiento en el país (Zheng et al., 2023). Ecuador ha implementado algunas medidas para abordar el problema de los desechos electrónicos, incluyendo regulaciones que prohíben la importación de ciertos equipos electrónicos obsoletos y el establecimiento de programas de recogida selectiva. Sin embargo, aún se enfrenta a desafíos significativos en la gestión y el reciclaje de estos desechos debido a la falta de infraestructura adecuada y la necesidad de concienciar a la población sobre la importancia del reciclaje de dispositivos electrónicos (Zheng et al., 2023).

El conocimiento de los estudiantes a nivel mundial sobre desechos electrónicos puede variar significativamente según factores como la edad, el nivel de educación, el acceso a la información y la cultura. En muchos países, los estudiantes están cada vez más conscientes de la existencia de desechos electrónicos y de que estos representan un problema ambiental y de salud. La información sobre los riesgos asociados con la gestión inadecuada de los desechos electrónicos se ha difundido ampliamente a través de la educación y los medios de comunicación (Hoàng Ly et al., 2023a).

Las aplicaciones móviles desempeñan un papel cada vez más relevante en la concienciación y promoción del reciclaje de desechos electrónicos. Estas herramientas tecnológicas tienen el potencial de informar y movilizar a las personas en todo el mundo,

facilitando la adopción de prácticas sostenibles y la gestión responsable de dispositivos electrónicos en desuso (Islam et al., 2021).

Las aplicaciones móviles desempeñan un papel crucial en la educación y concienciación sobre la gestión de desechos electrónicos. Proporcionan información precisa y fácilmente accesible sobre los riesgos ambientales y de salud asociados con la gestión inadecuada de los desechos electrónicos. Además, ofrecen estadísticas actualizadas y datos sobre la cantidad de e-Waste generado a nivel global y local, lo que ayuda a los usuarios a comprender la magnitud del problema (Hou et al., 2023).

Una de las características más prácticas de las aplicaciones móviles es la capacidad de localizar fácilmente puntos de recogida de desechos electrónicos cercanos. Mediante la integración de tecnología de geolocalización, estas aplicaciones permiten a los usuarios encontrar centros de reciclaje, puntos de recogida y eventos de recolección de dispositivos electrónicos en su área local. Esto elimina barreras logísticas y hace que el proceso de reciclaje sea más accesible y conveniente para las personas (Fernández-Ruano et al., 2022).

Las aplicaciones móviles también permiten a los usuarios realizar un seguimiento personalizado de sus esfuerzos de reciclaje de desechos electrónicos. Los usuarios pueden registrar los dispositivos electrónicos reciclados, establecer metas de reciclaje y recibir notificaciones y recordatorios para fomentar la participación continua. Este seguimiento personal motiva a los usuarios a ser más conscientes de su papel en la gestión de desechos electrónicos y a establecer objetivos para reducir su huella ambiental (Behl et al., 2022a).

Muchas aplicaciones móviles fomentan la creación de comunidades en línea de personas interesadas en el reciclaje de desechos electrónicos. Los usuarios pueden compartir sus logros, intercambiar consejos y participar en discusiones sobre sostenibilidad ambiental. Esta función crea un sentido de pertenencia y colaboración en torno a la causa, lo que puede fortalecer el compromiso de los usuarios (Behl et al., 2022a).

Las aplicaciones móviles también pueden proporcionar noticias y actualizaciones sobre desarrollos en la gestión de desechos electrónicos a nivel local e internacional. Mantener a los usuarios informados sobre cuestiones relacionadas con el reciclaje de

dispositivos electrónicos puede mantener su interés y concienciación en el tema (Fernández-Ruano et al., 2022).

Para hacer que la experiencia sea más atractiva y educativa, algunas aplicaciones incorporan elementos de gamificación. Pueden incluir juegos y desafíos relacionados con el reciclaje de desechos electrónicos, lo que no solo divierte a los usuarios, sino que también refuerza su conocimiento y compromiso con las prácticas sostenibles (Hou et al., 2023). El objetivo de este estudio fue desarrollar una aplicación móvil con el fin de ludificar conocimientos en relación con el reciclaje de desechos electrónicos mediante métodos de gamificación para la reducción del impacto ambiental ocasionado por el mal manejo de desechos electrónicos.

Metodología y materiales

Población de estudio y evaluación de conocimientos

La población de estudio fueron estudiantes del Instituto Tecnológico Superior “Japón”. La población de estudio fue aleatoria (n=100), la cual fue evaluada antes del uso de la aplicación móvil para determinar su estado de conocimiento sobre el reciclaje de desechos, posteriormente, se capacitó a la población mencionada durante 5 meses, al final se aplicó una evaluación final (escala de calificación: 0 – 100 puntos) considerando la escala Likert, donde de 0 a 69.99 puntos se considera, no alcanza los conocimientos mínimos y de 70 a 100 puntos se considera que el sujeto de estudio alcanza los conocimientos mínimos.

Diseño de aplicación web

Para la estructura del diseño web, se utilizó TailwindCSS y Bootstrap, además, se adquirió un dominio y hosting. La estructura de diseño de la aplicación web, se observa en la figura 1.

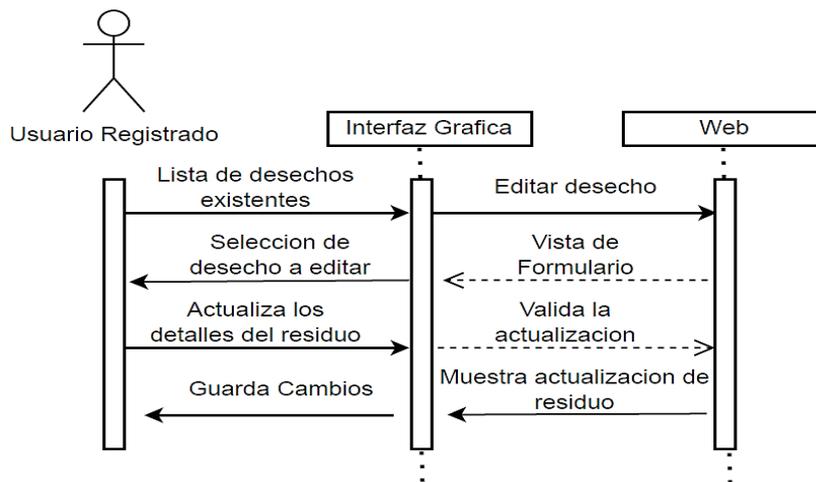


Figura 1. Diagrama de pasos de interacción usuario - aplicación web.
Nota. Se denota el flujo de trabajo desde la interacción usuario-sistema.

Usabilidad del sistema web

Para este estudio se utilizó la escala de usabilidad del sistema propuesta por (Kaya et al., 2019). Se aplicó un cuestionario de 10 preguntas sobre la usabilidad del sistema. Para la interpretación de los resultados, se utilizó el esquema propuesto por (Kaya et al., 2019) que establece que la puntuación de las preguntas pares, se restará la puntuación del usuario a la puntuación máxima, es decir, cinco puntos. Para las preguntas impares, se restará un punto de la puntuación del usuario. Además, (Kaya et al., 2019) afirman que la suma de las puntuaciones obtenidas, multiplicada por una constante (2.5), estos valores se representaron como un porcentaje.

Resultados y discusión

Según los resultados obtenidos, la población de estudio alcanzó los conocimientos mínimos previo al uso de la aplicación móvil, sin embargo, no se observó diferencia significativa posteriormente a la ludificación de conocimientos realizada como se observa en la figura 2. La información proporcionada revela una situación interesante en relación con la conciencia y la usabilidad de una aplicación web diseñada para el reciclaje de residuos electrónicos.

La población de estudio presenta "conocimientos mínimos" en cuanto al reciclaje de estos desechos (Shanthi Bhavan et al., 2023). Esta falta de conocimiento resalta una

carencia en la concienciación pública sobre la gestión adecuada de dispositivos electrónicos en desuso. Esta falta de conocimiento se alinea con investigaciones previas que han señalado la falta de información sobre desechos electrónicos en diversas regiones (Shanthi Bhavan et al., 2023).

A pesar de los esfuerzos regulatorios y las iniciativas de reciclaje, Ecuador enfrenta desafíos en la gestión efectiva de desechos electrónicos. La falta de concienciación y educación pública sobre la importancia del reciclaje de dispositivos electrónicos sigue siendo un problema, y la gestión inadecuada de estos residuos puede resultar en riesgos ambientales y de salud.

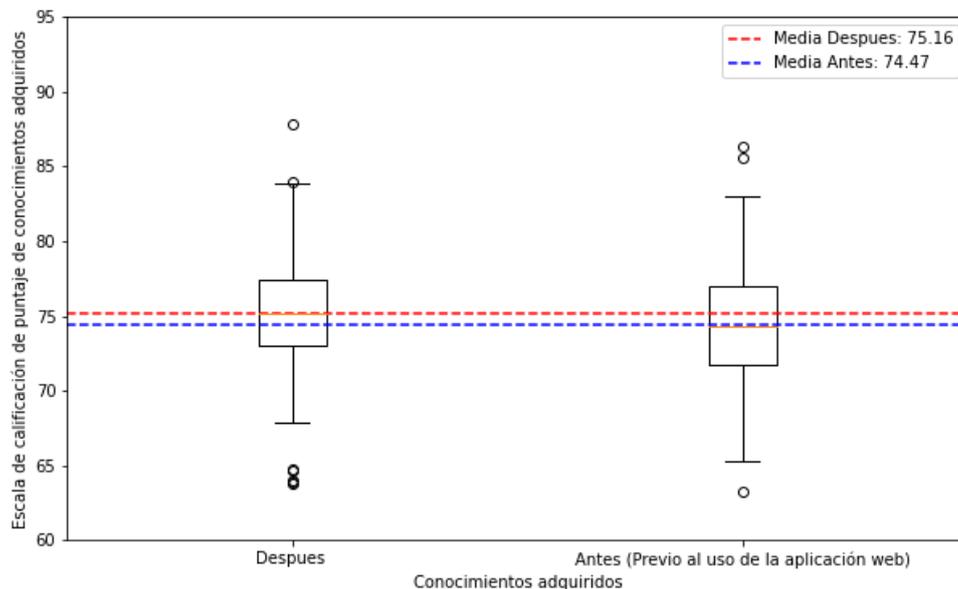


Figura 2. Gráfico de cajas según la escala de calificación del puntaje obtenido.

Nota. Según el gráfico obtenido, no se observa diferencias significativas en los conocimientos adquiridos antes o después del uso de la aplicación móvil por parte de la población de estudio.

Por otro lado, la aplicación web obtuvo una "usabilidad aceptable". Como se observa en la figura 3, según la escala de Brooke, la aplicación móvil se encuentra dentro del rango de aceptación ($\geq 70\%$) en los meses de uso del sistema web. La usabilidad es un factor crítico en la eficacia de cualquier aplicación, ya que influye en la satisfacción del usuario y en su disposición a utilizar la herramienta. El hecho de que los usuarios hayan podido interactuar con la aplicación de manera efectiva a pesar de sus conocimientos limitados sobre reciclaje de residuos electrónicos es un indicativo de su diseño intuitivo y accesible (Bagwan, 2024b).

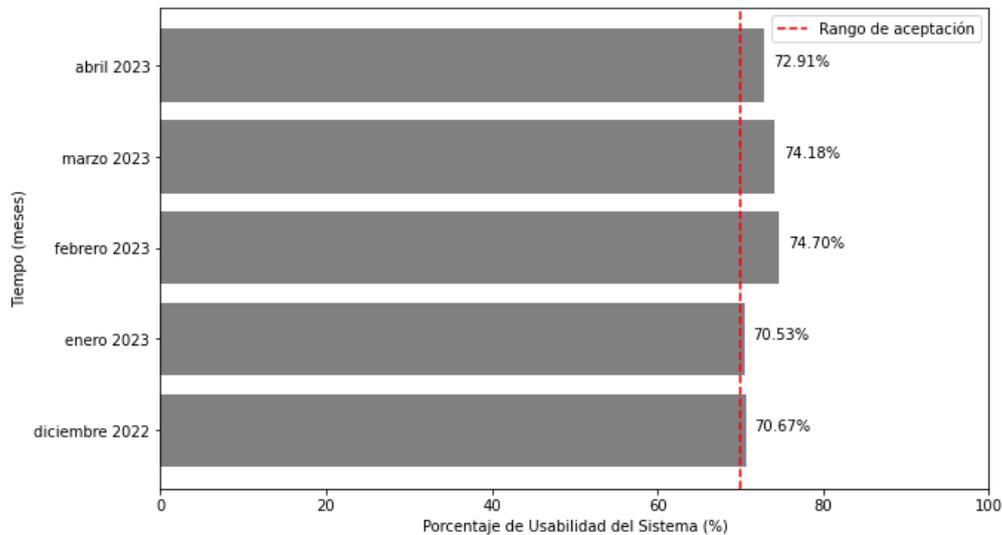


Figura 3. Gráfico de barras considerando el tiempo de evaluación y la usabilidad del sistema representado en el porcentaje de aceptación.

Nota. Se denota que, en los meses de evaluación, la aplicación web fue aceptada por los usuarios, (Behl et al., 2022b) sin embargo, estos manifestaron que debe presentar mejoras.

Sin embargo, es evidente que existe una brecha entre la capacidad de utilizar la aplicación y el conocimiento real sobre la gestión de desechos electrónicos (Behl et al., 2022a). Esto sugiere que, aunque la aplicación es funcional, se requiere una mayor educación y concienciación sobre la importancia de reciclar estos dispositivos. La falta de conocimiento subyacente puede limitar la adopción y el compromiso a largo plazo de los usuarios con prácticas de reciclaje sostenible (Jawjit et al., 2023).

Este análisis resalta la necesidad de programas educativos y campañas de concienciación más efectivas en el ámbito del reciclaje de residuos electrónicos. Además, enfatiza la importancia de mantener y mejorar continuamente la usabilidad de aplicaciones web relacionadas con el reciclaje para garantizar una experiencia satisfactoria para los usuarios (Behl et al., 2022a). La combinación de educación y usabilidad efectiva podría desempeñar un papel clave en la promoción de prácticas sostenibles y en la reducción del impacto ambiental de los desechos electrónicos a nivel global (Hoàng Ly et al., 2023b).

Conclusiones

La investigación realizada sobre la concienciación y la usabilidad de una aplicación web para el reciclaje de residuos electrónicos arroja importantes conclusiones que abordan la relación entre el conocimiento, la usabilidad y la necesidad de concienciación en esta área crucial de la gestión de desechos electrónicos.

Se observó que la población de estudio presenta un conocimiento mínimo sobre el reciclaje de desechos electrónicos. Este hallazgo resalta la falta de información y concienciación pública en relación con la gestión responsable de dispositivos electrónicos en desuso. A pesar de los avances tecnológicos y la creciente adopción de dispositivos electrónicos en la sociedad actual, parece existir una brecha significativa en la comprensión de los riesgos ambientales y de salud asociados con la gestión inadecuada de estos desechos.

Por otro lado, el hecho de que la aplicación web haya obtenido una calificación de "usabilidad aceptable" es un indicativo positivo de su diseño funcional y accesible. La usabilidad efectiva es esencial para garantizar que los usuarios puedan interactuar con éxito con la aplicación y llevar a cabo las acciones deseadas. Sin embargo, esta usabilidad solo puede aprovecharse plenamente si se supera la brecha de conocimiento existente.

Se destaca la necesidad de programas educativos y campañas de concienciación más efectivas en el ámbito de la gestión de desechos electrónicos. Estos esfuerzos deben dirigirse a llenar el vacío de conocimiento y sensibilizar a la población sobre la importancia del reciclaje de dispositivos electrónicos. La falta de conocimiento subyacente podría limitar la adopción y el compromiso a largo plazo de los usuarios con prácticas de reciclaje sostenible.

Algunas aplicaciones van más allá de la educación y la concienciación y permiten a los usuarios solicitar la recogida de sus dispositivos electrónicos en desuso directamente desde sus hogares. Esto simplifica aún más el proceso de reciclaje y reduce las barreras para la participación.

En el contexto, del reciclaje de desechos electrónicos, este se considera una práctica sostenible que garantiza la eliminación segura de materiales peligrosos al tiempo que

promueve el empleo verde y contribuye a la economía circular, optimizando la utilización de recursos y minimizar los residuos, es crucial en el contexto de la gestión de residuos electrónicos. Al adoptar los principios de la economía circular, como los procesos restaurativos y regenerativos, la transformación de residuos en recursos valiosos se vuelve factible.

Este enfoque no sólo contribuye a la creación de empleo dentro del sector del reciclaje de desechos electrónicos, sino que también promueve prácticas sostenibles y métodos de eliminación seguros. Reemplaza el concepto tradicional de fin de vida por el de restauración y regeneración, enfatizando el valor de los materiales a lo largo de su ciclo de vida. Además, el enfoque de economía circular facilita la integración de fuentes de energía renovable y la eliminación de sustancias químicas tóxicas, mejorando el potencial de reutilización y devolución de materiales a la biosfera.

El uso de aplicaciones móviles para fomentar el reciclaje de desechos electrónicos entre estudiantes es una estrategia poderosa y oportuna que combina la tecnología, la educación ambiental y la concienciación sobre un problema ambiental cada vez más apremiante. En un mundo donde la tecnología móvil se ha convertido en una parte integral de la vida cotidiana de los jóvenes, las aplicaciones móviles ofrecen una plataforma ideal para educar, motivar y empoderar a los estudiantes en la gestión responsable de dispositivos electrónicos en desuso. Esta convergencia entre la tecnología y la sostenibilidad ambiental representa un avance significativo en la búsqueda de soluciones para abordar el crecimiento exponencial de los desechos electrónicos y sus impactos en el medio ambiente.

Una de las ventajas más notables de esta estrategia es su capacidad para proporcionar información actualizada y fácilmente accesible sobre la gestión de desechos electrónicos. Los estudiantes pueden acceder a datos, estadísticas y recursos educativos que les permiten comprender la magnitud del problema y los riesgos ambientales y de salud asociados con la gestión inadecuada de estos residuos. Además, estas aplicaciones móviles ofrecen una experiencia interactiva que puede captar la atención de los estudiantes de manera efectiva, utilizando elementos como gráficos, infografías, videos y juegos educativos para explicar conceptos clave de manera visual y atractiva.

La capacidad de localizar puntos de recogida de desechos electrónicos cercanos es otra ventaja significativa de estas aplicaciones. Esta característica elimina las barreras logísticas y hace que el proceso de reciclaje sea más accesible y conveniente para los estudiantes. Al ofrecer la ubicación de centros de reciclaje y eventos de recolección de desechos electrónicos en tiempo real, las aplicaciones móviles eliminan la incertidumbre y simplifican la participación de los estudiantes en prácticas sostenibles.

La función de registro y seguimiento personal dentro de estas aplicaciones permite a los estudiantes establecer metas de reciclaje, registrar los dispositivos electrónicos reciclados y recibir recompensas virtuales por sus contribuciones al reciclaje. Esta gamificación de la experiencia no solo motiva a los estudiantes a reciclar más, sino que también refuerza su compromiso con prácticas sostenibles a largo plazo. Los estudiantes pueden sentir un sentido de logro al alcanzar sus metas de reciclaje y contribuir activamente a la reducción del impacto ambiental de los desechos electrónicos.

Además, estas aplicaciones móviles a menudo fomentan la creación de comunidades en línea de estudiantes interesados en el reciclaje de desechos electrónicos. Los usuarios pueden compartir sus logros, intercambiar consejos y participar en discusiones sobre sostenibilidad ambiental. Esta función crea un sentido de pertenencia y colaboración en torno a la causa del reciclaje de desechos electrónicos, lo que puede fortalecer el compromiso de los estudiantes y fomentar un sentido de responsabilidad compartida en la gestión de residuos electrónicos.

Estas aplicaciones no solo ofrecen información educativa y recursos accesibles, sino que también facilitan la participación práctica al proporcionar la ubicación de puntos de recogida, la gamificación de la experiencia y la creación de comunidades en línea. Además, mantienen a los estudiantes informados sobre los desarrollos en la gestión de desechos electrónicos a nivel mundial.

En última instancia, estas aplicaciones móviles no solo contribuyen al aumento del reciclaje de desechos electrónicos, sino que también forjan una generación más consciente y comprometida con la sostenibilidad ambiental, lo que tiene el potencial de generar un impacto duradero en la reducción de la huella ecológica de los dispositivos electrónicos y en la preservación de nuestro planeta.

Ecuador enfrenta desafíos relacionados con la generación y gestión de desechos electrónicos, al igual que muchos otros países en el mundo. La adopción de regulaciones y leyes específicas, así como el fomento de la educación ambiental y la concienciación pública, son pasos importantes para abordar este problema y promover un enfoque más sostenible en la gestión de dispositivos electrónicos en desuso en el país.

Referencias

- Almulhim, A. I. (2022). Household's awareness and participation in sustainable electronic waste management practices in Saudi Arabia. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(4), 101729. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2022.101729>
- Ananno, A. A., Masud, M. H., Dabnichki, P., Mahjabeen, M., & Chowdhury, S. A. (2021). Survey and analysis of consumers' behaviour for electronic waste management in Bangladesh. *Journal of Environmental Management*, 282, 111943. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.111943>
- Bagwan, W. A. (2024a). Electronic waste (E-waste) generation and management scenario of India, and ARIMA forecasting of E-waste processing capacity of Maharashtra state till 2030. *Waste Management Bulletin*, 1(4), 41–51. <https://doi.org/10.1016/J.WMB.2023.08.002>
- Bagwan, W. A. (2024b). Electronic waste (E-waste) generation and management scenario of India, and ARIMA forecasting of E-waste processing capacity of Maharashtra state till 2030. *Waste Management Bulletin*, 1(4), 41–51. <https://doi.org/10.1016/J.WMB.2023.08.002>
- Behl, A., Jayawardena, N., Pereira, V., Islam, N., Giudice, M. Del, & Choudrie, J. (2022a). Gamification and e-learning for young learners: A systematic literature review, bibliometric analysis, and future research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 176, 121445. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2021.121445>
- Behl, A., Jayawardena, N., Pereira, V., Islam, N., Giudice, M. Del, & Choudrie, J. (2022b). Gamification and e-learning for young learners: A systematic literature review,

bibliometric analysis, and future research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 176, 121445. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2021.121445>

Fernández-Ruano, M. L., Frías-Jamilena, D. M., Polo-Peña, A. I., & Peco-Torres, F. (2022). The use of gamification in environmental interpretation and its effect on customer-based destination brand equity: The moderating role of psychological distance. *Journal of Destination Marketing & Management*, 23, 100677. <https://doi.org/10.1016/J.JDMM.2021.100677>

Hidalgo-Crespo, J., Amaya-Rivas, J. L., Ribeiro, I., Soto, M., Riel, A., & Zwolinski, P. (2023). Informal waste pickers in guayaquil: Recycling rates, environmental benefits, main barriers, and troubles. *Heliyon*, 9(9), e19775. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E19775>

Hoàng Ly, N., Joo, S. W., Choo, J., Vasseghian, Y., Cho, J., & Rezania, S. (2023a). Sustainable cutting-edge techniques for gold valorization from electronic wastes. *Chemical Engineering Journal*, 471, 144324. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2023.144324>

Hoàng Ly, N., Joo, S. W., Choo, J., Vasseghian, Y., Cho, J., & Rezania, S. (2023b). Sustainable cutting-edge techniques for gold valorization from electronic wastes. *Chemical Engineering Journal*, 471, 144324. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2023.144324>

Hou, Y., Wu, Y., & Han, H. (2023). Multi-Objective Differential Evolution Algorithm Balancing Multiple Stakeholders for Low-Carbon Order Scheduling in E-Waste Recycling. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. <https://doi.org/10.1109/TEVC.2023.3237336>

Islam, M. T., Dias, P., & Huda, N. (2021). Young consumers' e-waste awareness, consumption, disposal, and recycling behavior: A case study of university students in Sydney, Australia. *Journal of Cleaner Production*, 282, 124490. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.124490>

Jabbour, C. J. C., Colasante, A., D Adamo, I., Rosa, P., & Sassanelli, C. (2023). Customer attitudes towards circular economy in the e-waste context: A survey assessing sustainable consumption dynamics. *IEEE Engineering Management Review*. <https://doi.org/10.1109/EMR.2023.3303209>

- Jawjit, S., Yimthiang, S., & Pibul, P. (2023). Soil heavy metal pollution from waste electrical and electronic equipment of repair and junk shops in southern Thailand and their ecological risk. *Heliyon*, e20438. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E20438>
- Kaya, A., Ozturk, R., & Altin Gumussoy, C. (2019). Usability Measurement of Mobile Applications with System Usability Scale (SUS). En *Industrial Engineering in the Big Data Era* (pp. 389–400). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03317-0_32
- Marche, C., Soma, G. G., & Nitti, M. (2023). A Cognitive Social IoT Approach for Smart Energy Management in a Real Environment. *IEEE Transactions on Network and Service Management*. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2023.3255409>
- Moossa, B., Qiblawey, H., Nasser, M. S., Al-Ghouti, M. A., & Benamor, A. (2023). Electronic waste considerations in the Middle East and North African (MENA) region: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 29, 102961. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2022.102961>
- Pang, S., Deng, Y., Zhang, G., Zhou, Y., Qin, X., Wu, Z., & Li, J. (2023). PcGC: A Parity-Check Garbage Collection for Boosting 3D NAND Flash Performance. *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*. <https://doi.org/10.1109/TCAD.2023.3281517>
- Rajesh, R., Kanakadhurga, D., & Prabakaran, N. (2022). Electronic waste: A critical assessment on the unimaginable growing pollutant, legislations and environmental impacts. *Environmental Challenges*, 7, 100507. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2022.100507>
- Ramesh, M. V., Paramasivan, M., Akshay, P., & Jarin, T. (2023). A review on electric and electronic waste material management in 21st century. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2023.01.057>
- Roy, H., Islam, M. S., Haque, S., & Riyad, M. H. (2022). Electronic waste management scenario in Bangladesh: policies, recommendations, and case study at Dhaka and Chittagong for a sustainable solution. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 1(3), 100025. <https://doi.org/10.1016/J.STAE.2022.100025>

- Shanthi Bhavan, J., Joy, J., & Pazhani, A. (2023). Identification and recovery of rare earth elements from electronic waste: Material characterization and recovery strategies. *Materials Today Communications*, 36, 106921. <https://doi.org/10.1016/J.MTCOMM.2023.106921>
- Shi, J., Chen, W., & Verter, V. (2023). The joint impact of environmental awareness and system infrastructure on e-waste collection. *European Journal of Operational Research*, 310(2), 760–772. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2023.03.011>
- Yukse, Y. A., Haddad, Y., Pagone, E., Jagtap, S., Haskew, S., & Salonitis, K. (2023). Sustainability Assessment of Electronic Waste Remanufacturing: The Case of Laptop. *Procedia CIRP*, 116, 378–383. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2023.02.064>
- Zheng, J., Ni, W., Tian, H., Gunduz, D., Quek, T. Q. S., & Han, Z. (2023). Semi-Federated Learning: Convergence Analysis and Optimization of A Hybrid Learning Framework. *IEEE Transactions on Wireless Communications*. <https://doi.org/10.1109/TWC.2023.3270908>

Los autores no tienen conflicto de interés que declarar. La investigación fue financiada por el Instituto Superior Universitario Japón y los autores.

Copyright (2024) © Fabricio Marcillo

Este texto está protegido bajo una licencia
[Creative Commons de Atribución Internacional 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

