

Vol.14 Núm.1

ISSN 2007-5448



RECIBE

Revista electrónica

DE COMPUTACIÓN, INFORMÁTICA, BIOMÉDICA Y ELECTRÓNICA

Índice

Computación e Informática

Optimización dinámica del rango de direcciones IP mediante el análisis del protocolo DHCP y un algoritmo adaptativo basado en software libre C1-19
Gerardo Padilla Lomelí, Victor M. Pereda Duarte, Jacobo Sandoval Gutiérrez

Técnicas modernas de robo de identidad: Un panorama de herramientas de ataque y defensa, una revisión sistemática C2-17
Marisol Cruz

GymComfort Guidance: Innovación en salud y bienestar a través de ejercicio personalizado C3-13
Wendy Judith López Díaz, Karla Avila Cárdenas

Propuesta de mejora de guía de revisión de la Accesibilidad Web visual C4-19
basada en métricas

Veronica K. Pagnoni, Sonia I. Mariño C5-18
C6-19

Evaluación de los aprendizajes a través del sistema test-Excellent en alumnos del nivel secundario, 2022
Anthony Pardo

Gamificación como estrategia para asistir la actividad en equipo: Un estudio secundario C7-19
Gabriela Francisca Solís Magaña, Raúl Antonio Aguilar Vera, Julio César Díaz Mendoza

Facilidad de evolución y mantenimiento de software: una revisión de la literatura
Mario Dorantes Hernández, María Karen Cortés Verdín, Ángeles Arenas Valdés, Ángel J. Sánchez García

Diseño de una aplicación móvil para el apoyo a la prevención de la muerte súbita C8-11
Erick Rafael López Vázquez, Oscar Mario Rodriguez Elias, Eduardo Antonio Hinojosa Palafox, Rosalía del Carmen Gutierrez Urquidez, Hazael Gómez Encinas

Computación e Informática

Evaluación de las Emociones y la Satisfacción del Usuario en el Contexto de la Interacción Humano Computadora: Un Mapeo Sistemático

C9-12

Alma Rosa Galindo Monfil, José Rafael Rojano Cáceres, Carmen Mezura Godoy

C10-14

Electrónica

Prototipo Para la Medición de la Luz en Laboratorios y Aulas (PMLLA)

Francisco Javier Quintanilla Moreno, Jose Juan Meza Espinosa, Blanca Lorena Reynoso Gomez

E1-17

Optimización dinámica del rango de direcciones IP mediante el análisis del protocolo DHCP y un algoritmo adaptativo basado en software libre

Dynamic IP address range optimization using DHCP protocol analysis and an open-source software based adaptive algorithm

Gerardo Padilla Lomelí¹

gerardo.lomeli@uaslp.mx

Victor M. Pereda Duarte¹

vpereda@uaslp.mx

Jacobo Sandoval Gutiérrez²

j.sandoval@correo.ler.uam.mx

¹ Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

² Universidad Autónoma Metropolitana Lerma Estado de México, México

Resumen

Uno de los problemas del DHCP es la conectividad, ya que los dispositivos conectados pueden provocar saturación del rango de direcciones IP. El 60% de los dispositivos conectados a una red inalámbrica ocupan una IP durante todo el tiempo de arrendamiento sin ser utilizadas debido a su movilidad entre las redes disponibles. Por tanto, una configuración unificada en el tiempo de arrendamiento y el rango de direcciones IP en cada segmento de red resulta en un uso ineficiente de las IPs. En este trabajo, después de analizar el comportamiento de la conectividad y el desempeño del DHCP de la zona poniente de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, se propone el desarrollo de un modelo de optimización dinámica del DHCP para la asignación de direcciones IP utilizando un algoritmo adaptativo implementado en software libre como solución al problema de saturación en esta Universidad. Los resultados muestran una mejora de la conectividad en redes inalámbricas en un 98% ajustando sus tiempos de arrendamiento y en un 100% gestionando adecuadamente la distribución del rango de direcciones IP en cada segmento de red. Este algoritmo adaptativo funciona como un agente intermedio que inspecciona el comportamiento y rendimiento de DHCP y busca automáticamente una solución inmediata a la saturación de direcciones IP en la subred.

Palabras clave: Desempeño, DHCP, internet, optimización, saturación, tiempo de arrendamiento.

Abstract

One problem with DHCP is connectivity, where connected devices can cause saturation of the IP address range. 60% of the devices connected to a wireless network occupy an IP during the entire lease time without being used due to its mobility between the available networks. Therefore, a unified configuration in the lease time and the range of IP addresses in each network segment results in inefficient use of IPs. In this work, after analyzing the connectivity behavior and performance of DHCP of the west zone of the Universidad Autónoma de San Luis Potosí, we proposed the development of a dynamic optimization model of DHCP for the allocation of IP addresses using an adaptative algorithm implemented in free software as a solution to the saturation problem in this University. The results show an improvement of connectivity in wireless networks by 98% by adjusting their lease times and by 100% by adequately managing the distribution of the IP address range in each network segment. This adaptative algorithm functions as an intermediate agent that inspects the behavior and performance of DHCP and automatically searches for an immediate solution to the IP address saturation in the subnet.

Index Terms: DHCP, lease time, optimization, performance, saturation.

1. Introducción

Hoy en día, las tecnologías inalámbricas se han convertido en una solución para satisfacer las necesidades globales de internet dentro de las instituciones y para la sociedad en general, debido a su portabilidad y compatibilidad, permitiendo el acceso concurrente de grandes cantidades de usuarios. El estudio del comportamiento de las redes inalámbricas que operan en instituciones y centros públicos ha permitido identificar que la saturación de direcciones IP (*Internet Protocol*) es una de las causas que provocan que este servicio sea deficiente [1], Otras causas son el tiempo que una dirección IP está asignada a un dispositivo [2], la movilidad del usuario entre redes, así como el envío persistente de paquetes de datos generados por software malicioso en los dispositivos infectados presentes en la red [3]. Un *router* inalámbrico es una interfaz común utilizada en una red para proporcionar conectividad a internet y realizar la asignación automática de direcciones IP al cliente [4]. Sin embargo, no es capaz de proporcionar una dirección IP al cliente cuando su conjunto de direcciones IP se ha agotado.

El Protocolo de Configuración Dinámica de Host (DHCP) se utiliza para asignar automáticamente la dirección IP y la información de configuración relacionada con el cliente en las Redes de Área Local (LAN). Debido a su conveniencia, el DHCP es ampliamente adoptado en las redes LAN inalámbricas (WLAN) de las universidades y las empresas, donde las redes son de gran escala con muchos dispositivos inalámbricos conectados [5]. Sin embargo, el aumento constante de dispositivos, como computadoras, tabletas, teléfonos y relojes inteligentes en los últimos años, y su frecuente movilidad aumentan la demanda de direcciones IP en las WLAN [6]. Aunque la configuración del servidor DHCP sigue siendo la misma en las WLAN, el comportamiento dinámico de los usuarios de una red inalámbrica, como el patrón de tiempo de conexión y el patrón de movilidad espacio-tiempo, plantea grandes desafíos en el rendimiento del DHCP [5]. Por ejemplo, si el dispositivo de un usuario utiliza una dirección IP en un lugar durante un periodo de tiempo corto y se traslada a otro lugar, su dispositivo puede adquirir una nueva dirección IP, mientras que la dirección IP anterior sigue apartada por el tiempo de arrendamiento asignado. Como resultado, el dispositivo ocupa dos direcciones IP en diferentes subredes durante un cierto periodo de tiempo, provocando el desperdicio de la primera dirección IP asignada. Además, un usuario puede tener varios dispositivos inalámbricos conectados, agravando el desperdicio de direcciones IP [7].

Existen dos parámetros importantes en la configuración del servidor DHCP: el Tiempo de Vida o de arrendamiento de la dirección IP (TTL o *Lease Time*) y el Rango de direcciones IP (*IP pool*). El primero determina el tiempo en que un dispositivo puede utilizar una dirección IP y el segundo determina el número máximo de direcciones IP disponibles para los clientes DHCP [8]. Los estudios consultados han intentado mejorar el rendimiento de DHCP ajustando el tiempo de arrendamiento de IP según los sistemas operativos de los dispositivos móviles [6] o con los patrones de conexión de los usuarios [9]. Sin embargo, si se configura un rango bajo de direcciones IP, el número de direcciones IP no cubrirá la demanda de los usuarios y varios clientes DHCP no podrán obtener una dirección IP para acceder a Internet en horas pico o con mayor afluencia de usuarios. Mientras que, si se configura un tiempo de arrendamiento largo, las direcciones IP se desperdician porque no pueden ser reasignadas mientras no expire su tiempo de arrendamiento [9].

Para hacer frente a los retos causados por el comportamiento dinámico de los usuarios de las redes inalámbricas y la asignación de direcciones IP a sus dispositivos, la principal contribución de esta investigación es el desarrollo de un algoritmo adaptativo para la optimización dinámica del rango de direcciones IP del DHCP basado en software libre, mediante el análisis de rendimiento del DHCP como una solución al problema de la saturación presentada en las subredes gestionadas por los Puntos de Acceso (AP), permitiendo ahorrar direcciones IP y mejorar la utilización de las mismas.

En este trabajo se propone un algoritmo con dos estrategias dinámicas de configuración: el ajuste del tiempo de arrendamiento de la dirección IP y el ajuste de la configuración del rango de direcciones IP. La primera consiste en establecer tiempos de arrendamiento en función del tiempo

de conexión de los usuarios para recuperar la dirección IP a tiempo y reducir los picos de uso de esta; la segunda es ajustar dinámicamente el rango de direcciones IP mediante el uso de subredes de reserva definidas para ampliar o restablecer el número de direcciones IP disponibles en DHCP, basándose en la correlación de movilidad del usuario.

2. El DHCP y su direccionamiento

El DHCP permite que un dispositivo obtenga una dirección IP dinámicamente sin que el administrador de la red tenga que configurar un perfil individual para ese cliente. Todo lo que se requiere es un rango definido de direcciones IP en un servidor DHCP [10]. Los dispositivos conectados se ponen en contacto con el servidor DHCP y solicitan una dirección IP. El servidor DHCP elige una dirección IP y la asigna a ese dispositivo.

El proceso se realiza cuando un cliente DHCP entra en un estado de inicialización, este envía mensajes de difusión DHCPDISCOVER, que son paquetes UDP (Protocolo de Datagramas de Usuario) con el número de puerto establecido que permite el envío de datagramas de forma rápida en redes IP sin establecer una conexión previa con el servidor. Una vez enviados los paquetes DHCPDISCOVER, el cliente pasa al estado de selección y recoge las respuestas DHCPPOFFER del servidor DHCP. El cliente selecciona la primera respuesta que recibe y negocia el tiempo de arrendamiento con el servidor DHCP enviando un paquete DHCPREQUEST. El servidor DHCP acusa de recibo de la solicitud del cliente con un paquete DHCPACK. El cliente puede ahora entrar en el estado vinculado y empezar a usar la dirección IP [11]. La Figura 1 resume los mensajes de una petición de DHCP, es decir, especifica un método para configurar dinámicamente los parámetros de red necesarios para que un sistema pueda comunicarse efectivamente. El sistema operativo de código abierto FreeBSD2 utiliza la implementación de DHCP proporcionada por el *Internet Software Consortium* (ISC), de tal forma que la información relativa a la configuración de DHCP se basa en la distribución proporcionada por el ISC [12].

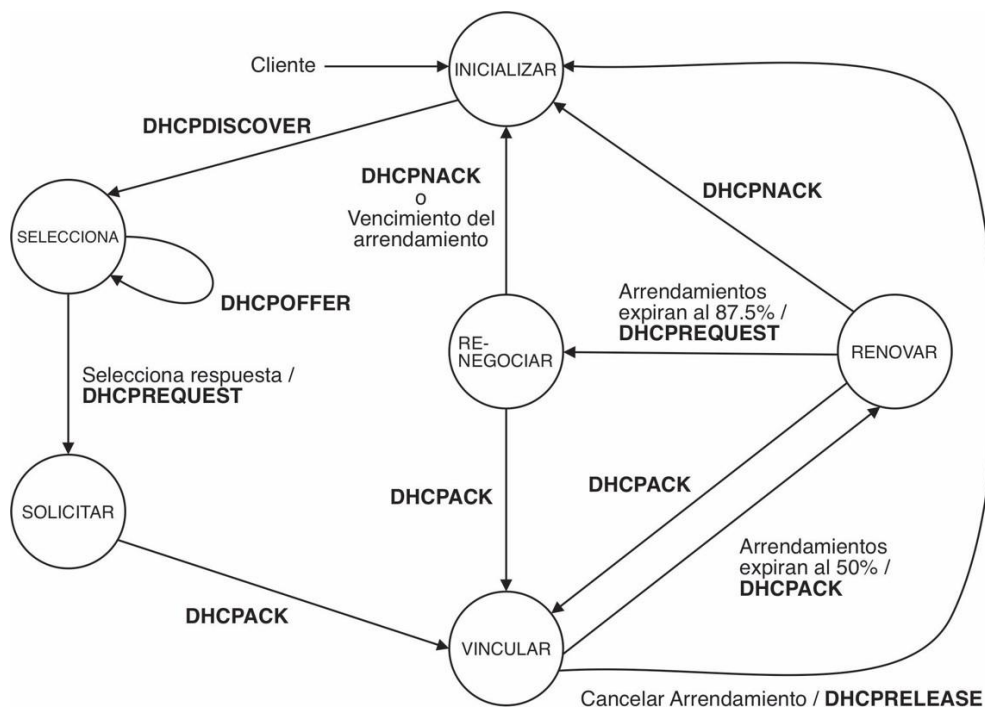


Figura 1. Diagrama de estados del formato básico de un mensaje de solicitud de dirección IP del DHCP.

Cuando el cliente de DHCP se ejecuta, este comienza a enviar peticiones *broadcast* solicitando información de configuración. Por defecto, estas peticiones se realizan contra el puerto UDP 68, el cual provee un servicio poco fidedigno y datagramas que pueden duplicarse, descomponerse o perderse durante el envío. El servidor responde a través del puerto UDP 67, proporcionando al cliente una dirección IP junto con otros parámetros relevantes para el funcionamiento correcto del sistema en la red, como: la máscara de red, el router de salida por defecto y los servidores de DNS [13]. Toda esta información asignada es válida solo durante un determinado periodo de tiempo. De esta forma, las direcciones IP asignadas a clientes que ya no se encuentran conectados a la red pueden ser reutilizadas solamente al expirar el periodo de tiempo establecido.

La configuración del DHCP se compone de un conjunto de declaraciones que hacen referencia a clientes y subredes (/usr/local/etc/dhcpd.conf), por ejemplo:

```
subnet 10.103.16.0 netmask 255.255.255.0
{
    option routers 10.103.16.1;
    option domain-name-servers 140.234.17.26;
    default-lease-time 3600;
    range 10.103.16.11 10.103.16.254;
}
```

Donde se especifica la dirección de la subred asignada al router, el tiempo de vida o arrendamiento por defecto para las direcciones IP de la subred y el rango de direcciones IP disponibles para ser asignadas a los clientes. Para esta investigación, la Tabla 1 muestra un ejemplo de las subredes principales definidas en el archivo de configuración del DHCP, y la subred de reserva adyacente superior, indispensable para el ajuste del rango de direcciones IP de la subred. Las subredes de reserva son segmentos de red no asignados y disponibles para incrementar el tamaño de una subred principal cuando presente sobrecarga o saturación.

Subred base	Subred de reserva	Hosts	Nueva máscara	Rango de direcciones IP	Nvos. Hosts
10.103.10.0/24	10.103.11.0	243	10.103.10.0/23	10.103.10.11 – 10.103.11.254	497
10.103.16.0/24	10.103.17.0	254	10.103.16.0/23	10.103.16.1 – 10.103.17.254	508
10.103.23.0/24	---	254	---	10.103.23.1 – 10.203.23.254	---
10.103.50.0/24	10.103.51.0	244	10.103.50.0/23	10.103.50.10 – 10.103.51.254	498
...					

Tabla 1. Direccionamiento de las subredes principales y la definición de las subredes adyacentes superiores de reserva para el incremento de del pool de direcciones IP.

3. La metodología

El análisis y evaluación del rendimiento del DHCP se basan en conjuntos de datos recogidos en la red inalámbrica del campus a gran escala, es decir, la Zona Poniente (ZP) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), la cual cuenta con más de 33,000 usuarios individuales en sus diferentes entidades académicas y administrativas [14]. Como se muestra en la Figura 2, la UASLP está gestionada por un servidor DHCP. El servidor controla una gran cantidad de Puntos de Acceso (AP) en los diferentes edificios del campus y estos AP comparten el conjunto de direcciones IP asignadas por el servidor DHCP. Cuando un dispositivo se conecta a la red inalámbrica, primero inicia una petición de conexión al servidor DHCP para obtener una dirección IP. Después, necesita comunicarse con el servidor de autenticación para validar la identidad del usuario antes de acceder a Internet. Para este trabajo, se utilizaron los datos recogidos para el día

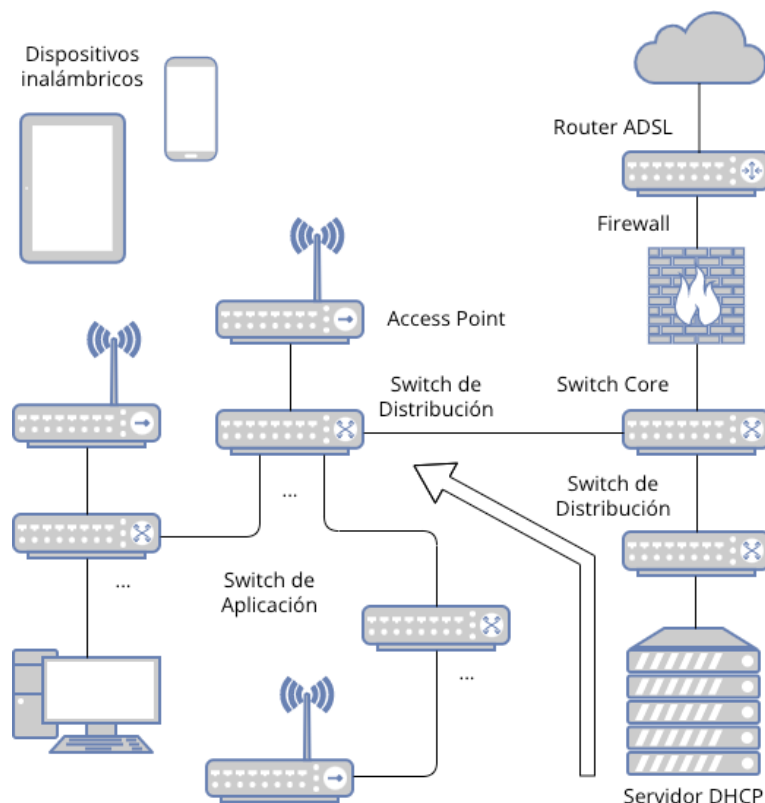


Figura 2. Arquitectura de la red y servidor DHCP de la UASLP.

3.1. Conjuntos de datos

En este trabajo se utilizaron principalmente dos tipos de datos: los registros de peticiones del DHCP (logs) y los registros de arrendamientos IP que han sido asignados [15].

Registros DHCP. Estos registros son generados por el servidor DHCP y registran las acciones del servidor en respuesta a las peticiones de los clientes. Hay más de 1,500,000 entradas en los registros en un día con alta actividad en ZP. Cada entrada registra la hora de un mensaje, la dirección IP y la dirección MAC (Media Access Control, por sus siglas en inglés) de un cliente. Además, también incluye algunos atributos importantes como la descripción del tipo de mensaje DHCP descritos en la Figura 1, el nombre del host de un cliente DHCP, los usuarios pueden personalizar cadenas significativas como los nombres de sus dispositivos y suele contener algunas palabras que pueden utilizarse para identificar el tipo de dispositivo, y la clase de proveedor que proporciona un valor identificador con algunas pistas del sistema operativo del dispositivo [16], por ejemplo:

```

Apr 3 13:58:46 dhcp: DHCPREQUEST for 10.116.65.10
from ac:84:c6:ed:2c:bd (TL-WR840) via bge0
Apr 3 13:58:46 dhcp: DHCPACK on 10.116.65.173 to ac:
84:c6:ed:2c:bd (TL-WR840N) via bge0
Apr 3 13:58:46 dhcp: DHCPREQUEST for 10.116.65.232
from d8:9e:f3:43:38:88 (F1PC6) via bge0
Apr 3 13:58:46 dhcp: DHCPACK on 10.116.65.232 to d8:
9e:f3:43:38:88 (F1PC6) via bge0
Apr 3 23:58:54 dhcp: DHCPREQUEST for 10.116.67.212
from 5c:f9:dd:6c:5b:64 (ulises-Latitude)|
Apr 3 23:58:54 dhcp: DHCPACK on 10.116.67.212 to 5c:
f9:dd:6c:5b:64 (ulises-Latitude) via bge0

```

Registros de arrendamiento IP. El servidor DHCP mantiene una base de datos persistente de arrendamientos IP que han sido asignados. Esta base de datos es un archivo ASCII de formato libre que contiene una serie de declaraciones de arrendamiento IP. Cada vez que un contrato de arrendamiento es adquirido, renovado o liberado, su nuevo valor se registra al final del archivo, con la siguiente estructura:

```

lease 10.116.65.153
{
starts epoch 1666184; # Wed Oct 19 08:09:17 2022
ends epoch 1666188; # Wed Oct 19 09:09:17 2022
tstp epoch 1666188; # Wed Oct 19 09:09:17 2022
cltt epoch 1666185; # Wed Oct 19 08:10:03 2022
binding state active;
hardware ethernet b0:73:5d:b3:7d:a5;
uid "\001\260s]\263}\245";
set vendor-class-identifier = "HUAWEI:android";
}

```

Las descripciones de arrendamiento se almacenan en un formato que es validado por el mismo analizador descendente recursivo utilizado para leer los archivos de configuración del DHCP. Estos archivos pueden contener declaraciones de arrendamiento, declaraciones de grupo y subgrupo, declaraciones de host y declaraciones de estado de conmutación por error [10]. Si bien los formatos del archivo de arrendamiento para DHCPv4 y DHCPv6 son diferentes, estos comparten muchas declaraciones y estructuras comunes.

Cada declaración de arrendamiento incluye solo una dirección IP que ha sido asignada al cliente [16]. La hora de inicio y finalización de un contrato de arrendamiento se registran mediante las sentencias **starts** y **ends**. La sentencia **tstp** está presente si se está utilizando el protocolo de conmutación por error, e indica a qué hora se le ha comunicado al cliente el vencimiento del contrato de arrendamiento. La sentencia **cltt** es la hora de la última transacción del cliente. La sentencia **hardware** registra la dirección MAC de la interfaz de red en la que se utilizará la dirección IP asignada. La sentencia **uid** registra el identificador de cliente si este ha sido enviado por el mismo. La sentencia **binding state** declara el estado de vinculación del contrato de arrendamiento. Cuando el servidor DHCP no está configurado para utilizar el protocolo de conmutación por error, el estado de vinculación de un contrato de arrendamiento de una dirección IP puede ser activo, libre o abandonado; permitiendo identificar a los dispositivos presentes en la red.

3.2. Asignación dinámica de direcciones IP

La metodología de investigación se expone en tres aspectos, es decir, el algoritmo de recolección de datos para el cálculo del tiempo de monitoreo, el algoritmo de monitoreo y ajustes en la configuración de subredes administradas por el DHCP, y las partes del sistema en línea de monitoreo propuesto

3.2.1. Fase 1: Tiempo de monitoreo

Conociendo el número de dispositivos conectados en cierto periodo de tiempo, así como los segmentos con mayor tasa de saturación, se pueden definir criterios para la toma de decisiones, el tiempo que se empleará para monitorear el estado actual de cada segmento de red. Para el cálculo del tiempo de monitoreo de las subredes se consideran las variables que influyen en la dinámica de peticiones de conexión, así como la asignación o denegación de direcciones IP en un lapso determinado, tales como: el número de segmentos saturados, el rango de direcciones IP de la subred, el número de peticiones recibidas y el tiempo que tarda en saturarse cada segmento de red. Entre más tráfico de conectividad se registra en el archivo de registros del DHCP, se asume que existen varios segmentos de red saturados, dando como resultado un tiempo de monitoreo corto que permitirá realizar los ajustes necesarios a la configuración de la subred; si el tráfico de conectividad es bajo, el tiempo de monitoreo deberá ser más largo, ahorrando costos de cómputo.

3.2.2. Fase 2: Algoritmo adaptativo de monitoreo y configuración dinámica de direcciones IP

Ya que existe un comportamiento de movilidad de los usuarios de Wifi, se propone un algoritmo inteligente que combina dos estrategias de configuración en el servidor DHCP: la configuración del tiempo de arrendamiento IP adaptable y la configuración del rango de direcciones IP. La primera estrategia consiste en reducir el tiempo de arrendamiento IP en las subredes con mayor cambio en su patrón de movilidad del usuario y de esta forma reducir el pico de uso de direcciones IP en zonas con mayor afluencia. La segunda estrategia consiste en configurar dinámicamente la reserva de direcciones IP en cada segmento de red, basándose en la correlación espacio-tiempo de la movilidad del usuario.

El algoritmo adaptativo comprueba la asignación de direcciones IP del rango de direcciones disponibles y su tiempo de arrendamiento. Este método de equilibrio de carga aplica la modificación sin cambiar el comportamiento original del protocolo. Analógicamente, es un agente intermedio que se encarga de inspeccionar el comportamiento y rendimiento de DHCP y buscar la solución inmediata a la saturación de direcciones IP en la subred.

La Figura 3 muestra el flujograma del algoritmo adaptativo propuesto para optimizar la asignación dinámica de direcciones IP de DHCP. El proceso de monitoreo comienza al reiniciar el servicio de DHCP para obtener una carga de asignaciones con la configuración inicial del servidor de DHCP y el tiempo de monitoreo inicial (T_m). Se definen dos conjuntos de datos: el primero $*a$ para el control de persistencia en la configuración del segmento, y el segundo $*e$ para la generación de estadísticas de rendimiento del DHCP.

El algoritmo propuesto verifica cada tiempo T_m el estado actual de las subredes en el DHCP, siendo estas de clase C con máscara de subred de 24 bits y de clase B (23 bits) según la segmentación de reserva aplicada, donde para una subred el rango de direcciones IP disponibles puede estar entre la dirección 1 y la 254, debido a que toda subred debe tener su propia dirección de red y su propia dirección de *broadcast*. Para cada subred se obtiene el rango de direcciones IP disponibles (n), el tiempo de arrendamiento IP (TTL) y la subred de reserva. Mediante un subproceso se realiza la búsqueda de los arrendamientos IP activos asignados (x).

Teniendo la información de la subred y sus arrendamientos IP activos, el algoritmo identifica si el segmento presenta situación de saturación y se validan los posibles casos de ajuste, que se describen a continuación:

1. Si el total de arrendamientos activos es igual al total de direcciones IP disponibles, se requiere ajuste por saturación; si no, se lleva un conteo de las validaciones donde la subred mantiene el último ajuste en su configuración. Cuando la subred supera el máximo de validaciones definidas (N) sin cambios en su última configuración, indica que no se ha presentado saturación; por tanto, se restablece a su configuración inicial.
2. Si el tiempo de arrendamiento IP actual puede ser reducido en un tiempo definido (D), el cual puede ser expresado como sigue:

$$(T_a \mid 0 < T_a \leq T_i, T_a \in T_i - mD, n \in N)$$

donde T_a es el tiempo de arrendamiento actual en el segmento, el cual es estrictamente mayor que 0 y menor al tiempo de arrendamiento inicial T_i , siendo T_a parte del conjunto de los posibles elementos obtenidos por los valores enteros de m , tal que m es el número de veces que puede reducir T_a , en intervalos de D segundos.

Si consideramos un tiempo de reducción $D=900$ segundos y un tiempo de arrendamiento inicial $T_i=3600$ segundos, el número de veces que se puede reducir el tiempo de arrendamiento IP de la subred inicial es igual a 3. Este planteamiento proporciona una base para comprender cómo el tiempo de arrendamiento de una dirección IP en un segmento de red puede ajustarse dinámicamente en función de ciertos parámetros predefinidos. Para este caso, los tiempos de arrendamiento para las m reducciones están dados por:

	$T_a = T_i - mD$	
$m=1$:	$T_a = 3600 \text{ seg} - 1 (900) = 2700 \text{ seg}$	1a. reducción
$m=2$:	$T_a = 3600 \text{ seg} - 2 (900) = 1800 \text{ seg}$	2a. reducción
$m=3$:	$T_a = 3600 \text{ seg} - 3 (900) = 900 \text{ seg}$	3a. reducción
$m=4$:	$T_a = 3600 \text{ seg} - 4 (900) = 0 \text{ seg}$	4a. reducción no válida

Este modelo de asignación de direcciones IP es capaz de calcular el uso de direcciones IP con diferentes configuraciones de tiempo de arrendamiento, al considerar el tiempo de conexión del usuario y las áreas con mayor demanda de IP. Como resultado, es posible elegir la configuración del tiempo de arrendamiento de las direcciones IP en función de la cantidad de usuarios conectados y las limitaciones del servidor DHCP. Esta capacidad facilita la liberación de direcciones asignadas a usuarios que ya no están presentes en la red, lo que evita la ocupación innecesaria de direcciones IP, permitiendo que estas puedan ser reclamadas por otros clientes de la red.

La representación en pseudocódigo para la reducción del tiempo de arrendamiento IP de una subred es la siguiente:

Entrada: ipRed, m, D

Salida: n_TTL

```
    a_TTL ← 0                                tiempo de arrendamiento actual
    n_TTL ← 0                                nuevo tiempo de arrendamiento
    linea ← cadena[N]                        línea de texto
    archivo ← abrir_archivo ('dhcpd.conf')   abrir en modo lectura/escritura
    partes ← array[N]                       separar palabras de la línea

    si archivo ≠ NULL entonces               si se pudo abrir el archivo
        linea ← leer_linea (archivo)

        mientras linea ≠ EOF hacer           mientras no es fin del archivo
            si "subnet" ∧ ipRed ∧ "{" ⊆ linea entonces
                linea ← leer_linea (archivo)

                mientras "{" ⊄ linea hacer
                    si "default-lease-time" ⊆ linea entonces
                        partes ← separar_espacios (linea)
                        a_TTL ← entero (partes [2])
                        n_TTL ← a_TTL - m * D
                        si n_TTL > 0 entonces
                            escribir_linea ("default-lease-time", n_TTL, ";\n", archivo)
                            romper mientras
                        fin si
                    fin si
                linea ← leer_linea (archivo) |
            fin mientras
        fin si
    fin mientras
    cerrar_archivo (archivo)
fin si
```

3. Si el tiempo de arrendamiento de la subred no se puede reducir más y se tiene definido un segmento adyacente de reserva para la subred, el objetivo es sumar el rango de direcciones IP disponibles del segmento de reserva a la subred y de esta forma ampliar el rango de direcciones disponibles, para esto se debe considerar lo siguiente:
- El subneteo permite dividir una red IP física en subredes lógicas más pequeñas. Cada una de estas trabaja a nivel de envío y recepción de paquetes como una red individual, aunque todas pertenezcan a la misma red física y al mismo dominio.
 - Las direcciones IP están compuestas por 32 bits divididos en 4 octetos de 8 bits cada uno. A su vez, un bit o una secuencia de bits determinan la clase a la que pertenece la dirección IP. Cada clase de una dirección de red determina una máscara por defecto, un rango IP, cantidad de redes y de *hosts* por red.
 - La máscara de subred se divide en dos partes: la primera es la porción de red que indica la parte de la dirección IP que va a ser común a todos los *hosts* de la subred, y la segunda es la porción de host que indica qué parte de la dirección IP se usa para asignar direcciones de *host*.

Cuando la declaración de la subred en el archivo de configuración contiene el parámetro "#reserve-subnet" con un valor de 1, indica que la subred actual puede hacer uso de la subred de reserva adyacente superior, reservada para ampliar su rango de direcciones IP disponibles.

Por ejemplo, dada la siguiente dirección de subred clase C: 10.103.16.0/24 con un rango de 243 direcciones IP disponibles, su máscara de subred se define como 255.255.255.0, donde los tres primeros octetos identifican la porción de red y el cuarto octeto identifica la porción de *hosts*, y una subred adyacente de reserva clase C: 10.103.17.0/24 con un rango de 253 direcciones IP disponibles de 10.103.17.2 a 10.103.17.254, al incrementar el rango de direcciones es necesario hacer uso del tercer octeto para la porción de *hosts* dando como resultado una red de clase B de 23 bits con la máscara de subred 255.255.254.0. La nueva configuración de la subred con un rango de 496 (243 + 253) direcciones IP disponibles se establece como:

```
subnet 10.103.16.0 netmask 255.255.254.0
{
    option routers 10.103.16.1;
    option domain-name-servers 140.234.17.26;
    default-lease-time 3600;
    range 10.103.16.11 10.103.17.254;
    #reserve-subnet 1
}
```

La representación en pseudocódigo para calcular la nueva máscara de subred y obtener la última dirección IP necesaria para ampliar el rango de direcciones IP de la subred es la siguiente:

```

Entrada: ipRed
Salida: n_TTL
r_subnet ← 0
rango ← array[2]
línea ← cadena[N]
archivo ← abrir_archivo('dhcpd.conf')
partes ← array[N]

si archivo ≠ NULL entonces
    línea ← leer_línea(archivo)

    mientras línea ≠ EOF hacer
        si "subnet" ∧ ipRed ∧ "{" ⊆ línea entonces
            línea ← leer_línea(archivo)

            mientras "}" ∉ línea hacer
                si "range" ⊆ línea entonces
                    partes ← separar_espacios(línea)
                    octetos1 ← cadena_a_vector(partes[2])
                fin si

                si "#reserve-subnet" ∧ "1;" ⊆ línea entonces
                    octetos2 ← cadena_a_vector(ipRed)

                    si octetos1[3] = octetos2[3] entonces
                        rango ← nueva_mascara(ipRed, 23)
                        escribir_línea("range ", rango[0], " ", rango[1], ";\n", archivo)
                        romper_mientras
                    fin si
                fin si

            línea ← leer_línea(archivo)
        fin mientras
    fin si

    cerrar_archivo(archivo)
fin si

```

parámetro reserve-subnet
nuevo rango de direcciones IP
línea de texto
abrir en modo lectura/escritura
separar palabras de la línea
si se pudo abrir el archivo
mientras no es fin del archivo

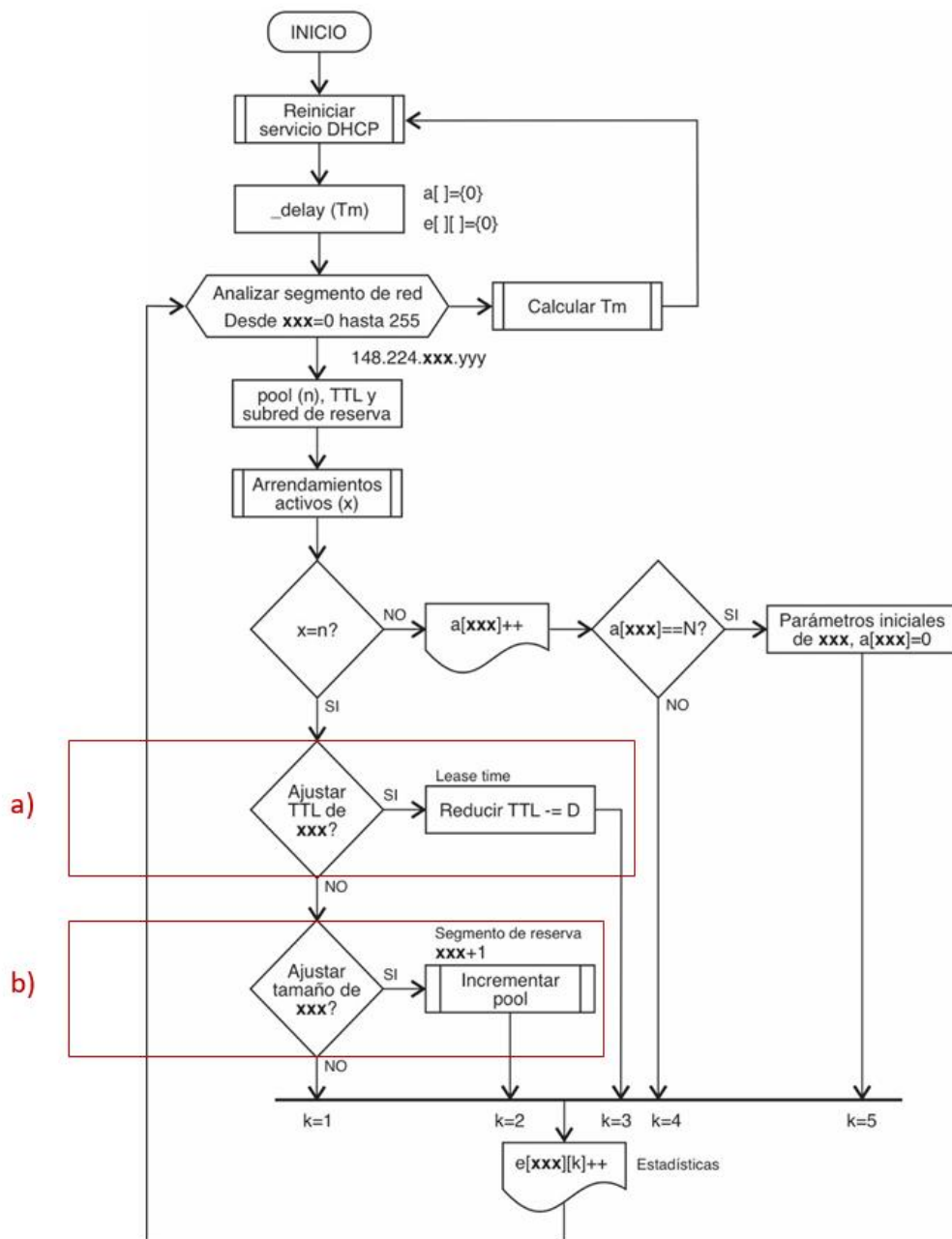


Figura 3. Flujograma del algoritmo adaptativo propuesto para el monitoreo de las subredes y la resolución al problema de saturación en los segmentos de red, donde a) Reducción del tiempo de arrendamiento en un factor D . b) Incremento del pool de direcciones utilizando una subred de reserva adyacente.

Todos los posibles resultados obtenidos por el algoritmo de optimización son registrados para el cálculo de desempeño del servidor de DHCP, donde el valor de k representa el estado obtenido a la solución propuesta por el algoritmo, como: 1. Subredes con saturación sin solución. 2. Subredes con segmentos de reserva y ajuste en su rango de direcciones. 3. Subredes con TTL reducido. 4. Subredes sin cambios en su configuración, y 5. Subredes restablecidas a su configuración inicial.

Estos registros detallados del estado resultante proporcionan una visión integral de cómo la aplicación del algoritmo afecta la operatividad y la eficiencia del servidor DHCP, permitiendo una evaluación exhaustiva de su desempeño y una comprensión profunda de los impactos generados por las soluciones propuestas.

Este algoritmo de optimización propuesto se desarrolló mediante scripts en Lenguaje PHP, Javascript y comandos internos y externos del sistema operativo UNIX que permiten una forma flexible de trabajar con la configuración del DHCP desde la interfaz de monitoreo.

3.2.3. Fase 3: Sistema en línea de monitoreo del DHCP

Se desarrolló una herramienta de monitoreo para web llamada **Subnet.monitor** (SM) que supervisa de forma activa el rendimiento del DHCP de las redes inalámbricas de ZP. SM automatiza el proceso de detección de problemas relacionados con la asignación dinámica de direcciones IP en las subredes, permitiendo alertar adecuadamente a los administradores de red y aplicar dinámicamente una posible solución. SM monitorea los registros de mensajes generados en el servidor DHCP (logs) y sus registros de arrendamiento IP para generar informes en tiempo real sobre el estado actual del espacio de direcciones de una subred y el desempeño del servidor DHCP, identificando aquellas subredes con problemas de saturación en su rango de direcciones IP y realizar el ajuste necesario en el tiempo de arrendamiento o el ajuste en el rango de direcciones disponibles en la subred.

Una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) es una herramienta versátil que muestra y configura los parámetros del algoritmo inteligente y su optimización en tiempo real. La Figura 4 muestra la GUI, la cual está organizada en cinco secciones principales que se describen a continuación:

1. Modelo 3D del campus de ZP de la UASLP, identifica de forma visual la ubicación geográfica y el edificio donde se encuentra el AP con problemas de saturación. Para este trabajo, se analizó la información generada por el servidor DHCP en las diferentes entidades académicas del campus.
2. Menú de opciones del sistema para la selección del campus a monitorear, iniciar/detener el sistema de monitoreo, mostrar/ocultar línea de comandos (consola de entrada), y configuración de subredes y propiedades del DHCP.
3. Consola de salida para la visualización en tiempo real de los mensajes generados por las peticiones DHCP (logs).
4. Gráfica de comportamiento y rendimiento del servidor de DHCP.
5. Consola de entrada para la ejecución de comandos de control, como: **show** <entidad> <edificio> ubica el modelo 3D en un punto campus y muestra el estado actual de la subred, **reboot** restablece los parámetros de las subredes a su configuración inicial, **ttl** <subred> <valor> ajusta manualmente el tiempo de arrendamiento IP de una subred, y **pool** <{add | del}> <subred> <subnet_reserva> agrega o quita manualmente la subred de reserva definida en la configuración. Si se tiene definida una subred de reserva para la subred especificada, se incrementa el rango de direcciones disponibles en DHCP, en caso contrario regresa error.

Además de utilizar SM para monitorear el uso de direcciones IP y rendimiento del DHCP, la funcionalidad principal de SM puede ampliarse para proporcionar soluciones temporales de forma automática o manual cuando surge un problema crítico de saturación, ajustando los tiempos de arrendamiento IP para evitar el agotamiento del conjunto de direcciones IP disponibles, o ajustar el conjunto de direcciones, toda vez que no se tengan direcciones IP disponibles para asignar al cliente.

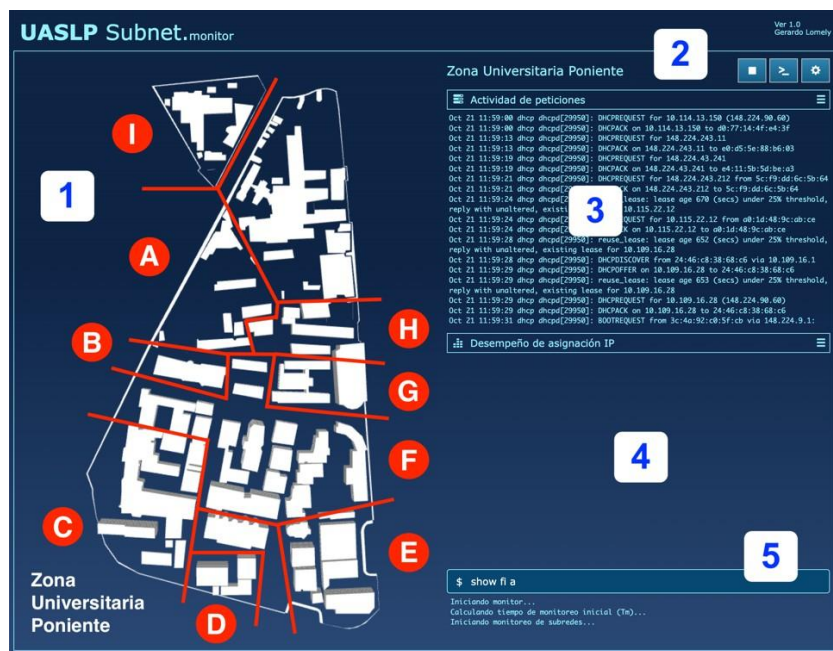


Figura 4. Interfaz gráfica de usuario del sistema en línea de monitoreo de subredes para el campus de la zona poniente de la UASLP.

La Figura 5 muestra un ejemplo del funcionamiento del sistema de monitoreo. SM revisa cada cierto T_m el estado actual de las subredes definidas en DHCP, verifica el número de arrendamientos asignados y determina si un segmento de red requiere un ajuste en su configuración. La nueva configuración es aplicada toda vez que se hayan revisado la totalidad de subredes configuradas en el DHCP.

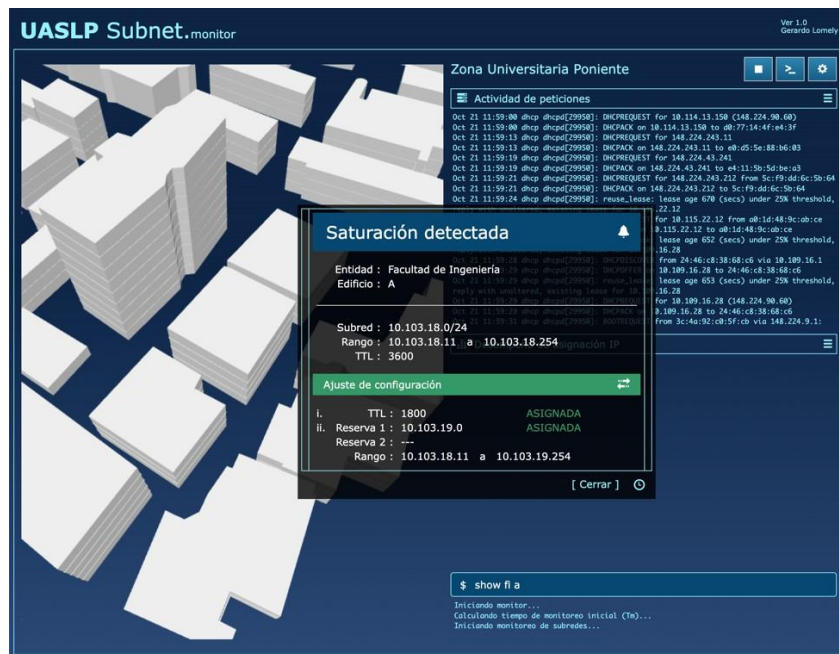


Figura 5. Alerta de detección y corrección de saturación en una subred de DHCP.

4. Resultados y discusión

Para conocer el rendimiento del algoritmo adaptativo en diferentes entornos de red, se realizaron diversos experimentos utilizando un procesador con una velocidad de procesamiento de 0.2 ns por instrucción para calcular los tiempos de ejecución del algoritmo adaptativo propuesto. Estos experimentos consideraron obtener los tiempos de ejecución de un solo segmento de red hasta el número total de subredes de la ZUP, que actualmente asciende a 388 segmentos de red. La metodología de los experimentos incluyó la simulación del monitoreo de las subredes y la generación aleatoria de situaciones de saturación. Los tiempos obtenidos se presentan en la Figura 6, mostrando un comportamiento lineal del algoritmo en el tiempo de ejecución en relación con el tamaño de la entrada.

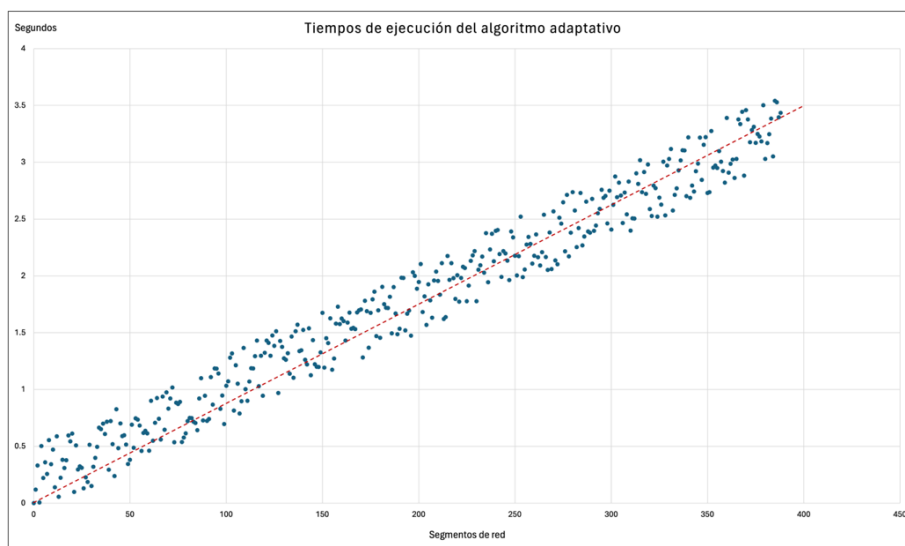


Figura 6. Tiempos de ejecución obtenidos al aplicar el algoritmo adaptativo para monitorear y resolver problemas de saturación desde una subred hasta 388 subredes.

Para cada uno de los segmentos analizados, se obtuvo un tiempo de ejecución que se ve afectado por diversos factores, el tiempo que la CPU del servidor dedica específicamente a ejecutar el algoritmo adaptativo, este período de tiempo constituye una parte crucial de la medición, refleja directamente la eficiencia y el rendimiento del algoritmo en el entorno de ejecución proporcionado.

Para verificar el funcionamiento correcto del algoritmo adaptativo propuesto, se realizaron dos simulaciones utilizando los datos de peticiones de conectividad almacenados en los registros del DHCP (logs) como datos de entrada, permitiendo que el algoritmo inteligente modifique y ajuste los parámetros de configuración de las subredes analizadas.

La primera simulación consistió en comprobar la mejora de la disponibilidad de una de las subredes con mayor afluencia de usuarios, es decir, el número de clientes conectados en un día ordinario, para identificar las horas con mayor demanda de conectividad y saturación en el rango de direcciones IP. La Figura 7 muestra el comportamiento de asignación dinámica de direcciones IP con un tiempo de arrendamiento fijo de 3600 segundos en la red 10.115.34.0/24 con saturación y sobrecarga de mensajes en horas pico (zona sombreada), en donde persiste el registro de 245 usuarios en un lapso de 90 minutos.



Figura 7. Saturación del rango de direcciones IP de la subred 10.115.34.0/24 del día 1.

El cambio en la funcionalidad del servidor DHCP utilizando el algoritmo inteligente supera el problema de disponibilidad en un nivel del segmento de red, reduciendo el tiempo de arrendamiento a 1800 segundos. La Figura 8 muestra que la reducción del tiempo de arrendamiento en un factor aceptable D incrementa el uso del espacio de direcciones durante los periodos de baja demanda, pero no incrementa sustancialmente el uso del espacio de direcciones en los picos sobre los tiempos fijos de arrendamiento de 1800 segundos, presumiblemente porque también se pueden reclamar rápidamente los arrendamientos para los clientes que son transitorios. La reducción del tiempo de arrendamiento en las direcciones de una subred es la estrategia que hace más eficiente el uso del rango de direcciones, alcanzando una mejora del 98% de direcciones IP asignadas, ya que se puede apreciar que en lapsos de 3 a 10 minutos se observa saturación de forma intermitente.

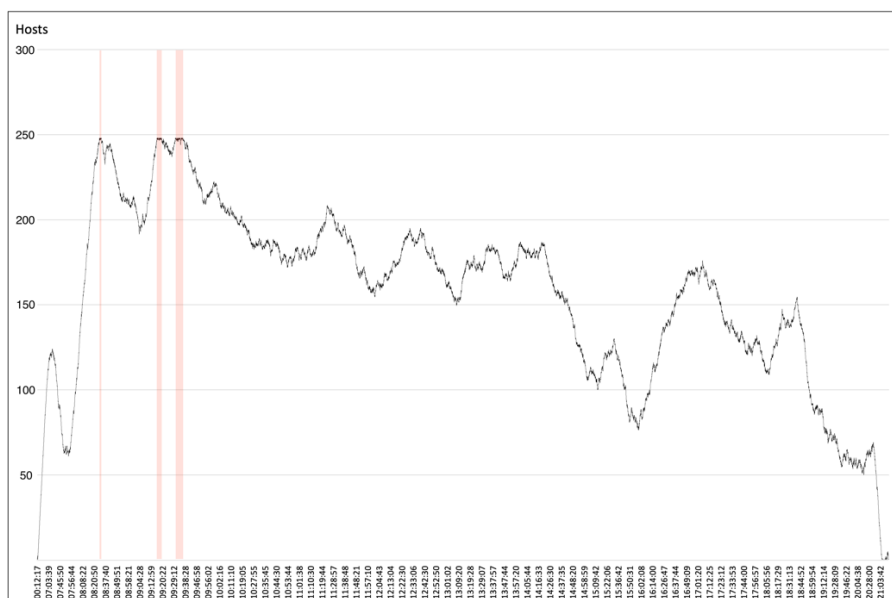


Figura 8. Ajuste del tiempo de arrendamiento a 1800 segundos en la subred 10.115.34.0/24 del día 1.

Para la segunda simulación se seleccionaron datos que correspondieron al día de mayor grado de saturación persistente en horas pico, con el fin de comprobar la mejora de la disponibilidad de la subred que durante un lapso de 165 minutos mostró mayor saturación como se observa en la zona sombreada de la Figura 9.

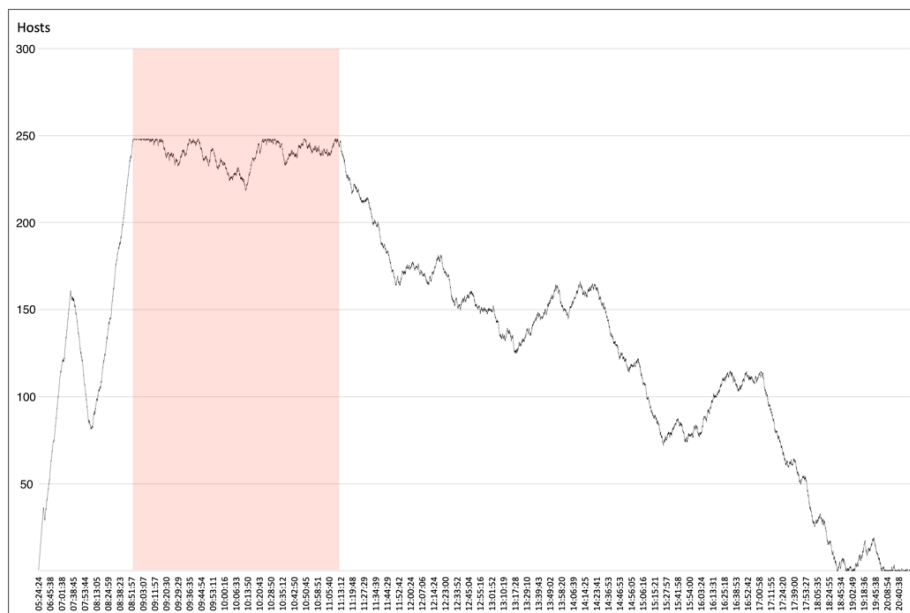


Figura 9. Saturación del rango de direcciones IP de la subred 10.115.34.0/24 del día 2.

En esta ocasión, el cambio en la funcionalidad del servidor DHCP consiste en aumentar el número de direcciones IP mediante el uso de una subred de reserva que permitió mitigar la saturación en un 100%, como muestra la Figura 10. Previo al subneteado, el número de direcciones disponibles fue de 250; al agregar la subred de reserva, se puede duplicar la disponibilidad de direcciones IP. Esta segunda estrategia presenta la ventaja de no haber momentos de saturación en comparación con la estrategia de la reducción de tiempo de arrendamiento, sin embargo, es apreciable que el máximo de solicitudes recibidas en esta subred fue de 288, que es muy inferior al total de direcciones IP disponibles, lo que representa un desperdicio de direcciones IP. Por lo tanto, esta segunda estrategia presenta esta desventaja.

La interfaz gráfica de usuario desarrollada permite monitorear todas las subredes configuradas en el servidor DHCP, permitiendo detectar de manera rápida problemas de saturación en el rango de direcciones IP de una subred y alertar de forma visual al administrador de red sobre la saturación presentada y el ajuste que se aplicó automáticamente para solucionar el problema (reducción del tiempo de arrendamiento o incremento del rango de direcciones IP mediante el uso de la subred de reserva). Entre sus características está la complejidad algorítmica utilizada para determinar su eficiencia, su confiabilidad en la resolución del problema, su facilidad de uso al ser un sistema intuitivo, y su facilidad de configuración y de mantenimiento. En este sentido, los atributos de ubicuidad, disponibilidad y flexibilidad, propios de los sistemas web, la convierten en una solución perfecta para el monitoreo de las diferentes subredes de una institución. El usuario, además de visualizar su funcionamiento automático, puede también utilizar la funcionalidad de la consola para monitorear y configurar de forma manual el estado de disponibilidad de una subred.



Figura 10. Ajuste del rango de direcciones IP con subred de reserva para la subred 10.115.34.0/23 del día 2.

5. Conclusiones

A pesar del uso generalizado del DHCP y de la importancia de configurar adecuadamente los recursos de la red, como el tiempo de arrendamiento y el rango de direcciones IP, las violaciones e ineficiencias en la asignación de direcciones son frecuentes en entornos relativamente abiertos. Los métodos actuales fluctúan al proporcionar una solución a uno de los problemas inherentes al DHCP, la saturación de direcciones IP en una asignación dinámica. Este trabajo da un paso más hacia la desmitificación de este proceso con tres contribuciones principales: se realizó un estudio de los patrones de uso del DHCP en una red del campus universitario con mayor afluencia de usuarios conectados para identificar las horas pico y la sobrecarga de peticiones de conectividad en un día ordinario, considerando que la movilidad y la concentración de usuarios pueden analizarse utilizando los registros del servidor DHCP, se observó que los hábitos de los usuarios pueden analizarse mediante la distribución temporal de sus dispositivos inalámbricos, y que el tiempo en línea de los dispositivos inalámbricos es inferior al tiempo de arrendamiento asignado; por lo anterior, se desarrolló un algoritmo inteligente para analizar el comportamiento de las subredes e identificar aquellas con problemas de saturación aplicando automáticamente dos soluciones posibles: la primera consiste en disminuir en un factor aceptable el tiempo de arrendamiento de las direcciones IP, y la segunda consiste en aumentar el rango de direcciones IP mediante el uso de una subred de reserva adyacente superior definida para cada subred, aplicando esta segunda solución cuando ya no es posible reducir el tiempo de arrendamiento; y se implementó una herramienta visual para ayudar a los administradores de red a monitorear el estado actual y los cambios aplicados en la red.

Los resultados de las pruebas realizadas muestran que los métodos de ajuste propuestos representan una mejora notable en la disponibilidad y asignación dinámica de direcciones IP a los clientes DHCP, mejorando la conectividad en un 98% al disminuir el tiempo de arrendamiento y en un 100% al aumentar la disponibilidad de direcciones IP. Estas técnicas presentadas podrían aplicarse a cualquier red con DHCP de gran escala.

Bibliografía

- [1] Vladimir Brik, Jesse Stroik, Suman Banerjee, "Debugging DHCP Performance", Association for Computing Machinery (AMC). Proceedings of the 2004 ACM SIGCOMM Internet Measurement Conference, 2004, pp. 257-262. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1028788.1028822>
- [2] W. A. Syafei, Y. A. A. Soetrisno, and A. B. Prasetijo, "Simple Smart Algorithm for Flexibility of Dynamic Allocation in DHCP Server for SOHO Wireless Router", CENIM 2020 - Proceeding: International Conference on Computer Engineering, Network, and Intelligent Multimedia, 2020, pp. 321–325. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/CENIM51130.2020.9297852>
- [3] J. Xu, L. Wang, and Z. Xu, "An enhanced saturation attack and its mitigation mechanism in software-defined networking," Computer Networks, vol. 169, p. 107092, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2019.107092>
- [4] G. Bianchi, "IEEE 802.11-saturation throughput analysis", IEEE Communications Letters, vol. 2, pp. 318–320, 1998. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/4234.736171>
- [5] Q. Lyu and H. bo Wang, "User behavior and devices analysis of a large-scale wireless local area network based on DHCP", DEStech Transactions on Computer Science and Engineering, vol. 0, 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.12783/dtcse/smce2017/12400>
- [6] I. Papapanagiotou, E. M. Nahum, and V. Pappas, "Configuring DHCP leases in the smartphone era", Proceedings of the ACM SIGCOMM Internet Measurement Conference, IMC, pp. 365–370, 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/2398776.2398814>
- [7] R. Fan, R. Droms, N. Griffeth, and N. Lynch, "The DHCP failover protocol: A formal perspective", Lecture Notes in Computer Science, vol. 4574 LNCS, pp. 211–226, 2007. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-540-73196-2_14
- [8] C. Miao, J. Wang, T. Ji, H. Wang, C. Xu, F. Li, and F. Ren, "A behavioraware dynamic adaptive configuration on DHCP in wireless lans", Proceedings-International Conference on Network Protocols, vol. 2019, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ICNP.2019.8888048>
- [9] M. Khadilkar, N. Feamster, M. Sanders, and R. Clark, "Usage-based DHCP lease time optimization", Proceedings of the ACM SIGCOMM Internet Measurement Conference, pp. 71–76, 2007. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1298306.1298315>
- [10] L. E. Gallardo-Hernández and J. R. MendozaVarela, "Implementación de servicio DHCP de alta disponibilidad con software libre," pp. 1–217, 2010. [Online]. Available: <https://uaml.page.link/ingeniusGHLE>
- [11] N. Alcott, DHCP for Windows 2000: Managing the Dynamic Host Configuration Protocol. O'Reilly Media, 3 2001. [Online]. Available: <https://uaml.page.link/ingeniusAlcottN>
- [12] M. Stokely, "Freebsd handbook : the freebsd documentation project," 2003. [Online]. Available: <https://uaml.page.link/ingeniusStokely>
- [13] T. V. Van-Do, "An efficient solution to a retrieval queue for the performability evaluation of DHCP", Computers & Operations Research, vol. 37, pp. 1191–1198, 7 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/J.COR.2009.05.014>
- [14] UASLP, "Información financiera y presupuestaria anual - UASLP." [Online]. Available: <https://uaml.page.link/ingeniusUASLP>
- [15] H. Wang, J. H. Wang, J. Wang, W. Dang, J. Xue, F. Li, and J. Shan, "Squeezing the gap: An empirical study on DHCP performance in a large-scale wireless network", IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 28, pp. 832–845, 4 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/TNET.2020.2971551>
- [16] C. Schroder, Linux Networking Cookbook, 2007. [Online]. Available: <https://uaml.page/link/ingeniusSchroder>



"Técnicas modernas de robo de identidad: Un panorama de herramientas de ataque y defensa, una revisión sistemática"

"Modern identity theft techniques: An overview of attack and defense tools, a systematic review"

Marisol Cruz¹
t1023300521@unitru.edu.pe

¹ Universidad Nacional de Trujillo.

Resumen

El robo de identidad en la era digital representa un desafío que requiere de nuestra atención inmediata. El objetivo de este artículo es analizar las técnicas de ataque y defensa empleadas para cometer y prevenir estos delitos. Se usó la metodología PRISMA 2020 para realizar una revisión sistemática en bases de datos como Scopus y Science Direct, con estudios de los últimos cinco años.

Se obtuvo como resultados que el phishing se posiciona como una de las técnicas de ataque más recurrentes, junto con malware, ataques de man-in-the-middle y la Ingeniería Social. Para reducir estas amenazas, se identifican defensas como la autenticación multifactor, el uso de la inteligencia artificial para la identificación de fraudes y cifrado de información. Además, la investigación resalta la necesidad de actualizar el desarrollo de tecnologías de ciberseguridad debido a la constante adaptación de los ciberdelincuentes en ajustarse a las nuevas estrategias de seguridad.

Finalmente, es importante capacitar al usuario y entidades sobre las mejores prácticas de seguridad, lo que es vital para desarrollar estrategias más eficientes para proteger su identidad digital en un entorno digital en constante desarrollo.

Palabras clave: phishing, protección de datos, robo, identidad, digital

Abstract

Identity theft in the digital age represents a challenge that requires our immediate attention. The objective of this article is to analyze the attack and defense techniques used to commit and prevent these crimes. The PRISMA 2020 methodology was used to carry out a systematic review in databases such as Scopus and Science Direct, with studies from the last five years.

The results obtained are that phishing is positioned as one of the most recurrent attack techniques, along with malware, man-in-the-middle attacks and Social Engineering. To reduce these threats, defenses such as multifactor authentication, the use of artificial intelligence for fraud identification and information encryption are identified. In addition, the research highlights the need to update the development of cybersecurity technologies due to the constant adaptation of cybercriminals to adjust to new security strategies.

Finally, it is important to train users and entities on the best security practices, which is vital to develop more efficient strategies to protect their digital identity in a constantly developing digital environment.

Keywords: phishing, data protection, theft, identity, digital

1. Introducción

La identidad humana está formada por características que diferencian a cada individuo y evolucionan con el tiempo a través de sus interacciones. Este concepto se ha extendido al ámbito digital, donde la identidad digital se compone de los datos proporcionados por el usuario, sus acciones en el entorno virtual, y las inferencias realizadas por terceros con base en dichas acciones (Moreno et al., 2022).

Careja & Tapus (2023), afirman que la identidad digital está adquiriendo cada vez mayor relevancia, ya que abarca mucho más que la simple sustitución de documentos físicos por datos digitales. Este cambio plantea nuevos desafíos, especialmente en cuanto a la protección de la información personal.

El robo de identidad, definido como la apropiación o uso indebido de los datos y documentos de una persona para crear documentos falsos o establecer una identidad mínima que permita realizar actividades delictivas en nombre de la víctima, se ha convertido en una de las principales amenazas en el entorno digital (Guzmán et al., 2020). Hoy en día, esta problemática afecta tanto a individuos como a organizaciones a nivel mundial.

Zarate & Becerra (2011), sostienen que el avance de las sociedades modernas, junto con la evolución tecnológica, la globalización y la especialización en las TIC, ha proporcionado a los ciberdelincuentes un espacio intangible donde pueden violar prácticamente todos los derechos de una persona de manera casi imperceptible.

Para llevar a cabo estos delitos, los ciberdelincuentes utilizan diversas tácticas, como el phishing, malware, correos electrónicos fraudulentos y ataques de ingeniería social. Con la información obtenida, pueden abrir cuentas bancarias, solicitar tarjetas de crédito o incluso cometer otros delitos en nombre de la víctima, convirtiendo el ciberespacio en un entorno de alto riesgo (Murillo et al., 2023).

Simultáneamente, las defensas contra estos ataques han avanzado significativamente. Tanto las empresas como los usuarios están adoptando herramientas más sofisticadas, como la autenticación multifactorial, la inteligencia artificial para la detección de fraudes y la encriptación de datos, con el fin de mitigar los riesgos asociados al robo de identidad. Sin embargo, a pesar de estos avances, los ciberdelincuentes siguen adaptándose, lo que subraya la importancia de mantenerse a la vanguardia en términos de protección.

Este artículo tiene como objetivo ofrecer una revisión sistemática de las técnicas y herramientas más recientes utilizadas tanto para perpetrar como para prevenir el robo de identidad. A través del análisis de la literatura académica y técnica más actualizada, se explorarán las tendencias más destacadas en este campo, identificando las áreas de mayor riesgo y las soluciones emergentes. Asimismo, se examinarán las brechas en los mecanismos de defensa actuales, con el propósito de proporcionar una visión integral que contribuya al desarrollo de estrategias de ciberseguridad más efectivas en el futuro. Esto conduce a la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las técnicas más efectivas utilizadas tanto por ciberdelincuentes para el robo de identidad y cuáles son las defensas identificadas para contrarrestar dichos ataques? Con esta pregunta, se busca determinar qué herramientas y estrategias resultan más eficientes para proteger la identidad digital en un entorno en constante evolución.

2. Metodología

2.1. Fundamentación de la metodología

En su estudio, (Barquero, 2022) menciona que es común que surjan interrogantes como por dónde iniciar, cómo elegir un tema adecuado y cuántos artículos incluir al abordar una revisión de la literatura. Es por ello que elegimos una metodología adecuada que nos dé solución a estas preguntas.

En este estudio se optó por llevar a cabo nuestra revisión sistemática utilizando la metodología PRISMA 2020, que nos va a permitir analizar los estudios científicos e identificar de manera rigurosa los que son más relevantes para nuestra revisión. Contiene un grupo de directrices que se enfocan en la búsqueda de estudios estrictamente científicos, con el fin de recopilar toda la evidencia experimental disponible y que cumpla con criterios de elegibilidad establecidos previamente, con el fin de abordar una hipótesis particular.

El estudio siguió la siguiente secuencia estructural: título, resumen, introducción, métodos, resultados, discusión y conclusiones. En primer lugar, el título dio a conocer nuestra investigación como una revisión sistemática. En la introducción se mencionó la problemática que estamos abordando y nuestra interrogante de investigación. En cuanto a los métodos, se detallaron los criterios de inclusión y exclusión, para seleccionar sólo aquellos estudios relevantes para nuestra investigación. Por otra parte, se especificaron las fuentes de información consultadas con sus respectivas tácticas de búsqueda, así como su procedimiento de selección.

Este enfoque permitió recolectar los datos más pertinentes para dar con la respuesta a la interrogante de investigación planteada. Además, sirvió como sustento para redactar de manera adecuada las partes de resultados, discusión y conclusiones.

2.2. Criterios de elegibilidad

La selección de los artículos se dio enfocado en los siguientes criterios con el fin de identificar fuentes de información relevante según el tema de investigación y sean útiles para formular preguntas de investigación.

Los criterios de inclusión se establecieron en:

- Estudios con un rango de 5 años de antigüedad.
- Estudios en idioma inglés o español.
- Estudios del tipo artículo enfocados en el tema central de investigación.

Se definieron por motivos de exclusión:

- Estudios que no se centren en herramientas enfocadas contra el robo de identidad o este centralizada en aspectos legales.
- Estudios de opinión, entrevistas o ensayos.
- Publicaciones no indexadas y no cuenten con revisiones sistemáticas.

2.3. Fuentes de información y estrategias de búsqueda

Las bases de datos que fueron seleccionadas como fuentes de información son Scopus y Science Direct revisada por última vez el 27 de septiembre del 2024. Los términos utilizados para la búsqueda se aplicaron a los títulos, resúmenes y palabras clave relacionados con nuestro tema central de la investigación que fueron “identity AND theft”. Con el fin de obtener mejores resultados utilizamos operadores booleanos como “AND”, “OR” y “AND NOT”, lo que nos dio como resultados específicos en las fuentes de información seleccionadas detalladas en la Tabla 1.

Base de datos	Términos de búsqueda
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ("identity theft") AND TITLE (attack OR vulnerability OR tools OR techniques) AND NOT TITLE-ABS-KEY (legal OR laws OR legislation) AND TITLE-ABS-KEY (defense OR security OR protection) AND PUBYEAR > 2018 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")))
Science Direct	identity AND theft AND security AND digital AND cybersecurity AND personal data AND privacy AND vulnerability AND phishing

Tabla 1. Consultas de búsqueda

2.4. Proceso de selección

La selección de los artículos fue llevada a cabo manualmente por los autores utilizando hojas de cálculo en Excel. Esto facilitó el análisis de los estudios en base a los criterios de inclusión y exclusión definidos previamente. Se elaboraron hojas de cálculo específicas para analizar cada artículo en las tres etapas del flujo metodológico PRISMA: identificación, cribado e inclusión.

2.5. Extracción de datos y síntesis

La información se recolectó de las tablas de análisis de selección que tienen los campos de Título, DOI, Estado (Incluido o excluido). Además, también se agregaron tablas para los criterios de inclusión y exclusión para un análisis más profundo, donde presentan los campos de tipo de criterio, cumplimiento y fundamentación.

3. Resultados

Se identificaron un total de 87 artículos en las bases de datos consultadas, a partir de los cuales se recuperando 51 artículos para un análisis más detallado del contenido. Luego de verificar aspectos como la relevancia con nuestro tema y la existencia de herramientas o técnicas para el robo de identidad, se consiguió una muestra de 23 artículos para la revisión como se muestra en la Figura 1.

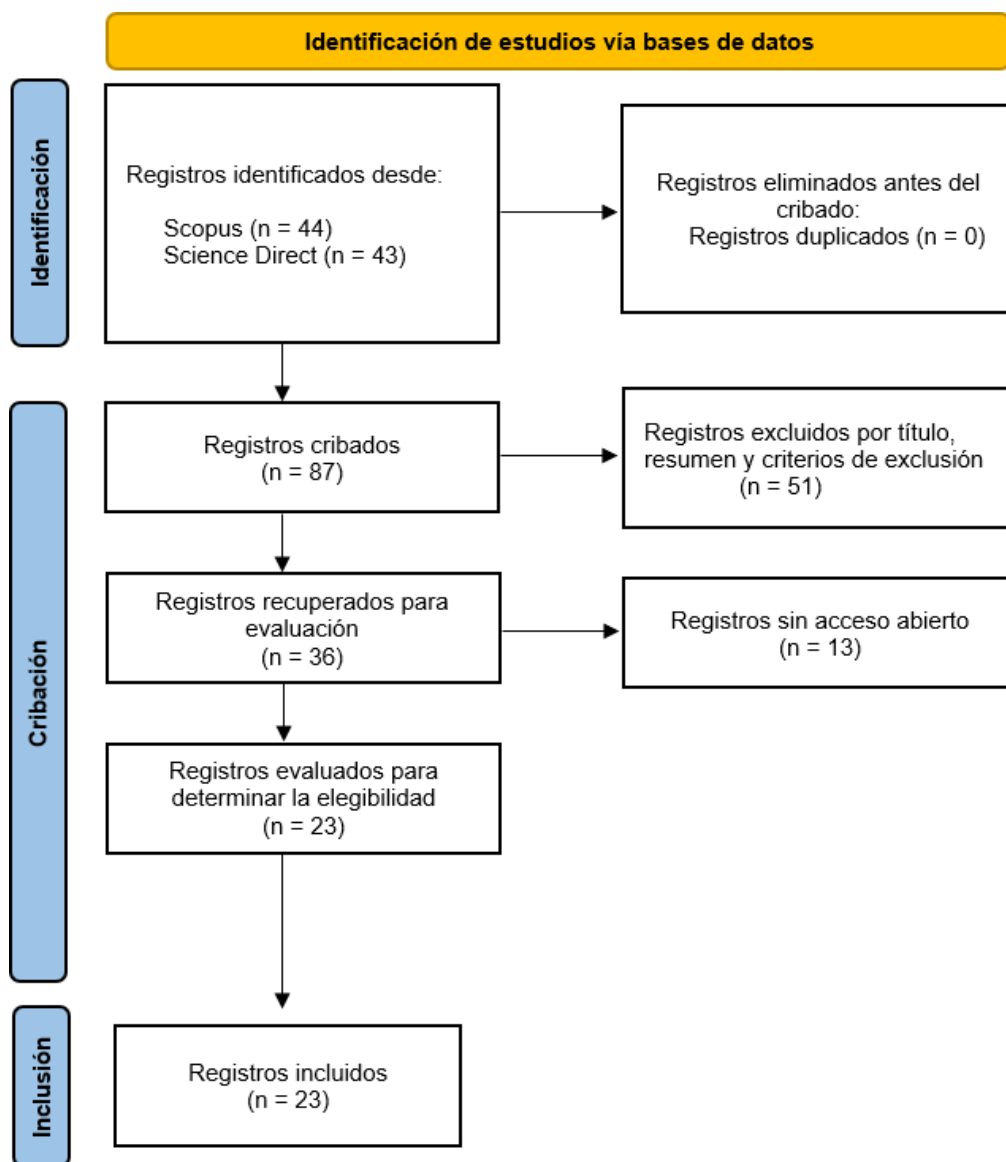


Figura 1. Diagrama de flujo de selección de estudios

Adicionalmente se elaboró un gráfico a través del software VOS VIEWER, como se puede apreciar en la Figura 2, el cual permite visualizar los términos más relevantes y sus relaciones entre publicaciones, siendo el más resaltante “identity theft”.

		Una mayor precisión alcanzando una tasa de detección del 98.4%.	
Bera et al. (2023)	Towards a thematic dimensional framework of online fraud: An exploration of fraudulent email attack tactics and intentions	Se analiza las tácticas de ataque fraudulentas a pesar de los filtros anti-phishing como los ataques de Ingeniería social y robos de identidad.	Técnicas de ataque Se utiliza técnicas de ataque como el phishing, el spoofing y la Ingeniería Social para la manipulación del usuario. Técnicas de defensa: Tenemos la educación al usuario sobre correos fraudulentos, filtros anti-phishing y análisis y monitoreo de correos.
Albalawi et al. (2023)	The Reality of Internet Infrastructure and Services Defacement: A Second Look at Characterizing Web-Based Vulnerabilities	Se centra el desfiguramiento de sitios web y las vulnerabilidades que presentan sitios previamente comprometidos. Utiliza herramientas de escaneo como OWASP ZAP, Burp Suite y Nikto para identificar vulnerabilidades.	Técnicas de ataque: - Tenemos los ataques de desfiguramiento de sitios web, el ataque al DNS por envenenamiento de caché. Técnicas de defensa: Herramientas de Identificación de vulnerabilidades como OWASP ZAP, Burp Suite y Nikto y concientización a los desarrolladores sobre prácticas de seguridad.
Kothamasu et al. (2023)	An Investigation on Vulnerability Analysis of Phishing Attacks and Countermeasures	Se centra en las tácticas de phishing, analizando diversas herramientas de phishing como Zphisher, CamPhish y PyPhisher, así como la simulación de estos ataques. Donde se discute las maneras de prevenirlo y mitigar riesgos.	Técnicas de ataque: - Tenemos al phishing y la Ingeniería social. Técnicas de defensa: -Tenemos la concientización a los desarrolladores sobre prácticas de seguridad, Filtros anti-phishing, simulación de ataques y verificación de identidad.
Abdulla et al. (2023)	Robust Password Encryption Technique with an Extra Security Layer	Presenta técnicas para el cifrado de contraseña con el uso de huellas dactilares y combinaciones aleatorias para hacerlas seguras y únicas contra ataques. Esto protege las cuentas bancarias de los clientes y las transacciones en línea, reduciendo el robo de identidad por interceptación de contraseñas.	Técnicas de ataque: - Tenemos al phishing e interceptación de datos. Técnicas de defensa: -Tenemos la encriptación de contraseñas, autenticación multifactor, concientización a los usuarios y verificación biométrica.
Adane et al. (2023)	Email and Website-Based Phishing Attack:	Analiza como la falta de conocimientos y habilidades hace vulnerable al usuario	Técnicas de ataque: - Tenemos al phishing e Ingeniería Social.

	Examining Online Users Security Behavior in Cyberspace Environment	que pueda sufrir de ataques de phishing. Se utiliza un modelo, que identifica factores claves que afectan la conducta de seguridad de los usuarios, conciencia como factores determinantes.	Técnicas de defensa: - Tenemos la autenticación multifactor, concientización a los usuarios y validación de URLs.
Rameem et al. (2022)	Detecting Covid-19 chaos driven phishing/malicious URL attacks by a fuzzy logic and data mining based intelligence system	Analiza como la pandemia COVID-19 trajo consigo un aumento en delitos cibernéticos como el phishing y el robo de identidad. Propone un sistema basado en lógica difusa y minería de datos para la detección de phishing, realzando su eficacia contra amenazas.	Técnicas de ataque - Tenemos los ataques de phishing y malware malicioso. Técnicas de defensa: -Esta la autenticación multifactor, sistemas de detección basado en inteligencia, seguridad de los dispositivos y concientización a los usuarios.
Nonvignon et al. (2022)	A Copula-Based Attack Prediction Model for Vehicle-to-Grid Networks	Analiza vulnerabilidades de las redes V2G, resaltando ataques como hombre en el medio, denegación de servicios y robo de identidad. Presenta defensas como la detección de intrusiones basados en copulas a través del uso de herramientas como Mini2VG y Wireshark. Finalmente propone un enfoque de clasificación de datos para la detección de ataques y prevenir robos de identidad.	Técnicas de ataque: -Tenemos el ataque man in the middle, DoS y el rebound Attacks. Defensas: - Tenemos el cifrado de comunicaciones, la autenticación multifactor y el monitoreo de actividades y alertas.
Kampourakis et al. (2022)	Revisiting man-in-the-middle attacks against HTTPS	El ataque de man in the middle permite al atacante interceptar información cuando se da la comunicación. Esto le permite realizar cambios sin autorización del usuario y robo de identidad.	Técnicas de ataque: -Tenemos el ataque man in the middle, phishing, credential stuffing y el spoofing. Defensas: - Tenemos el cifrado de comunicaciones, la autenticación multifactor. el monitoreo de actividades y alerta y la concientización al usuario.
Minu et al. (2022)	An Edge Based Attack Detection Model (EBAD) for Increasing the Trustworthiness in IoT Enabled	Examina como los ataques de identidad amenazan la confiabilidad en las redes, proponiendo la defensa EBAD(Edge-based Accusation Analysis). Identifica nodos atacantes	Técnicas de ataque: -Tenemos el basado en robo de identidad, ataque Sybil donde crea múltiples identidades falsas, cooperación de chantaje (SA-CBA) donde utilizan

	Smart City Environment	Sybil y reduce comportamientos maliciosos.	identidades robadas para amenazar u extorsionar. Técnicas de defensas: -Como enfoque EBAD donde identifica nodos atacantes y el análisis de comportamiento.
Veena et al. (2022)	Cybercrime: Identification and Prediction Using Machine Learning Techniques	Analiza métodos de clasificación supervisada y no supervisada para la detección del robo de identidad y cibercrimen. Para la clasificación supervisada utiliza técnicas como SVM y KNN y para la no supervisada usa K-means y modelos gaussianas. Además, usa las redes neuronales para identificar el robo de identidad sintético.	Técnicas de ataque: -Tenemos el robo de identidad sintético y ataques de clasificación de datos. Técnicas de defensas: -Como las Máquinas de soporte vectorial, redes neuronales y modelos de mezcla gaussiana.
Sharma et al. (2021)	FinPAD: State-of-the-art of fingerprint presentation attack detection mechanisms, taxonomy and future perspectives	Enfatiza la importancia de los sistemas biométricos, en especial las huellas dactilares, autenticación segura y el robo de identidad. Se discute sobre ataques PAs que evaden la seguridad a través de artefactos biométricos reales, de la misma manera se analiza la detección como técnicas de aprendizaje profundo como FinPAD.	Técnicas de ataque: Tenemos al ataque Pas que compromete la autenticación de sistemas basados en huellas dactilares y los instrumentos de ataque PAIs para engañar a estos sistemas biométricos. Técnica de defensa: Tenemos la detección FinPAD, sistemas y bases de datos anti-spoofing.
Saharan et al. (2021)	Scaling & fuzzing: Personal image privacy from automated attacks in mobile cloud computing	Propone un enfoque ingenioso para proteger la privacidad de los datos sensibles en la computación de la nube, mostrando la relación entre la filtración de datos y el robo de identidad. Se analiza técnicas de defensa como la ofuscación de datos y la transformada discreta de Fourier. Además, se incluyen métodos de segmentación de imágenes para reducir la vulnerabilidad de los datos sensibles.	Técnicas de ataque: Segmentación de imágenes, inferencias automatizadas para deducir el comportamiento del usuario. Técnicas de defensa: Tenemos el filtrado de imágenes con preservación de la privacidad, ofuscación de datos y modelo de seguridad semi-honesto.
Song et al. (2020)	Android data- clone attack via operating system customization	Presenta técnicas de ataque como datos-clone que explota Vulnerabilidades en aplicaciones clonadas por OEM que tiene acceso a las	Técnicas de ataque: Ataque de clonación de credenciales, personalización de sistema operativo y vulnerabilidades de OEM.

		credenciales sin tener permiso y acceso a la root. Además, se muestra otro tipo de ataque como el CloneDroid para eludir verificaciones de seguridad en nivel aplicación y sistemas operativos.	Técnicas de defensa: Autenticación multifactor, almacenamiento seguro de credenciales y actualización de regular aplicaciones.
Sobabe et al. (2020)	Biometric system vulnerabilities: A typology of metadata	Se analiza las vulnerabilidades en las técnicas biométricas susceptibles al robo de identidad, enfatizando la seguridad de los metadatos. Se divide los límites intrínsecos y ataques adversos y presenta un caso de implementación alcanzando un área bajo la curva (AUC) de 0.908.	Técnicas de ataque: Ataques intrínsecos y ataques adversos en sistemas biométricos, reconocimiento facial basado en el color de piel para engañar al sistema. Técnicas de defensa: Análisis de metadatos, sistemas biométricos multimodales y actualización y mantenimiento de sistemas.
Zahra et al. (2022)	Detecting Covid- 19 chaos driven phishing/malicious URL attacks by a fuzzy logic and data mining based intelligence system	Examina el aumento de ataques cibernéticos como el phishing y robo de identidad durante la pandemia de COVID-19. Se analizan el incremento de los ataques durante esa época, proponiendo estrategias de mitigación y un sistema de lógica difusa y minería de datos para detectar ataques de phishing.	Técnicas de ataque: Tenemos al phishing, el malware, ataques de ransomware y URLs maliciosas.
AlQadheeb et al. (2022)	Enhancing cybersecurity by generating user-specific security policy through the formal modeling of user behavior	Aborda los retos que enfrentan las organizaciones al adoptar nuevas tecnologías y seguridad. Propone un enfoque Zero Trust para dificultar el acceso de los atacantes y analiza el comportamiento de seguridad de los usuarios.	Técnicas de defensa: Como la zero de trust, análisis del comportamiento del usuario y generación de políticas de seguridad.
Bojjagani et al. (2020)	PhishPreventer: A Secure Authentication Protocol for Prevention of Phishing Attacks in Mobile Environment with Formal Verification	Presenta un protocolo de autenticación para la protección de sistemas de pago móvil contra las amenazas de ataque como el phishing y hombre del medio. Utiliza la autenticación que envía una notificación al cliente, validado con la herramienta Scyther, con alta capacidad para prevenir ataques de phishing.	Técnicas de defensa: Protocolo de autenticación, prevención del phishing y verificación formal usando herramientas como Scyther.

Alhelaly et al. (2023)	When expectation fails and motivation prevails: the mediating role of awareness in bridging the expectancy-capability gap in mobile identity protection	Analiza la protección de la identidad móvil, utiliza un enfoque de métodos mixtos, hallazgos que muestran que la conciencia de protección entre las capacidades y expectativas influyen en las técnicas para la protección de la identidad.	Técnicas de defensa: Conciencia de protección, valores motivacionales, experiencia en protección.
Chien- Hua Tsai et al. (2024)	Blockchain- supported online banking scheme	Enfatiza la importancia de la banca en línea y propone un esquema de autenticación blockchain para mejorar la seguridad, confianza y rendimiento en las transacciones para la protección de los datos.	Técnicas de defensa Autenticación segura, contratos inteligentes y descentralización.
Afzal et al. (2024)	Context-aware embeddings for robust multiclass fraudulent URL detection in online social platforms	Se propone un enfoque basado en embeddings para la detección de URLs fraudulentas en plataformas sociales, para la clasificación de las mismas que son usadas en ataques de phishing.	Técnicas de ataque: -Detección de URLs fraudulentas asociadas con el ataque de phishing. Técnica de defensa: -Embeddings y clasificación multclasificación
Ribaux & Souvignet (2020)	"Hello are you available?" Dealing with online frauds and the role of forensic science	Analiza un fraude en línea en la Universidad de Lausana, donde nos muestra como el atacante se hizo pasar por el director de Escuela para engañar a miembros a comprar tarjetas de regalos, donde nos muestra cada una de las fases del fraude en línea.	Técnicas de ataque: -Se uso el phishing, la compra de tarjeta de regalo para realizar estafas. Técnica de defensa: -Análisis forense digital, que investiga fraudes y rastrea huellas dejadas por los atacantes.

Tabla 2. Resultados de los artículos seleccionados

En la tabla 3, se muestran las principales técnicas de robo de identidad y herramientas de defensa mencionadas por los autores, lo que nos refleja las tendencias actuales en cuánto a la problemática que hemos desarrollado.

Se puede apreciar que la técnica mencionada con más frecuencia es el phishing, mientras que la herramienta de defensa más nombrada es la autenticación multifactor.

Materia de estudio	Técnicas o herramientas	Autores	Frecuencia
Técnica de robo de identidad	Phishing	(Ejaz et al; Bera; Kothama et al; Abdulla et al; Adane et al; Rameem et al; Kampour Akis et al; Syed et al; Olivier et al.)	6
	Malware	(Venkates et al; Rameem et al; Syed et al)	3
	Man in the middle	(Nonvigno et al; Kampour Akis et al.)	2
	Spoofing	(Bera et al; Kampour akis et al)	2
	Ingeniería Social	(Kothama et al; Adan et al)	2
	Robo de Credenciales	(Ejaz et al; Wenna et al)	2
Herramienta de defensa	Segmentación de imágenes	(Saharan et al)	1
	Autenticación multifactor	(Adane et al; Rameem et al; Abdulla et al; Nonvigno et al; Wenna et al; Sriramulu et al; Chien et al)	7
	Filtros anti – phishing	(Bera et al; Kothama et al)	2
	Validacion de URLs	(Adane et al; Sara et al)	2
	Zero Trust	(Arwa et al)	1
	Encriptación de contraseñas	(Abdulla et al)	1

Tabla 3. Técnicas de robo de identidad y herramientas de defensa encontradas.

4. Discusión

Las técnicas de robo de identidad han evolucionado en paralelo con el desarrollo de las nuevas tecnologías emergentes. Una de las técnicas más comunes y ampliamente estudiadas es el ataque conocido como phishing, el cual ha sido identificado como una amenaza constante en varios de los principales medios de comunicación. Diversos estudios resaltan la creciente vulnerabilidad en las redes sociales, donde una gran cantidad de usuarios se inician sesión diariamente, convirtiéndolas en uno de los entornos más susceptibles a este tipo de ataques (Kothamasu, et al., 2023). En los sitios web, en su mayoría, prevalece el uso de herramientas AntiPhishing en forma de complementos o extensiones para navegadores (Hernández, 2021). En el estudio de (Burnes, et al., 2020), se hace mención del robo de identidad a través de las tarjetas de crédito, pero además complementa con mostrar el tipo de personas más susceptibles a ser víctimas potenciales. Ante esto, podemos decir que, según nuestra investigación, el grupo de gente más apto para ser víctima de robo de identidad, serían jóvenes de clase media, porque deben tener acceso a dispositivos tecnológicos, sin embargo, su nivel de educación digital no es muy alto, puesto que pueden caer en trampas más fácilmente. En la actualidad, se han desarrollado múltiples herramientas de defensa basadas en tecnologías emergentes. Podemos destacar el reconocimiento biométrico facial, una técnica utilizada ampliamente en sistemas de seguridad para la autenticación, pero que también es objeto de sofisticados ataques. Frente a esta amenaza, se han propuesto soluciones innovadoras que han sido probadas mediante experimentos utilizando bases de datos especializadas, como el uso de metadatos adicionales para reforzar la autenticidad de los rasgos faciales (Sobabe et al., 2020), que servirán como modelo para reforzar las herramientas de defensa en cuanto a la autenticación multifactorial.

Las investigaciones revisadas en este estudio apuntan a que el desarrollo de contramedidas efectivas está en marcha, impulsado por avances tecnológicos y experimentación científica.

5. Conclusiones

El análisis del estado actual de las técnicas de robo de identidad ha revelado un panorama complejo en constante crecimiento, donde los atacantes hacen uso de herramientas y estrategias cada vez más sofisticadas. Las principales modalidades de ataque identificadas, resaltando el phishing, el malware, y robo de credenciales, hacen ver la importancia de una perspectiva más proactiva y multidimensional en la defensa. El incremento del surgimiento de nuevas tecnologías digitales y la amplia interconectividad de dispositivos de uso cotidiano han dado lugar a nuevas superficies de ataque digital. La combinación de tecnologías avanzadas y un enfoque humano en la seguridad es esencial para mitigar los riesgos asociados con el robo de identidad.

Se concluye que las organizaciones deben adoptar una estrategia integral que incluya la educación del usuario, la implementación de tecnologías avanzadas, y un enfoque colaborativo para la defensa. La vigilancia continua y la adaptación a las nuevas amenazas son imperativas para proteger la identidad y la información sensible en un mundo digital en evolución.

6. Referencias bibliográficas

- Abdulla, Q. Z., & Al-Hassani, M. D. (2023). Robust Password Encryption Technique with an Extra Security Layer. *Iraqi Journal Of Science*, 1477-1486. <https://doi.org/10.24996/ij.s.2023.64.3.36>
- Afzal, S., Asim, M., Beg, M. O., Baker, T., Awad, A. I., & Shamim, N. (2024). Context-aware embeddings for robust multiclass fraudulent URL detection in online social platforms. *Computers & Electrical Engineering: An International Journal*, 119(109494), 109494. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.109494>
- Albalawi, N., Alamrani, N., Aloufi, R., Albalawi, M., Aljaedi, A., & Alharbi, A. R. (2023). The Reality of Internet Infrastructure and Services Defacement: A Second Look at Characterizing Web-Based Vulnerabilities. *Electronics*, 12(12), 2664. <https://doi.org/10.3390/electronics12122664>
- Alhelaly, Y., Dhillon, G., & Oliveira, T. (2023). When expectation fails and motivation prevails: the mediating role of awareness in bridging the expectancy-capability gap in mobile identity protection. *Computers & Security*, 134(103470), 103470. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103470>
- AlQadheeb, A., Bhattacharyya, S., & Perl, S. (2022). Enhancing cybersecurity by generating user-specific security policy through the formal modeling of user behavior. *Array (New York, N.Y.)*, 14(100146), 100146. <https://doi.org/10.1016/j.array.2022.100146>
- Barquero, W. G. (2022). ANALISIS DE PRISMA COMO METODOLOGÍA PARA REVISIÓN SISTEMÁTICA: UNA APROXIMACIÓN GENERAL. *Saúde Em Redes*, 8(sup1), 339–360. <https://doi.org/10.18310/2446-4813.2022v8nsup1p339-360>
- Bera, D., Ogbanufe, O., & Kim, D. J. (2023). Towards a thematic dimensional framework of online fraud: An exploration of fraudulent email attack tactics and intentions. *Decision Support Systems*, 171, 113977. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2023.113977>
- Bojjagani, S., Brabin, D. R. D., & Rao, P. V. V. (2020). PhishPreventer: A secure authentication protocol for prevention of phishing attacks in mobile environment with formal verification. *Procedia Computer Science*, 171, 1110–1119. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.119>
- Burnes, D., DeLiema, M., & Langton, L. (2020). Risk and protective factors of identity theft victimization in the United States. *Preventive Medicine Reports*, 17(101058), 101058. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2020.101058>
- Careja, A.-C., & Tapus, N. (2023). Digital identity using blockchain technology. *Procedia Computer Science*, 221, 1074–1082. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.08.090>
- Ejaz, A., Mian, A. N., & Manzoor, S. (2023). Life-long phishing attack detection using continual learning. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37552-9>
- Guzmán-Cedillo, L. A., Varela-Castro, W. H., & Briceño-Santacruz, M. de los A. (2020). Ciberseguridad 4.0: Factores que propician el delito de robo de identidad digital por medios informáticos. *Repositorio De La Red Internacional De Investigadores En Competitividad*, 13, 658–677. Recuperado a partir de <https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/1818>
- Hernández Dominguez, A., & Baluja García, W. (2021). Main mechanisms for dealing with phishing in data networks. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(4s1), 1-15. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcci/v15n4s1/2227-1899-rcci-15-04-s1-413.pdf>
- Kampourakis, V., Kambourakis, G., Chatzoglou, E., & Zaroliagis, C. (2022). Revisiting man-in-the-middle attacks against HTTPS. *Network Security*, 2022(3). [https://doi.org/10.12968/s1353-4858\(22\)70028-1](https://doi.org/10.12968/s1353-4858(22)70028-1)

Kothamasu, G. A., Venkata, S. K. A., Pemmasani, Y., & Mathi, S. (2023). An Investigation on Vulnerability Analysis of Phishing Attacks and Countermeasures. *International Journal Of Safety And Security Engineering*, 13(2), 333-340. <https://doi.org/10.18280/ijssse.130215>

Marín, V. I. (2022). La revisión sistemática en la investigación en Tecnología Educativa: observaciones y consejos. *RiiTE Revista interuniversitaria de investigación en Tecnología Educativa*, 13, 62–79. <https://doi.org/10.6018/riite.533231>

Minu, R. I., Nagarajan, G., Munshi, A., Venkatachalam, K., Almukadi, W., & Abouhawwash, M. (2022). An Edge Based Attack Detection Model (EBAD) for Increasing the Trustworthiness in IoT Enabled Smart City Environment. *IEEE Access*, 10, 89499-89508. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3200703>

Moreno Arvelo, P. M., Paucar Paucar, C. E., Cajas Parraga, C. M., (2022). Regulación global para evitar la suplantación de identidad digital. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(6), 690-696. Murillo González, G., Martínez Prats, G., & Vázquez Vidal, V. (2023). Desinformación tecnológica: factores y causas del robo de identidad del cibernauta en el mundo digital. *Data and Metadata* 2024, 2, 133. <https://doi.org/10.56294/dm2023133>

Nonvignon, T. Z., Boucif, A. B., & Mhamed, M. (2022). A Copula-Based Attack Prediction Model for Vehicle-to-Grid Networks. *Applied Sciences*, 12(8), 3830. <https://doi.org/10.3390/app12083830>

Rameem Zahra, S., Ahsan Chishti, M., Iqbal Baba, A., & Wu, F. (2022). Detecting Covid-19 chaos driven phishing/malicious URL attacks by a fuzzy logic and data mining based intelligence system. *Egyptian Informatics Journal*, 23(2), 197–214. <https://doi.org/10.1016/j.eij.2021.12.003>

Ribaux, O., & Souvignat, T. R. (2020). “Hello are you available?” Dealing with online frauds and the role of forensic science. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 33(300978), 300978. <https://doi.org/10.1016/j.fsidi.2020.300978>

Saharan, S., Laxmi, V., Bezawada, B., & Gaur, M. S. (2021). Scaling & fuzzing: Personal image privacy from automated attacks in mobile cloud computing. *Journal Of Information Security And Applications*, 60, 102850. <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2021.102850>

Sharma, D., & Selwal, A. (2021). FinPAD: State-of-the-art of fingerprint presentation attack detection mechanisms, taxonomy and future perspectives. *Pattern Recognition Letters*, 152, 225-252. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2021.10.013>

Sobabe, A., Djara, T., & Vianou, A. (2020). Biometric System Vulnerabilities: A Typology of Metadata. *Advances In Science Technology And Engineering Systems Journal*, 5(1), 191-200. <https://doi.org/10.25046/aj050125>

Song, W., Jiang, M., Yan, H., Xiang, Y., Chen, Y., Luo, Y., He, K., & Peng, G. (2020). Android Data-Clone Attack via Operating System Customization. *IEEE Access*, 8, 199733-199746. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3035089>

Sohrabi, C., Franchi, T., Mathew, G., Kerwan, A., Nicola, M., Griffin, M., Agha, M., & Agha, R. (2021). PRISMA 2020 statement: What’s new and the importance of reporting guidelines. *International Journal of Surgery (London, England)*, 88(105918), 105918. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2021.105918>

Tsai, C.-H., Liou, D.-K., & Lee, H.-L. (2024). Blockchain-supported online banking scheme. *Egyptian Informatics Journal*, 27(100516), 100516. <https://doi.org/10.1016/j.eij.2024.100516>

Veena, K., Meena, K., Kuppusamy, R., Teekaraman, Y., Angadi, R. V., & Thelkar, A. R. (2022). Cybercrime: Identification and Prediction Using Machine Learning Techniques. *Computational Intelligence And Neuroscience*, 2022, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2022/8237421>

Zahra, S. R., Chishti, M. A., Baba, A. I., & Wu, F. (2021). Detecting Covid-19 chaos driven phishing/malicious URL attacks by a fuzzy logic and data mining based intelligence system. *Egyptian Informatics Journal*, 23(2), 197-214. <https://doi.org/10.1016/j.eij.2021.12.003>

Zarate, A. P., & del Carmen Becerra, M. A. M. (2011). Robo de Identidad y su Incidencia en el Cibercrimen. *Org.Ar*. <https://50jaiio.sadio.org.ar/pdfs/sid/SID-08.pdf>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.

GymComfort Guidance: Innovación en salud y bienestar a través de ejercicio

GymComfort Guidance: Innovation in health and wellness through exercise

Wendy Judith López Díaz¹

wendyjudit@gmail.com

Karla Avila Cárdenas¹

karla.acardenas@academicos.udg.mx

¹ Universidad de Guadalajara

Resumen

GymComfort Guidance introduce una solución innovadora en el ámbito de la salud y el bienestar, aprovechando el poder de la inteligencia artificial (IA) para enfrentar el creciente desafío del sedentarismo y la inactividad física. Esta plataforma utiliza algoritmos de IA para generar rutinas de ejercicio personalizadas, adaptadas a las necesidades, estilos de vida y condiciones de salud individuales. Además de ofrecer una amplia gama de ejercicios, desde básicos hasta avanzados o de rehabilitación, el sistema busca fomentar hábitos saludables y un estilo de vida activo desde cualquier lugar. Este artículo examina las principales características de GymComfort Guidance y su potencial impacto en la mejora de la salud y el bienestar de los usuarios, destacando cómo la IA puede superar las limitaciones de las plataformas tradicionales de ejercicio al ofrecer recomendaciones personalizadas y accesibles a un amplio público.

Palabras claves – Inteligencia Artificial; Salud; Bienestar, Rehabilitación.

Abstract

GymComfort Guidance introduces an innovative solution in the field of health and wellness, harnessing the power of artificial intelligence (AI) to meet the growing challenge of sedentary lifestyles and physical inactivity. This platform uses AI algorithms to generate personalized exercise routines, tailored to individual needs, lifestyles, and health conditions. In addition to offering a wide range of exercises, from basic to advanced or rehabilitation, the system seeks to promote healthy habits and an active lifestyle from anywhere. This article examines the key features of GymComfort Guidance and its potential impact on improving users' health and well-being, highlighting how AI can overcome the limitations of traditional exercise platforms by offering personalized and accessible recommendations to a wide audience.

Keywords – Artificial Intelligence; Bless you; Wellness, Rehabilitation.

I. INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más digitalizado, la tecnología está transformando rápidamente diversas áreas de nuestra vida, y la salud y el bienestar no son la excepción. Con el incremento del sedentarismo y la falta de actividad física, surge la necesidad de soluciones innovadoras que promuevan hábitos más saludables. GymComfort Guidance se presenta como una plataforma revolucionaria que utiliza inteligencia artificial para ofrecer rutinas de ejercicio personalizadas, adaptadas a las características únicas de cada usuario, como su estilo de vida, necesidades y condiciones de salud. Este enfoque permite a los usuarios acceder a un plan de ejercicio eficiente y adecuado desde la comodidad de su hogar o cualquier espacio disponible, desafiando los límites de las plataformas tradicionales. A través del uso de algoritmos avanzados, GymComfort Guidance busca mejorar el bienestar físico y fomentar un estilo de vida activo y saludable de manera accesible para todos.

En un contexto donde el sedentarismo y la falta de actividad física son desafíos de salud pública, GymComfort Guidance emerge como una solución integral para mitigar escenarios negativos como la obesidad, enfermedades relacionadas a la falta de movimiento físico, e incluso problemas mentales, entre otros. GymComfort Guidance es un proyecto innovador único que ofrece una plataforma web diseñada para promover un estilo de vida activo y saludable mediante la provisión de rutinas de ejercicio personalizadas, predeterminadas, y adaptadas para personas con diversas necesidades, tiempos, condiciones médicas, presupuesto y ambiente de desarrollo para ejercitarse. Esta plataforma hace un acercamiento al acceso ilimitado de la amplia existencia de tipos de ejercicios físicos, proporcionando desde ejercicios básicos, hasta ejercicios de rehabilitación y respiración para personas con problemas de respiración.

En este trabajo, se explorarán en detalle las características y funcionalidades clave de GymComfort Guidance, así como su impacto potencial en la promoción de la salud y el bienestar de los usuarios utilizando inteligencia artificial. Además, se analizarán las implicaciones prácticas y las oportunidades de desarrollo futuro de esta plataforma, con el fin de comprender su relevancia en el contexto actual de la salud y el fitness.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

En una escala global, el interés por la fisioterapia, la rehabilitación y la discapacidad que pueden llegar a tener las personas, ha ido en aumento considerablemente tanto en un nivel de análisis clínico como en el área de la investigación (Gus-Rie, 2019). De manera muy similar, la obesidad se ha marcado como un factor significativo de riesgo en contra de la salud, siendo parte de un 77% de las muertes en México, cada año. Esto debido a enfermedades asociadas con esta condición (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado [ISSSTE], 2020).

La creación de GymComfort Guidance atiende la necesidad de cumplir y mejorar con un nivel de esperanza de vida satisfactorio y continuo, así como los cambios sustanciales en el estilo de vida y la alimentación que se ha procurado en las últimas décadas, confrontándonos con retos para los que nuestra preparación biológica y física resulta insuficiente. (Cordero, Dolores, & Galve, 2024). Con el aumento de las afecciones musculoesqueléticas y la evaluación del estilo de vida, se ha identificado una brecha en las opciones disponibles para aquellos que necesitan adaptaciones específicas debido a limitaciones médicas u otras restricciones, como limitaciones de tiempo y recursos financieros.

La mayoría de las plataformas de fitness en línea se centran en programas generales que pueden ser inseguros para individuos con necesidades particulares, quienes a menudo carecen de motivación, recursos o enfrentan limitaciones de tiempo. GymComfort Guidance aborda esta problemática al proporcionar un enfoque integral para la recuperación y la adopción de hábitos saludables desde la comodidad del hogar o cualquier espacio equipado. En el mercado actual, existen plataformas como Physitrack, de pago, centrada en fisioterapia y rehabilitación, y Strong, una aplicación gratuita enfocada en el ejercicio en espacios equipados. GymComfort Guidance busca llenar el vacío al ofrecer una solución integral y accesible para una variedad de usuarios con necesidades específicas en el ámbito del fitness y la salud.

III. DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

GymComfort Guidance nació de la necesidad para contrarrestar problemas que muchas personas sufrieron a lo largo de un reto social, hace algunos años: la pandemia de Covid19. Problemas como la ansiedad, depresión, falta de movimiento e interacción y sobre todo el cambio drástico de un estilo de vida para sobrellevar todo desde casa.

Este es un proyecto que da respuesta a un problema compartido por muchos: la dificultad de mantener un estilo de vida activo y saludable en medio de las demandas diarias, costo y accesibilidad a los gimnasios tradicionales, así como las restricciones físicas que los usuarios pueden presentar. A su vez, promueve un estilo de vida activo y saludable puesto que la actividad física ayuda a prevenir y reducir los problemas de salud asociados al sedentarismo, como la obesidad y las enfermedades cardiovasculares o musculoesqueléticas. Reduce las limitaciones de acceso porque es inclusivo y no está restringido a personas de una sola comunidad, sino que se adapta a necesidades y condiciones específicas que tradicionalmente podrían no estar fácilmente disponibles.

Esta plataforma, genera datos para la investigación (salud, IA, etc), al recopilar datos sobre las preferencias y hábitos de ejercicio de los usuarios, podría contribuir a la investigación en salud y bienestar, proporcionando información valiosa sobre las necesidades de la sociedad y las tendencias en actividad física adaptada. Ofrece rutinas semi-personalizadas, los usuarios podrán crear sus rutinas en caso de tener asesoría de un profesional o bien tomar alguna rutina personalizada recomendada por la misma plataforma.

Apoya a la resiliencia en crisis, como en escenarios para los que antes no se está preparado, la pandemia, donde el acceso a instalaciones deportivas podía ser limitado, esta plataforma ofrece una alternativa valiosa para mantener la salud física y mental, promoviendo la resiliencia y el autocuidado en tiempos desafiantes.

Investigación y Planificación

La creación de esta plataforma se basó en una investigación de las razones principales por las que un usuario no dedica tiempo de su vida para ejercitarse como pudieran ser, las limitaciones de tiempo y horarios, no disponer económicamente para un gimnasio físico, no tener motivación, o tener alguna restricción médica. Así mismo se realizó un estudio de mercado para comprender las tendencias actuales en el sector de la salud y aplicaciones fitness, así como las soluciones existentes disponibles más cercanas a esta propuesta para este público y su opinión hacia ellas. A partir de ese estudio se identificaron necesidades no satisfechas que clarificaron áreas de oportunidad y propósitos funcionales de la aplicación.

Se realizó una investigación en libros, canales fitness y asesoramiento con un fisioterapeuta profesional y un entrenador para obtener ejercicios aplicables para gimnasios físicos, ejercicios para realizar desde casa y ejercicios especiales que no fueran a poner en riesgo la salud de los usuarios.

Diseño y metodología

Este proyecto fue desarrollado bajo el enfoque híbrido de las metodologías, Scrum y Waterfall, es decir, Scrumfall, junto a técnicas de Design Thinking y un proceso de desarrollo de software personal ya que el producto obtenido fue desarrollado por una sola persona adaptándose a necesidades específicas del proyecto.

GymComfort Guidance tiene un estilo de arquitectura MVC (Modelo, Vista, Controlador), que facilita la comprensión y el mantenimiento del código, así como el soporte y la creación de la aplicación escalable para diferentes interfaces de usuario.

Este proyecto se apoya de estándares de accesibilidad para asegurar que el usuario pueda acceder al sitio, como el estándar WCAG (Web Content Accessibility Guidelines), alcanzando un nivel de conformidad AA, es decir, que el sitio web, cumple con los requisitos mínimos y requisitos más amplios para que usuarios con discapacidades puedan acceder de manera óptima, reduciendo barreras. También utiliza los protocolos, OAuth, Http/Https para garantizar la seguridad al acceder al sitio.

Desarrollo y tecnología

Para el desarrollo técnico del proyecto, se han empleado diversos lenguajes, tales como JavaScript, TypeScript y Python, junto con el framework Flask, para apoyar el desarrollo del backend. Por otro lado, en el frontend se han utilizado frameworks como Angular y Bootstrap. Es importante destacar que GymComfortGuidance se respalda en una base de datos NoSQL.

A continuación, una lista de herramientas utilizadas para el desarrollo de este proyecto:

- VisualStudio Code
- FireCloud
- Canva
- Orange

Recolección de Datos y Análisis Personalizado

GymComfort Guidance genera recomendaciones personalizadas de actividades y ejercicios físicos para cada usuario mediante el análisis de registros clínicos y datos demográficos recopilados de individuos con diversos estados de salud, condiciones físicas y estilos de vida. Uno de los componentes fundamentales del sistema es la interfaz interactiva que ofrece un formulario diseñado para recolectar información clave que alimenta el modelo de inteligencia artificial subyacente. El formulario solicita datos específicos del usuario, incluyendo:

- **Género y edad:** Variables demográficas fundamentales que influyen en las recomendaciones de ejercicio.
- **Razones de abandono de la actividad física:** Comprender los obstáculos previos permite al sistema ofrecer soluciones personalizadas para superar barreras comunes.
- **Percepción personal post-ejercicio:** Evaluar cómo se siente el usuario después de realizar actividad física ayuda a adaptar la intensidad y tipo de ejercicio recomendado.
- **Horarios preferidos para ejercitarse:** Identificar las franjas horarias en las que el usuario se siente más cómodo permite ajustar las rutinas a su ritmo de vida.
- **Influencias sociales:** Determinar quiénes inspiran al usuario a realizar actividad física puede potenciar la motivación mediante estrategias específicas.
- **Accesibilidad a instalaciones públicas:** Conocer la disponibilidad de espacios públicos para el ejercicio en el entorno del usuario permite adaptar las recomendaciones al contexto físico y socioeconómico.

Una vez que el usuario completa y envía el formulario, el sistema procesa la información y, a través de un algoritmo de inteligencia artificial, genera una respuesta personalizada. Esta respuesta se presenta mediante una notificación emergente que indica:

- **Tipos de actividades recomendadas:** Ejercicios específicos adaptados a las necesidades y preferencias del usuario.
- **Nivel de impacto:** Indicación de si las actividades son de bajo, medio o alto impacto, considerando posibles limitaciones físicas.
- **Frecuencia semanal recomendada:** Número de días por semana sugeridos para realizar actividad física.
- **Duración máxima diaria:** Tiempo máximo recomendado en horas y/o minutos para cada sesión de ejercicio.
- **Uso de Datos Públicos para el Análisis Geográfico:** Además de ofrecer recomendaciones individualizadas, los datos recabados sobre la disponibilidad de instalaciones públicas para la práctica de ejercicio se utilizarán en estudios más amplios, con el fin de identificar áreas que podrían beneficiarse de la construcción o adaptación de espacios para la actividad física. Este enfoque no solo busca mejorar la salud de los usuarios, sino también influir en la planificación urbana orientada al bienestar comunitario.

Arquitectura Tecnológica y Comunicación de Datos

La funcionalidad de GymComfort Guidance se basa en una arquitectura cliente-servidor, donde una API personalizada permite la comunicación eficiente entre el dispositivo del usuario y los servidores que procesan la información. Esta API fue diseñada para gestionar el envío y recepción de datos de manera segura y rápida, garantizando que el usuario reciba recomendaciones en tiempo real.

Modelado Predictivo

El corazón del sistema de recomendación es un modelo de predicción que fue entrenado utilizando el algoritmo Random Forest, una técnica de aprendizaje automático conocida por su alta precisión en tareas de clasificación y regresión. El modelo se eligió tras una serie de comparaciones con otros algoritmos, como la regresión logística, los árboles de decisión y el algoritmo K-Nearest Neighbors (KNN), resultando en una precisión superior para este caso particular. A continuación, se muestran los resultados arrojados comparando diferentes algoritmos bajo el conjunto de datos específico del proyecto:

Algoritmo	Métricas	Precisión	Recall	F1-Score
Random Forest	0.0	0.95	0.97	0.96
	0.3	0.61	0.47	0.53
	Acurracy			0.94
	Macro Avg	0.78	0.72	0.75
	Weighted avg	0.94	0.94	0.94
KNN	0.0	0.92	1.00	0.96
	0.3	0.86	0.17	0.28
	Acurracy			0.94
	Macro Avg	0.89	0.58	0.62
	Weighted avg	0.94	0.94	0.94
Árbol de decisión	0.0	0.94	0.96	0.95
	0.3	0.54	0.42	0.47
	Acurracy			0.91
	Macro Avg	0.74	0.69	0.71
	Weighted avg	0.91	0.91	0.91
Regresión logística	0.0	0.93	0.99	0.96
	0.3	0.64	0.25	0.36
	Acurracy			0.92
	Macro Avg	0.79	0.62	0.66
	Weighted avg	0.90	0.92	0.90

Tabla 1 Resultados de los modelos predictores

El uso del algoritmo *Random Forest* ofrece varias ventajas técnicas, por ejemplo, reducir la posibilidad de sobreajuste en comparación con modelos individuales, manejar una precisión a pesar de tener datos vacíos en algunas variables y permite identificar los factores más influyentes en las recomendaciones de ejercicio. El modelo fue entrenado utilizando conjuntos de datos recopilados de diversas fuentes, incluyendo el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y bases de datos internacionales implicando un reto y una cuidadosa selección de fuentes de datos, dado que las bases de datos públicas disponibles no siempre contenían la información necesaria para este tipo de análisis. La calidad y relevancia de los datos son cruciales para el rendimiento del modelo predictivo con ello aseguramos mejor su adecuación en el sistema.

El conjunto de datos con el cual se entrenó el modelo contaba originalmente con un total de 1989 registros a los cuales se les aplicó una limpieza, transformación y minería de datos correspondiente para descartar registros incompletos o incongruentes, quedando así un total de 1,356, esta base de datos contiene información como sexo, género, edad, razones de abandono al ejercicio, si se cuenta con espacios para hacer ejercicio cerca de donde vive la persona, tipos de actividades que puede realizar una persona y tiempo que puede gastar en ello, entre otros.

Tecnologías Implementadas: Firebase y Autenticación con Google

Uno de los aspectos clave de GymComfort Guidance es la integración de Firebase Cloud Firestore como base de datos no relacional. Cloud Firestore permite almacenar y sincronizar los datos estructurados a gran escala y en tiempo real. Esto facilita la gestión de datos desde cualquier lugar con acceso a internet, optimizando la experiencia del usuario al permitirles acceder a su perfil y rutinas personalizadas desde diferentes dispositivos y ubicaciones.

Además, la plataforma incorpora Google Authentication, lo que permite a los usuarios iniciar sesión de forma rápida y segura mediante su cuenta de Google. Este método de autenticación no solo simplifica el proceso de acceso, sino que también proporciona una capa adicional de seguridad, protegiendo contra ataques de fuerza bruta y suplantación de identidad. La autenticación basada en Google reduce las barreras para el usuario, eliminando la necesidad de recordar múltiples credenciales y mejorando la usabilidad general del sistema.

El sistema también cuenta con control de acceso basado en roles. Dependiendo del nivel de acceso del usuario (por ejemplo, administrador o usuario regular), se limitan ciertas funciones, lo que asegura que solo personas autorizadas puedan modificar configuraciones críticas del sistema o acceder a datos sensibles.

Ejercicios Personalizados para Perfiles Médicos

Cada perfil médico dentro de la plataforma está diseñado para abordar necesidades específicas de salud, como el perfil de personas con asma, que se enfoca en mejorar la capacidad pulmonar y la resistencia cardiovascular, o el perfil de personas con diabetes, que busca mejorar el control glucémico y la salud cardiovascular. Las actividades para cada condición incluyen una combinación de ejercicios como caminatas moderadas, ejercicios de respiración, entrenamiento de resistencia y flexibilidad.

Actualmente, esta sección está en proceso de mejora y ampliación, por lo que aún no está completamente desarrollada. Sin embargo, para brindar valor a los usuarios desde el inicio, hemos incorporado enlaces a artículos recomendados y material confiable, como las Guías para la prescripción del ejercicio y la práctica deportiva en el asma (FUNDALER y CeNARD, 2023), que pueden consultar como referencia. Estos artículos, junto con ejercicios extraídos de libros y especializados (Abbott, Manual de ejercicios), ofrecen una base sólida que se irá complementando con contenido adicional y más rutinas personalizadas a medida que avancemos en el desarrollo.

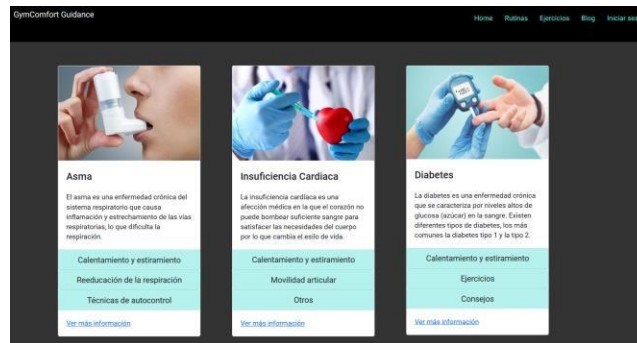


Fig 1. Interfaz “Actividades Especiales” de GymComfort Guidance. Área de ejercicios Inclusivos.
Beneficios para los Usuarios

GymComfort Guidance ofrece una experiencia altamente personalizada y centrada en el usuario. Las rutinas recomendadas no solo consideran factores individuales, sino que también se adaptan dinámicamente con base en los progresos del usuario y sus condiciones de salud.

Los usuarios tienen acceso a una amplia gama de ejercicios organizados en distintas categorías, que incluyen:

- **Rutinas Rápidas:** Actividades que pueden realizarse en pocos minutos, focalizadas en tratar una parte del cuerpo por día.
- **Retos y Estiramientos:** Desafíos diarios para motivar la constancia en el ejercicio y estiramientos específicos para mejorar la flexibilidad.
- **Actividades Especiales:** Ejercicios diseñados para personas con condiciones médicas como asma, diabetes e insuficiencia cardíaca.

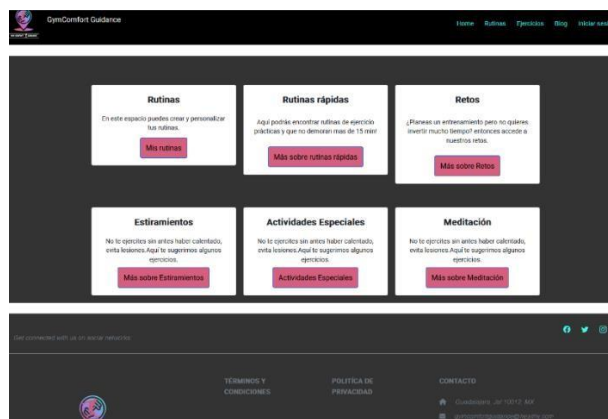


Fig 2. Interfaz “Rutinas” de GymComfort Guidance.

Además de las rutinas y ejercicios semi-personalizados, esta plataforma ofrece un componente integral de nuestra plataforma, funcionando como un espacio dinámico y participativo donde la comunidad puede acceder a información valiosa y establecer conexiones significativas. Este entorno confiable no solo permite el intercambio de resultados y experiencias inspiradoras, sino que también sirve como un recurso educativo, proporcionando consejos prácticos y estrategias efectivas para mejorar el bienestar.

Los usuarios tienen la oportunidad de contribuir con sus comentarios y experiencias, enriqueciendo así el diálogo y fortaleciendo la cohesión de nuestra comunidad. Además, la plataforma incluirá próximamente una amplia gama de recomendaciones y consejos expertos, elaborados por profesionales del fitness y la salud, que están diseñados para apoyar y motivar a los usuarios en su camino hacia un estilo de vida más activo y saludable. Este enfoque colaborativo no solo fomenta la participación, sino que también facilita la creación de un entorno en el que los usuarios pueden compartir sus propios logros y desafíos, enriqueciendo la experiencia colectiva de todos los participantes.

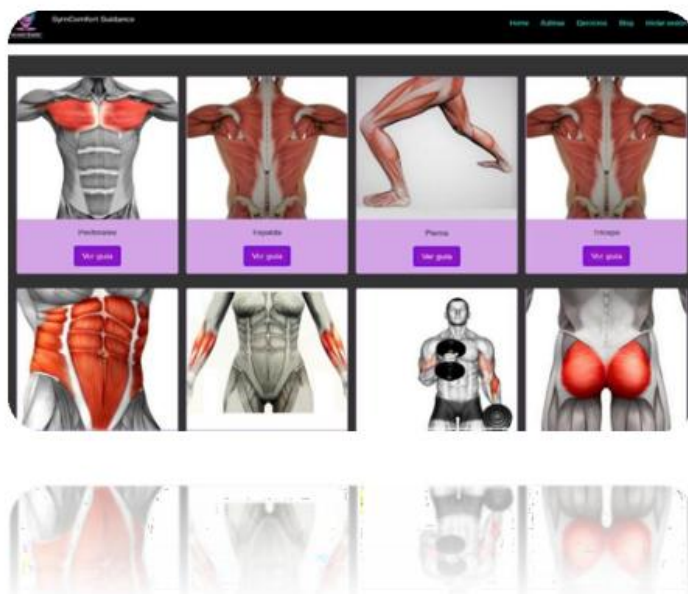


Fig 3. Interfaz "Ejercicios" de GymComfort Guidance.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROYECTO

Resultados Generales

Los resultados obtenidos del proyecto se presentan a continuación, destacando los objetivos alcanzados y su relación con la solución planteada:

- Se implementó un sistema web accesible al público en general, incluyendo pacientes con diversas enfermedades y condiciones médicas, así como adultos mayores y personas con limitaciones de tiempo.
- El sistema web ofrece la posibilidad de personalizar rutinas de ejercicio, acceder a rutinas preestablecidas y realizar ejercicios adaptados a diferentes necesidades, como ejercicios de gimnasio físico, ejercicios para personas con insuficiencia cardíaca y ejercicios de respiración para personas con asma.
- Se proporcionó información y ejercicios específicos para personas con diabetes, así como ejercicios de rehabilitación postoperatoria para diferentes condiciones, como pacientes con cartílago de rodilla, diabetes tipo 2, artritis y fibromialgia.
- Se creó un blog interactivo y una comunidad en línea para fortalecer la credibilidad del sitio web y fomentar la interacción entre los usuarios.
- Se aplicaron estándares de accesibilidad para garantizar que personas con discapacidad puedan acceder al sitio, alcanzando un nivel AA de conformidad.
- Se desarrolló un sistema experto para recomendar a los pacientes qué tipos de ejercicio son adecuados para ellos, teniendo en cuenta sus condiciones médicas y limitaciones de tiempo, y proporcionando información sobre su tipo de usuario físico.

Resultados del estudio de mercado realizado con encuestas.

Se realizó una encuesta a 25 personas de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

El 77.27% de los usuarios entrevistados previo al desarrollo de la aplicación está dispuesto a realizar rutinas de ejercicio desde casa y el 22.73% no estaría dispuesto.

El 90.% de los usuarios entrevistados previo al desarrollo de la aplicación, prefieren que la aplicación de ejercicios sea fácil de usar en contraste con variedad de ejercicios y planes personalizados.

El 85% estaría interesado en esta innovadora idea en el mercado, que pudiera incluir ejercicios para todos, incluyendo personas con alguna limitación médica.

Principalmente, ¿qué es lo que buscan los usuarios en una aplicación fitness?

- 45.45% de los usuarios entrevistados previo al desarrollo de la aplicación, buscan secciones como: Ejercicios, rutinas y calentamiento., Configuración de perfil (peso, talla, cálculo de IMC)., Planes de alimentación
- 22.27% de los usuarios entrevistados previo al desarrollo de la aplicación, buscan secciones como: Ejercicios, rutinas y calentamiento., Configuración de perfil (peso, talla, cálculo de IMC).
- 18.18% de los usuarios entrevistados previo al desarrollo de la aplicación, buscan secciones como: Ejercicios, rutinas y calentamiento., Planes de alimentación
- 9.09% de los usuarios entrevistados previo al desarrollo de la aplicación, buscan secciones como: Ejercicios, rutinas y calentamiento.
- 4.45% de los usuarios entrevistados previo al desarrollo de la aplicación, buscan otras secciones.

Relación con la Solución Planteada

Los objetivos alcanzados reflejan la implementación exitosa de la solución propuesta, que consistía en proporcionar una plataforma integral y accesible para la promoción de la actividad física y el bienestar.

- La variedad de rutinas de ejercicio y la personalización ofrecida por el sistema web se alinean con la necesidad de adaptar el ejercicio a las diferentes condiciones médicas y preferencias de los usuarios.
- La inclusión de información y ejercicios específicos para personas con enfermedades crónicas como diabetes, así como la atención a la rehabilitación postoperatoria, demuestra el compromiso de la solución planteada con la mejora de la salud y la calidad de vida de los usuarios.
- La creación de un blog interactivo y una comunidad en línea fortalece la relación entre los usuarios y el sitio web, proporcionando un entorno de apoyo y motivación adicional para adoptar un estilo de vida activo y saludable.
- La aplicación de estándares de accesibilidad y el desarrollo de un sistema experto refuerzan la accesibilidad y la personalización de la plataforma, garantizando que todos los usuarios, independientemente de sus limitaciones, puedan beneficiarse de sus recursos y recomendaciones.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

Este proyecto se destaca por su enfoque integral para promover un estilo de vida activo y saludable mediante la provisión de rutinas de ejercicio personalizadas, predeterminadas y adaptadas para una amplia gama de usuarios con diversas necesidades y condiciones médicas. A través de una exhaustiva investigación y planificación, así como del uso de tecnologías avanzadas, GymComfort Guidance ha logrado desarrollar una plataforma funcional con un potencial escalable significativo.

En el ámbito tecnológico, se identifican varias oportunidades para mejorar aún más la aplicación. Se busca integrar los frameworks frontend más vanguardistas para mejorar la experiencia del usuario, al tiempo que se prevé expandir la base de datos y el contenido disponible para hacer la aplicación más dinámica y accesible para todos. Además, se pretende mejorar el tratamiento de los datos de los usuarios para garantizar su seguridad y privacidad por medio de Firebase Analytics. Para futuras mejoras en el módulo de softcomputing, se contempla la integración de recomendaciones de dietas personalizadas, así como la implementación de rutinas basadas en algoritmos de Machine Learning, como redes neuronales, para mejorar la precisión predictiva y la adaptabilidad de las rutinas de ejercicio. También se planea agregar recordatorios de consejos saludables y indicadores de progreso para evaluar el rendimiento del usuario y la usabilidad de la aplicación. Además, se buscará analizar el comportamiento de los usuarios que abandonan la aplicación para identificar oportunidades de mejora y retención.

En conclusión, GymComfort Guidance representa un avance significativo en la promoción de la salud y el bienestar a través de la tecnología y el fitness. Con un enfoque en la innovación continua y la mejora constante, esta plataforma tiene el potencial de transformar la forma en que las personas acceden y participan en programas de ejercicio, mejorando así su calidad de vida y salud a largo plazo.

REFERENCIAS

Gus-Rie. (2019, septiembre 15). ¿Conoces la historia de la fisioterapia en México? *Blog de fisioterapia*. RIE Rehabilitación e Intervención Especializada. <https://www.riehabilitacion.com.mx/historia-de-la-fisioterapia-en-mexico/>

Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE). (2020, noviembre 12). Mata la obesidad a 41 millones de personas cada año en el mundo.

gob.mx. <https://www.gob.mx/issste/prensa/mata-la-obesidad-a-41-millones-de-personas-cada-ano-en-el-mundo?idiom=es-MX>

Cordero, A., Dolores, M., & Galve, E. (2024). Ejercicio físico y salud. *Revista Española de Cardiología*, 67, 748-753.

Perimeter 81. (2021, noviembre 15). What is GDPR compliance? Perimeter 81. <https://www.perimeter81.com/glossary/gdpr>

Web Accessibility Initiative (WAI). (s.f.). WCAG 2 overview. W3C Web Accessibility Initiative. <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>

Kisner, K., & Allen Colby, L. (2005). *Ejercicio terapéutico: Fundamentos y técnicas* (1.a ed.). PAIDOTRIBO. Disponible en: <http://bookmedico.blogspot.com>

Lois Guerra, J., Aldrete Velasco, J., Camacho Silva, B., & Rábago Pinedo, J. E. (2021). *Guía práctica para la rehabilitación respiratoria, muscular y neurosensorial del paciente con alta tras infección moderada a severa por COVID-19*. VIATRIS.

Dirección General de Desarrollo Estudiantil. (2020). *Guía de actividad física en casa*. Universidad de Playa Ancha. Disponible en: <https://www.upla.cl>

Keyrus. (s.f.). Las 11 técnicas más utilizadas en el modelado de análisis predictivos. *Insight | Keyrus*. <https://keyrus.com/sp/es/insights/las-11-tecnicas-mas-utilizadas-en-el-modelado-de-analisis-predictivos>

Admin. (2022, noviembre 15). Algoritmos para el análisis predictivo. *Datahack*. <https://www.datahack.es/algoritmos-analisis-predictivo/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f.). Sala de prensa. <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia.html?id=8774>

Abbott Diabetes Care. (2021, septiembre). *Manual de ejercicios* (Versión 1). Abbott. Disponible en: <https://pro.freestyle.abbott/content/dam/adc/pro/countries/es-es/pdf/noticias-y-eventos/recursos-de-educacion-del-paciente/Ebook-Abbott-manual-de-ejercicios.pdf>

FUNDALER, Fundación Argentina para el Estudio del Asma y otras Enfermedades Alérgicas, & CeNARD, Centro Nacional de Alto Rendimiento Deportivo. (2023). *Guías para la prescripción del ejercicio y la práctica deportiva en el asma*. Buenos Aires: Programa de Deporte y Salud. Recuperado de <https://amdarq.org/wp-content/uploads/2023/05/GUIAS-ASMA-Y-DEPORTE-2023.pdf>



Recibido 16 Ene. 2025

ReCIBE, Año 14 No. 1, Mzo. 2025

Aceptado 13 Feb. 2025

Propuesta de mejora de guía de revisión de la Accesibilidad Web visual basada en métricas

Proposal to improve the review guide for visual Web Accessibility based on metrics

Veronica K. Pagnoni
vero_pagnoni@hotmail.com
Sonia I. Mariño¹
simarinio@yahoo.com

¹ Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Nordeste. Licenciada en Sistemas.

Resumen.

El artículo trata la evaluación de la Accesibilidad Web basada en las percepciones visuales de usuarios de una Plataforma Educativa de formación docente continua de alcance nacional. Se presenta una mejora de la guía de evaluación de la AW presentada con anterioridad basada en un conjunto de métricas asociadas. La validación de la propuesta se realizó en el período septiembre-octubre de 2019. La investigación descriptiva transversal sistematizó 101 apreciaciones respecto a tres páginas seleccionadas de una Plataforma Educativa utilizando la guía de evaluación incluyendo aspectos para capturar datos de las percepciones visuales. El análisis de los resultados utiliza métricas basadas en aportes de otros autores y adecuada a la problemática. La validación de la propuesta al caso de estudio, indica que los principios Perceptible y Comprensible presentan mayores dificultades, lo cual se refleja en barreras de acceso. El análisis pormenorizado, indica las mejoras sustantivas a contemplar en el diseño web y su evaluación con métodos que incluyen como herramientas guías de evaluación aplicadas por los usuarios y métricas para cuantificar el grado de AW cumplimentado. Finalmente, se sostiene la importancia de incluir a los usuarios en revisiones de la AW para disponer de una visión más amplia que complementa a las evaluaciones automáticas.

Palabras clave: Accesibilidad Web, Métricas, Discapacidad visual, Participación de usuarios, Plataforma Educativa.

Abstract

The article deals with the evaluation of Web Accessibility based on the visual perceptions of users of an Educational Platform for continuous teacher training of national scope. An improvement of the AW evaluation guide presented previously is presented based on a set of associated metrics. The validation of the proposal was carried out in the period September-October 2019. The cross-sectional descriptive research systematized 101 assessments regarding three selected pages of an Educational Platform using the evaluation guide including aspects to capture data on visual perceptions. The analysis of the results uses metrics based on contributions from other authors and appropriate to the problem. The validation of the proposal for the case study indicates that the Perceptible and Understandable principles present greater difficulties, which is reflected in access barriers. The detailed analysis indicates the substantive improvements to be considered in the web design and its evaluation with methods that include as tools evaluation guides applied by users and metrics to quantify the degree of AW completed. Finally, the importance of including users in AW reviews is maintained to have a broader vision that complements automatic evaluations.

Keywords: Web Accessibility, Metrics, Visual Impairment, User Engagement, Educational Platform

1. Introducción

La Organización Mundial de la Salud (2011) define a la discapacidad como “una condición del ser humano que, de forma general, abarca las deficiencias, limitaciones de actividad y restricciones de participación de una persona”, también alude entre los obstáculos discapacitantes la “falta de accesibilidad”, debido a que las personas con discapacidad, en comparación con las no discapacitadas, tienen tasas significativamente más bajas de uso de las TIC. Esta organización afirma que suprimir los obstáculos en los diferentes ámbitos ayudará a que los usuarios con discapacidad participen efectivamente en ellos; esto solo se logrará a partir del trabajo conjunto entre los sectores público y privado, así como con la participación de los distintos actores involucrados. En este sentido, Pereyra (2014) expresa que, así como se crean rampas para que todas las personas puedan circular sin inconvenientes por una ciudad, también se deben crear rampas tecnológicas, de manera tal, que se garantice la accesibilidad de todos a la información y el conocimiento.

Según la Organización Mundial de la Salud (2023) 1300 millones de personas, es decir, 1 de cada 6 personas en el mundo poseen una discapacidad. La discapacidad o la atención a esta problemática puede abordarse desde diversas aristas, una de ella trata la Accesibilidad Web (AW) dada la connotación de las TIC en la sociedad actual.

Con la finalidad de aportar en este contexto de complejidades emergentes, el artículo expone las “Pautas de Accesibilidad de Contenido Web” (WCAG) siguiendo al W3C (2009).

Se presenta una fundamentación teórica que contribuye y contextualiza el contenido del artículo, comentando aspectos generales de la Accesibilidad Web y su relevancia en la sociedad actual en donde prima disponer contenidos desde la WWW. Así como la importancia del uso de métricas para mejorar la medición de la AW de contenidos Web.

La metodología da cuenta de la sistematicidad del trabajo abordado. Sustentado en conocimientos y otros trabajos previos, se precisan cuestiones particulares que diferencian este artículo en relación a otros. Permite dar cuenta de la evolución en el abordaje de la AW. Metodología que puede replicarse.

En los resultados se exponen la mejora a la guía de evaluación expuesta en Pagnoni y Mariño (2021).

La mejora se centra en establecer ponderaciones para los criterios evaluados y proponer un conjunto de métricas que pueden aplicarse a cualquier producto virtual para medir su AW.

Asimismo, se presenta en esta sección la validación de la guía mejorada y las métricas descriptas, presentando los resultados en tablas y gráficas que facilitan la interpretación de los datos.

En las discusiones se realizan análisis exponiendo las contribuciones de las métricas a los resultados originales, estableciendo los nuevos hallazgos al utilizarlas. Finalmente, se concluye que existe la necesidad de profundizar en la difusión y aplicación de la AW como una medida de calidad dirigida a todos los sujetos de la sociedad del conocimiento.

2. Fundamentación teórica

2.1 Accesibilidad web a los contenidos

La AW asegura que personas con algún tipo de discapacidad puedan utilizar la Web, lo que implica, un diseño Web que permita que estas personas puedan percibir, entender, navegar e interactuar con el contenido Web (Luján Mora, 2020).

Siendo la Web un medio imprescindible en la actualidad, distintas organizaciones como ISO (2021), W3C (Shawn, 2019) y AENOR (2020) diseñaron diversas normas, estándares y guías, referidas al diseño e implementación de páginas web. En un contexto colaborativo y dirigido a atender las discapacidades estas se promulgan con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los e-ciudadanos.

En su versión 2.0 de la WCAG, se disponen de 4 principios teóricos que buscan garantizar el acceso a los contenidos, identificados como Perceptible, Operable, Comprensible y Robusto (W3C, 2016). Cabe destacar que estos principios se componen de criterios y puntos de verificación, los que se corresponde con uno de los tres niveles de prioridad establecidos por las pautas. Así se identifican las siguientes tres prioridades:

- Prioridad 1: son aquellos requisitos que un desarrollador Web tiene que cumplir, de otra manera ciertos grupos de usuarios no podrán acceder a la información de un sitio Web.
- Prioridad 2: son aquellos puntos que un desarrollador Web debe cumplimentar, para evitar que sea muy difícil acceder a la información para ciertos grupos de usuarios.
- Prioridad 3: son aquellos requerimientos que un desarrollador Web debe cumplir, de lo contrario algunos usuarios experimentarían ciertos problemas para acceder a la información.

Los niveles de conformidad se establecen en función a los puntos de verificación:

- Nivel de Conformidad "A": todos los puntos de verificación de Prioridad 1 se satisfacen.
- Nivel de Conformidad "Doble A": todos los puntos de verificación de Prioridad 1 y 2 se satisfacen.
- Nivel de Conformidad "Triple A": todos los puntos de verificación de Prioridad 1,2 y 3 se satisfacen.

2.2 Métricas

Las innovaciones en el s. XXI pueden abordarse considerando como las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) impactan significativamente en la sociedad a través de la salud, educación, cultura, economía y todas aquellas actividades que emergen. Para identificar el impacto, se utilizan distintos instrumentos, entre ellos las métricas.

Según González López, Banegil Palacios y Buenadicha Mateos (2013) una de las decisiones más complejas en la generación de una métrica es la ponderación que deben considerarse para cada una de las distintas características que se tienen en cuenta. Estos autores afirman que “el análisis factorial de componentes principales ofrece una solución al dividir estas características en componentes que se pueden considerar índices aditivos en sí” (p. 20).

En Lugo García y García Perez (2011) se establece que las organizaciones deben definir sus métricas considerando sus objetivos y necesidades de información. Según Basili, Caldiera y Rombach (1994) la aplicación de métricas debe surgir naturalmente al mirar los objetivos puntuales de un proceso. Las métricas son importantes para controlar, entender y mejorar productos y procesos en el desarrollo de software mejorando así su calidad. Martins y Duarte (2022) definen las métricas de AW como fórmulas que son aplicadas utilizando los datos proporcionados por evaluaciones manuales, semi-automáticas o automáticas.

Las métricas cuantitativas para la AW sintetizan el resultado de las evaluaciones en un valor que se corresponde con el grado de accesibilidad cumplimentado. Su objetivo es brindar una idea de cuán accesible es el contenido evaluado. El análisis posibilita comparar diferentes versiones de una página y disponer de una visión global sobre una muestra determinada (Naftali, 2010).

Parmanto y Zeng (2005) agregan a la medición un peso que representa el problema potencial de cada barrera. En Bühler, Heck, Perlick, Nietzio y Ulltveit-Moe (2006) y Román Durán, Bernier Villamor & Fernández Rodríguez (2013) se incorporan la complejidad de una barrera y el impacto sobre los diferentes grupos de personas con discapacidad. Martins y Duarte (2022) evalúan 11 métricas de accesibilidad web. Estas métricas se calcularon automáticamente utilizando QualWeb.

2.3 Accesibilidad Web, Plataformas Educativas, mediciones

La pandemia causada por el SARS-COV-19 aceleró los procesos de transformación, siendo las plataformas web una herramienta estratégica para aportar valor en múltiples actividades sociales. La educación en el s. XXI se caracteriza por la diversidad de innovaciones que conducen a plataformas educativas destinadas a distintas comunidades de intereses. Por ello, identificar y valorar la Accesibilidad Web de los espacios virtuales agrega valor.

En particular, en una Plataforma Educativa (PE), la valoración centrada en la accesibilidad visual como criterio de calidad, resulta insuficiente si solo se consideran herramientas de evaluación automática. Por ello, con la finalidad de contemplar las necesidades de los potenciales usuarios se incorporan evaluaciones manuales (Tabares, Duque, Flórez, Castaño, & Ruiz, 2014).

En este sentido diversos autores expusieron sus hallazgos, sustentando el aporte de la presente investigación. A continuación, se sintetizan algunos de ellos.

Román Durán, Bernier Villamor y Fernández Rodríguez (2013) analizaron sitios web institucionales y midieron diversos indicadores relacionados con la Accesibilidad Web, utilizando herramientas y métricas para establecer el grado de cumplimiento de los estándares. En este trabajo los autores presentan el diseño de una medida cuantitativa para medir su nivel de accesibilidad, con objeto de establecer un ranking entre 79 universidades españolas para evaluarlas y compararlas. Se utilizaron indicadores para medir la accesibilidad web: accesibilidad, estándares web, búsqueda, usabilidad y calidad.

Hilera, Amado Salvatierra, Martínez, Viera, y Pestana (2014) combinaron los resultados del uso de herramientas automáticas y la revisión manual por parte de los usuarios para determinar el nivel de accesibilidad de un sitio web. Para llevar adelante la revisión manual utilizan una guía de preguntas que los usuarios participantes deben contestar a medida que navegan por el sitio. Además, realizan un estudio comparativo entre los resultados obtenidos con la aplicación de las herramientas automáticas y la revisión manual. Asimismo, Tabares, Duque, Flórez, Castaño y Ruiz (2014) realizan una validación automática con una herramienta y luego presentan a un grupo de expertos un instrumento para la evaluación manual. Los autores afirman que las revisiones por medio de herramientas automáticas y las manuales se complementan, y ambas deben considerarse al evaluar un sitio web. El instrumento utilizado para evaluación manual considera los aspectos de diseño, contenido, navegabilidad, funcionalidad y soporte en la evaluación manual en un repositorio de objetos de aprendizaje y sitios web para cursos virtuales.

Quizhpi (2015) propone una metodología para crear páginas web para discapacitados visuales. Definen las etapas de planificación, diseño, prototipado, codificación y pruebas para lograr una página web accesible según las normas WCAG 2.0.

Pinargote Ortega et al. (2018) aplicaron principios de diseño universal, Accesibilidad Web, usuarios invidentes y normas de accesibilidad al sitio web en base al marco legislativo del Ecuador, en busca de igualar derechos y oportunidades de las personas con ceguera total y parcial en el acceso a la información y a la comunicación.

Paniagua, Bedoya y Mera (2020) desarrollan un método para evaluar la accesibilidad y la usabilidad de una aplicación móvil. En este estudio se tiene como actores principales a usuarios con discapacidad los que llevan adelante las pruebas interactuando con las aplicaciones.

Mariño, Alfonzo y Godoy (2020) proponen inferir la calidad del proceso software centrado en la construcción de plataformas educativas por medio de la utilización de métricas. Se analizan diferentes aspectos de la AW realizando pruebas con TAW y Examinator en un sitio tomado como caso de estudio. Los resultados de estas evaluaciones aplican una métrica que brinda un puntaje ponderado para estimar el cumplimiento de los estándares en el sitio estudiado.

Estos artículos presentan en común la relevancia de integrar al usuario como evaluador y la aplicación de métricas para analizar los resultados de la validación. Por lo resumido precedentemente, aun cuando existen legislaciones en torno a la accesibilidad web, es indispensable asegurar que las Plataformas Educativas cumplimenten los estándares, consignando el papel del usuario.

3. Metodología

El estudio se encuadra en una investigación cuantitativa descriptiva, se busca caracterizar la Accesibilidad Web de las páginas de un portal a través de la percepción de los usuarios. Por ello, se aplicaron criterios y procedimientos expuestos por la WCAG 2.0, El diseño de la evaluación, constó de las siguientes fases:

Fase 1: Profundización de los aspectos teóricos referentes a Accesibilidad Web.

1.1 Definición de destinatarios: se abordó la Accesibilidad Web considerando la discapacidad visual de los potenciales usuarios, en este caso el perfil docente.

1.2 Relevamiento de proyectos similares de evaluación de la AW en la educación. Los resultados de esta etapa se sintetizaron en la sección 2, y refieren al abordaje teórico considerado en el trabajo.

Fase 2: Definición y aplicación de una metodología para el abordaje empírico del tema.

2.1 Estudio y elección de estándares referentes a la Accesibilidad Web: se seleccionó la norma WC3 en su versión WCAG 2.0 y se determinó el peso de influencia de los distintos principios en relación a los usuarios con discapacidad visual considerando los niveles de conformidad de los criterios. De esta manera, las ponderaciones establecidas varían del 1 al 3, asignando el peso 1 a criterios cuyo incumplimiento ocasionan barreras leves y que conforman el nivel de conformidad AAA, 2 a criterios que provocan obstáculos más notorios y que pertenecen al nivel de conformidad AA, y 3 a criterios elementales que se deben cumplimentar en un contenido web para que sea accesible y corresponden al nivel de conformidad A.

2.2 Estudio y elección de herramientas para la medición de la accesibilidad web. La elección de las herramientas para evaluar la AW se sustentó en la disponibilidad de las mismas, y su uso en numerosos trabajos. Por ello, se considera privilegiar su introducción a fin de capitalizar experiencias. Estas herramientas proporcionan los resultados de las pruebas, es decir, datos a contrastar o complementar con otros tipos de evaluaciones. Se optó por:

2.2.1 Mejora de la guía de revisión manual diseñada para la AW: en Pagnoni y Mariño (2021) se propuso una guía indicando preguntas asociadas a los criterios de AW según el estándar WCAG 2.0. la propuesta se basó en García (2006), Mora (2006), Hilera, Fernández, Suárez y Vilar (2012), y Tabares, Duque, Flórez, Castaño y Ru (2014).

2.2.2 Diseño de métrica para medir la AW: determinación de medidas que aporten a cuantificar el incumplimiento de la AW de las páginas evaluadas. Se contemplaron los aportes definidos por Parmanto y Zeng (2005), Bühler, Heck, Perlick, Nietzio y Ulltveit-Moe (2006), González López, Banegil Palacios y Buenadicha Mateos (2013).y Román Durán, Bernier Villamor & Fernández Rodríguez (2013).

2.2.3 Caracterización de los usuarios: se relevaron ciertas características de los usuarios participantes tales como: edad, género, tipo de dispositivo que utiliza para conectarse y si cuenta con algún problema visual.

2.3. Configuración del equipo software y hardware: configuración del hardware utilizado: Intel(R) Core(TM) i5-1035G1 CPU @ 1.00GHz 1.19 GHz. Memoria 8,00 GB. Sistema operativo Windows 10 de 64 bits procesador x64. Se utilizó como navegador Google Chrome.

2.4 Selección de las páginas web de la PE: para realizar las validaciones se consideraron tres páginas representativas de la plataforma educativa elegida. Como se mencionó en Pagnoni y Mariño (2021), el docente que realiza una formación, debe acceder al contenido de cada una de estas páginas, para visualizar las clases virtuales y realizar las actividades propuestas en la formación. La Página 1 es la página inicial, contiene la bienvenida a los cursantes, un menú para ordenar y filtrar las propuestas académicas y un listado de formaciones disponibles. La Página 2 permite que un cursante inicie sesión y acceda a las inscripciones de los cursos y a la plataforma virtual. La Página 3 corresponde a la pantalla de inicio de la Plataforma Educativa. La elección de las páginas se realizó considerando las más utilizadas por los destinatarios de la plataforma, una de las autoras es usuaria de la misma. Como limitación del artículo, se reconoce que no se accede al código fuente, para determinar el uso de plantillas.

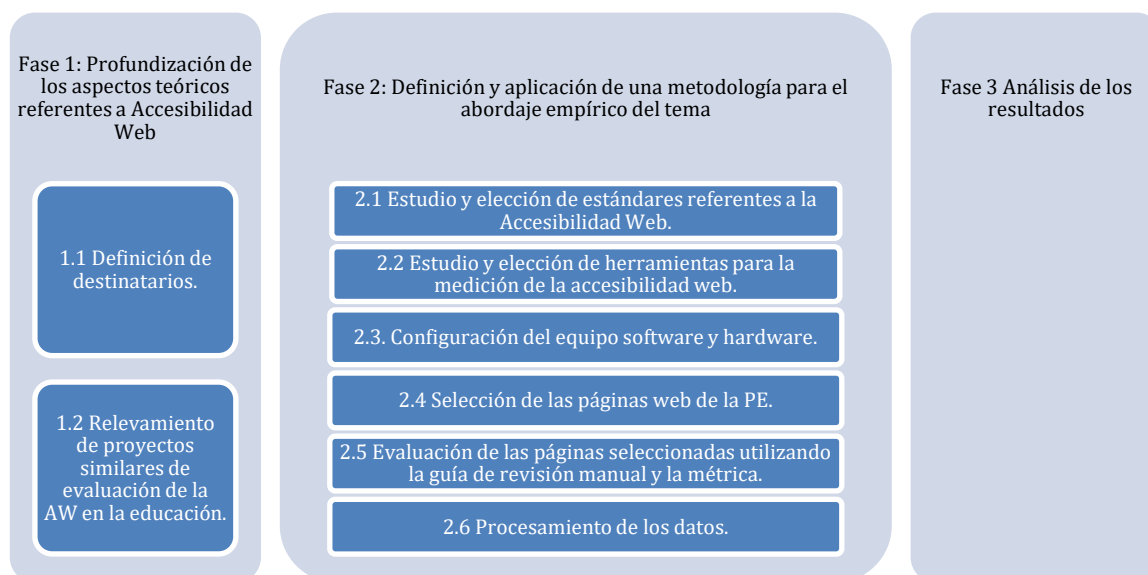
2.5 Evaluación de las páginas seleccionadas utilizando la guía de revisión manual definida en la sección 3.1, y la métrica, recursos diseñados sobre los aportes de otros autores (mencionados en 2.2.1 y 2.2.2).

2.6 Procesamiento de los datos: Se utilizó el software SPSS v.22.

Se eligió el software SPSS debido a que permite realizar una sistematización y ordenamiento de datos mediante tablas y gráficos, de manera rápida, posibilitando el análisis de la información sobre los aspectos medidos acerca de la AW en cada página.

Fase 3 Análisis de los resultados. Considerando la guía y las métricas establecidas se procesaron los datos y los resultados se analizaron contemplando cuestiones esenciales al contexto en que se inscribe la propuesta y que caracteriza a los participantes del estudio.

Figura 1- Fases de trabajo



4. Resultados

Los resultados se exponen considerando la guía de revisión y la métrica diseñada a partir de aportes de otros autores. La propuesta se valida con una muestra de 101 docentes, quienes respondieron en una encuesta aplicada en el año 2019.

4.1 Propuesta de mejora de guía basada en métricas

La validación por experiencia de usuario posibilita considerar el funcionamiento y la interacción de las personas con el contenido web en tiempo real. Es decir, se puede aportar aspectos de importancia acerca de la AW no detectados por herramientas automáticas (Asociación por los Derechos Civiles, 2019).

En este trabajo se presenta una mejora a la guía elaborada en Pagnoni y Mariño (2021), la cual se diseñó con objetivo de capturar la percepción de los potenciales usuarios de una Plataforma Educativa y contempla los criterios planteados por García (2006), Mora (2006), Hilera, Fernández, Zuárez y Vilar (2012), y Tabares, Duque, Flórez, Castaño y Ruiz (2014). La mencionada guía se compone de dos secciones: la primera caracteriza a los participantes y la segunda se constituye por una serie de interrogantes para evaluar cada una de las páginas. La propuesta de evaluación se sustenta en preguntas simples cuyas respuestas pueden resolverse navegando por el contenido web. Los interrogantes abarcan los principales criterios de la WCAG 2.0 siendo las posibles opciones de respuesta: Sí, Medianamente y No.

La mejora de esta guía de evaluación se concretó mediante la incorporación en la “Tabla de Criterios a evaluar e interrogantes” de las ponderaciones necesarias para la aplicación de las métricas propuestas.

En este estudio se consideraron los niveles de conformidad A (menos exigente), AA y AAA (más exigente) para establecer los pesos a cada incumplimiento de un criterio. Es por ello, que en este caso se establecieron ponderaciones del 1 al 3, fijando 1 a criterios cuyo incumplimiento provocan barreras leves (que forman parte del nivel de conformidad AAA) y el 3 a los criterios más básicos que debería cumplimentar un contenido web para ser accesible (correspondientes al nivel de conformidad A).

En la Tabla 1 se presentan todos los criterios a evaluar con las preguntas que permiten dar cuenta si el criterio se cumple o no. Cabe destacar que al realizar la validación solo se consideran las preguntas relacionadas con el contenido de las páginas web a evaluar, si un criterio no está presente en la página no se puede realizar su validación.

En la Tabla 1, se representa la guía de análisis expuesta en Pagnoni y Mariño (2021) y se muestran las ponderaciones asignadas.

Tabla 1- Criterios a evaluar, interrogantes y ponderaciones

Id	Criterio y nivel de conformidad	Pregunta	Peso
1	Criterio de conformidad 1.1.1 Contenido no textual - Nivel A	1) Si existen imágenes ¿si no pudieran visualizarse, se mantiene la información de la página?	3
2	Criterio de conformidad 1.4.1 Uso del Color - Nivel A	2) Si la página cuenta con textos o elementos con color ¿si estos carecieran de ese color se mantiene la información que transmiten?	3
3	Criterio de conformidad 1.4.3 Contraste (mínimo) - Nivel AA	3) El contraste entre la fuente (de los links, el texto en general, el texto de los botones) y el fondo ¿es suficiente para comprender con claridad lo que está escrito?	2
4	Criterio de conformidad 1.4.4 Cambiar el tamaño del texto - Nivel AA	4) El tamaño de la fuente (de los links, el texto en general, el texto de los botones) con la página visible a un 200% (sin agrandar o achicar) ¿ayuda a su visualización y comprensión?	2
5	Criterio de conformidad 2.4.2 Título de la página - Nivel A	5) ¿El título de la página es claro y comprensible, considerando el contenido de la misma?	3
6	Criterio de conformidad 2.1.2 Sin trampa de teclado - Nivel A	6) Si se utiliza la tecla TAB para moverse entre los elementos de la página ¿se puede acceder a todos?	3
7	Criterio de conformidad 2.4.7 Enfoque visible - Nivel AA	7) Cuando se presiona la tecla TAB para recorrer los elementos de la página ¿se puede ver alguna señal visual que muestre qué elemento está activo?	2
8	Criterio de conformidad 2.4.9 Propósito del vínculo (sólo vínculo) - Nivel AAA	8) Considerando el nombre de cada link ¿se comprende sin ambigüedades a dónde llevan estos enlaces?	1
9	Criterios de conformidad 1.3.1 Información y relaciones - Nivel A	9) En un formulario ¿cada dato a ingresar está acompañado de un texto que lo identifica?	3
10	Criterio de conformidad 2.2.1 Tiempo ajustable - Nivel A	10) ¿El tiempo ofrecido para completar los datos es suficiente?	3
11	Criterio de conformidad 3.3.2 Etiquetas o Instrucciones - Nivel A	11) ¿Los textos que acompañan a los espacios en blanco para introducir datos son suficientemente claros para comprender exactamente qué dato se espera que se coloque?	3
12	Criterio de conformidad 3.3.2 Etiquetas o Instrucciones - Nivel A	12) ¿Es fácil comprender cómo enviar los datos, considerando el color y texto del botón de envío?	3
13	Criterio de conformidad 3.3.3 Sugerencia de error - Nivel AA	13) En el caso de que se requiera la introducción de datos ¿el mensaje de incorporación de datos erróneos orienta al usuario para saber cuál fue el error cometido?	2
14	Criterio de conformidad 1.2.2 Contenido Multimedia - Nivel A	14) Si existen presentaciones o videos ¿están subtítulos?	3
15	Criterio de conformidad 1.4.2 Controles de audio - Nivel A	15) Si suena un audio de manera automática ¿existen controles para detener su reproducción?	3
16	Criterio de conformidad 2.2.2 Controles para las animaciones - Nivel A	16) Si hay animaciones que se muestran de manera automática ¿se muestran controles para detener su reproducción?	3
17	Criterio de conformidad 2.2.2 Pausar, detener, ocultar - Nivel A	17) Si existe cualquier otro contenido que se mueva en la página ¿éste se puede detener o pausar?	3

Id	Criterio y nivel de conformidad	Pregunta	Peso
18	Criterio de conformidad 3.1.1 Idioma de la página - Nivel A	18) ¿La página presenta una opción para cambiar el idioma?	3
19	Criterio de conformidad 4.1.1 Maquetación - Nivel A	19) Si hay tablas que muestran datos ¿las columnas están correctamente nombradas, considerando su contenido?	3

La innovación o propuesta de mejora radica en la asignación de ponderaciones y la generación de métricas para dar valor al grado de incumplimiento de la AW. A continuación, se presentan un conjunto de métricas, que utilizan las ponderaciones asignadas y se basan en las validaciones de los usuarios.

El valor agregado radica en la versatilidad de las métricas. Estas fórmulas se pueden aplicar a cualquier producto virtual. Es decir, a un documento, un material didáctico, una página, una aplicación, una plataforma, o a cualquier espacio o elemento que el usuario necesite acceder, navegar y utilizar.

En un sentido más general, estas métricas pueden ser usadas para medir una característica factible de ser descompuesta en diferentes aspectos evaluables de un producto sea virtual o no.

Validación de Incumplimiento Absoluta

La medida Validación de Incumplimiento Absoluta da idea del grado de incumplimiento de lo que se desee medir en valor absoluto de un producto. Para aplicar esta métrica se debe:

- Establecer los criterios a evaluar para medir la característica que se desea verificar su grado de incumplimiento.
- Determinar las posibles respuestas que podrá dar el validador para un criterio determinado.
- Definir las ponderaciones para cada criterio considerando la importancia de su cumplimiento.
- Identificar los criterios que se pueden evaluar en el producto, para poder establecer la cantidad total de criterios que se pueden evaluar.

$$VIA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (V_{c_j} \cdot C_j) \right) \cdot P_{c_i}$$

.Donde:

V_{c_j} : valor j dado por el usuario al criterio i

C_j : cantidad de usuarios que dieron una respuesta j al criterio i

P_{c_i} : peso asignado al criterio i

M: cantidad de usuarios que validaron el producto

m: cantidad de posibles respuestas

n: cantidad de criterios evaluados

La importancia de esta métrica radica en que puede ser utilizada para comparar el grado de incumplimiento de una característica de un producto con el de otro. En su cálculo permite definir los aportes parciales de incumplimiento de cada criterio lo cual facilita la determinación de aquellos que deben ser considerados en la revisión del producto para lograr mejorar la característica evaluada. El VIA se utiliza para calcular las demás métricas VIM y VIR.

En este caso, el producto considerado es la PE elegida representada por las páginas seleccionadas, la característica que se desea medir es la Accesibilidad Web, los criterios son los establecidos Tabla 1 basados en las pautas WCAG 2.0, las posibles respuestas son: “Si”, “Medianamente” y “No” (siendo 3 la cantidad de posibles respuestas), las ponderaciones están establecidas considerando los niveles de conformidad al que pertenece el criterio, los usuarios que realizaron las validaciones fueron 101 docentes y la cantidad de criterios evaluados dependió del contenido de cada página.

Teniendo en cuenta las ponderaciones propuestas en la Tabla 1 el VIA variará entre 0 a 6. Es decir, 0 representa la carencia de errores de AW de ningún nivel de conformidad, y como máximo 6 cuando todos los criterios evaluados son del mayor peso y no se cumplimentan. Los aportes parciales de incumplimiento de cada criterio pueden observarse en las Tablas 2, 3 y 4, permitiendo identificar los que aportan más o menos a la AW de la PE.

Validación de Incumplimiento Máxima

La medida Validación de Incumplimiento Máxima, proporciona una medida del incumplimiento máximo que podría presentar el producto evaluado. Es decir, si no cumplimentara ninguno de los criterios evaluados, por lo que el valor de la respuesta del usuario sería el máximo posible.

$$VIM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{C_m} * P_{C_i}$$

Donde:

V_{C_m} : valor máximo de incumplimiento del criterio i

C_j : cantidad de usuarios que dieron una respuesta j al criterio i

P_{C_j} : peso del criterio j

n: cantidad de criterios evaluados

Esta valoración resulta de relevancia debido a que permite evaluar la medida en que el producto se acerca o se aleja del valor máximo de incumplimiento (comparando el VIA con su correspondiente VIM). Es decir, posibilita medir cuánto falta mejorar la característica evaluada para llegar al valor deseado de cumplimiento.

En este caso, proporciona una medida de cuánto se debe mejorar la página web evaluada para alcanzar el grado de AW deseado.

Validación de Incumplimiento Relativa

La métrica Validación de Incumplimiento Relativa, brinda idea del incumplimiento en valor relativo de la característica evaluada en el producto validado. Se calcula como la razón de la Validación de Incumplimiento Absoluta y la Validación de Incumplimiento Máxima.

$$VIR = \frac{VIA}{VIM}$$

Es importante considerar que en cada producto se podrá evaluar solo algunos aspectos debido a que otros no estarán presentes, por ello no es posible comparar directamente sus VIA. El VIR cobra relevancia puesto que permite la comparación del grado de incumplimiento entre dos productos sin importar la cantidad de aspectos evaluados en cada uno.

Esta medida puede tomar valores entre 0 y 1. Si el VIA toma el valor 0, significa que no existe incumplimiento de la característica evaluada. En el caso de que el VIA sea igual en valor al VIM, el VIR tomará su máximo valor 1, lo que representa que ninguno de los aspectos evaluados de la característica estudiada se cumplimenta.

En el caso de estudio, donde lo que se mide es el incumplimiento de la AW, si el VIR vale 0, no existe inaccesibilidad web en ningún criterio validado. Si el VIR toma el valor 1 significará que hay un incumplimiento de todos los criterios de AW evaluados.

4.2 Validación de la propuesta

Como se expuso, en Pagnoni y Mariño (2021) se realizó una experiencia en el año 2019 para determinar la percepción visual del perfil docente de la Plataforma Educativa tomada como caso de estudio. El estudio se centró en las respuestas de 101 docentes, usuarios de la Plataforma Educativa que conformaron la muestra.

La información de la Tabla 1, retoma la presentada en Pagnoni y Mariño (2021), incluyendo las ponderaciones para luego poder aplicar la métrica descripta, que cuantifica el grado de cumplimiento de la AW.

Las Tablas 2, 3 y 4 sistematizan los datos correspondientes a la percepción de los usuarios. La información se capturó al aplicar la guía propuesta consistente en 13 cuestiones (Tabla 1) a las Páginas 1, 2 y 3, respectivamente. En las tablas se explicita el identificador de las preguntas utilizadas para la evaluación, la cantidad de respuestas obtenidas de los encuestados clasificadas por tipo de respuesta ("Si", "Medianamente", "No"), el cálculo parcial del no cumplimiento considerando la métrica propuesta por cada criterio evaluado, la ponderación de cada criterio, el aporte de su incumplimiento al resultado final expresados en valores absolutos utilizados para el cálculo del VIA, porcentajes de incumplimiento de cada criterio para observar su aporte al total VIA, el aporte de su incumplimiento al resultado final expresados en valores absolutos utilizados para el cálculo del VIM, porcentajes de incumplimiento de cada criterio para observar su aporte al total VIM.

Cabe aclarar que en el caso de estudio: i) en evaluación de las Páginas 1 y 3 se contemplaron las primeras 8 cuestiones dado que los restantes criterios no aplican para la valoración de estas páginas, por ello el valor de "n" en para estas páginas es de 8 y para la Página 2 de 12; ii) la respuesta "Si" representa el cumplimiento del criterio, "Medianamente" indica el cumplimiento de ciertos elementos correspondientes al criterio y "No" refleja el incumplimiento del criterio por parte de todos los elementos de la página web; a modo de ejemplo, si se cuenta con 10 imágenes en la página, si las 10 poseen descripción la respuesta es "Si", si solo 4 disponen de descripción la respuesta es "Medianamente" y si ninguna la tiene la respuesta es "No"; iii) las respuestas a la evaluación que pueden dar los usuarios son "Si", "Medianamente" y "No", donde la variable V_{cj} toma los valores 0, 1 y 2, respectivamente; por lo que "m" tiene un valor 3, ya que son tres las posibles respuestas; iv) la cantidad de usuarios que realizaron la validación fue de 101 lo cual da el valor a M.

Tabla 2- Evaluación de la Página 1

Id	Cantidad de respuestas C_j			Cálculo parcial $m = 3$ $M = 101$ $\frac{1}{M} \sum_{j=1}^m (v_{Cj} \cdot C_j)$	Peso de un criterio P_{Ci}	Aporte de cada criterio al VIA $n = 8$		Cálculo parcial $V_{Cm} = 2$ $V_{Cm} * P_{Ci}$	Aporte de cada criterio al VIM $n = 8$	
	Si	Media-namente	No			Absoluto	%		Absoluto	%
	$V_{C1}=0$	$V_{C2}=1$	$V_{C3}=2$							
1)	78	15	8	0,31	3	0,12	22,46	6	0,75	15,79
2)	70	25	6	0,37	3	0,14	26,81	6	0,75	15,79
3)	83	16	2	0,20	2	0,05	9,66	4	0,50	10,53
4)	78	19	4	0,27	2	0,07	13,04	4	0,50	10,53
5)	89	12	0	0,12	3	0,04	8,70	6	0,75	15,79
6)	89	12	0	0,12	3	0,04	8,70	6	0,75	15,79
7)	89	12	0	0,12	2	0,03	5,80	4	0,50	10,53
8)	81	20	0	0,20	1	0,02	4,83	2	0,25	5,26
VIA_i =						0,51	100	VIM_i =	4,75	100
VIR_i =						0,11				

Figura 2- Aporte de cada criterio al VIA de la Página 1

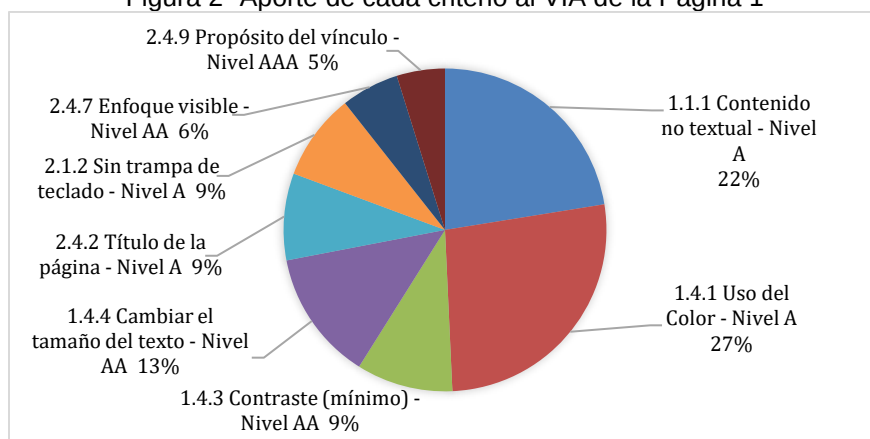


Tabla 3- Evaluación de la Página 2

Pre gunt a	Cantidad de respuestas C_j			Cálculo parcial $m = 3$ $M = 101$ $\frac{1}{M} \sum_{j=1}^m (V_{C_j} \cdot C_j)$	Peso de un criterio P_{Ci}	Aporte de cada criterio al total $n = 12$		Cálculo parcial $V_{Cm} = 2$ $V_{Cm} * P_{Ci}$	Aporte de cada criterio al VIM $n = 12$	
	Si	Mediana -mente	No							
	$V_{C_j}=0$	$V_{C_j}=1$	$V_{C_j}=2$			Absoluto	%		Absoluto	%
1)	82	17	2	0,21	3	0,05	7,50	6	0,50	10,00
2)	78	19	4	0,27	3	0,07	9,64	6	0,50	10,00
3)	82	18	1	0,20	2	0,03	4,76	4	0,33	6,67
4)	79	20	2	0,24	2	0,04	5,72	4	0,33	6,67
5)	89	11	1	0,13	3	0,03	4,64	6	0,50	10,00
6)	89	12	0	0,12	3	0,03	4,29	6	0,50	10,00
7)	89	12	0	0,12	2	0,02	2,86	4	0,33	6,67
8)	81	20	0	0,20	1	0,02	2,38	2	0,17	3,33
9)	101	0	0	0	3	0,00	0,00	6	0,50	10,00
10)	101	0	0	0	3	0,00	0,00	6	0,50	10,00
11)	86	14	1	0,28	3	0,07	10,10	6	0,50	10,00
12)	89	12	0							
13)	0	0	101	2	2	0,33	48,10	4	0,33	6,67
					$VIA_2 =$	0,69	100	$VIM_2 =$	5	100
					$VIR_2 =$	0,14				

Figura 3 Aporte de cada criterio al VIA de la Página 2

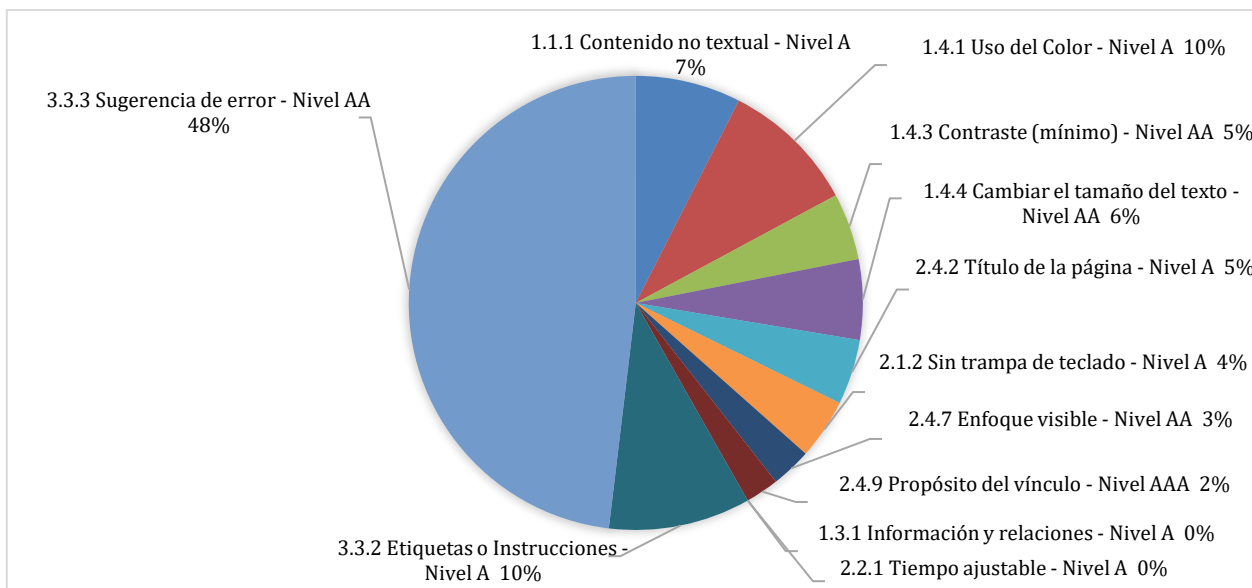


Tabla 4- Evaluación de la Página 3

Id	Cantidad de respuestas C_i			Cálculo parcial $m = 3$ $M = 101$	Peso de un criterio P_{ci}	Aporte de cada criterio al total $n = 8$		Cálculo parcial $V_{Cm} = 2$ $V_{Cm} * P_{Ci}$	Aporte de cada criterio al VIM $n = 8$	
	Si	Mediana -mente	No			Absoluto	%		Absoluto	%
	V_{C0}	V_{C1}	V_{C2}							
				$\frac{1}{M} \sum_{j=1}^m (v_{C_j} \cdot C_j)$						
1)	82	17	2	0,21	3	0,08	17,95	6	0,75	15,79
2)	78	19	4	0,27	3	0,10	23,08	6	0,75	15,79
3)	82	18	1	0,20	2	0,05	11,40	4	0,50	10,53
4)	79	20	2	0,24	2	0,06	13,68	4	0,50	10,53
5)	89	11	1	0,13	3	0,05	11,11	6	0,75	15,79
6)	89	12	0	0,12	3	0,04	10,26	6	0,75	15,79
7)	89	12	0	0,12	2	0,03	6,84	4	0,50	10,53
8)	81	20	0	0,20	1	0,02	5,70	2	0,25	5,26
VIA ₃ =						0,43	100	VIM ₃ =	4,75	100
VIR ₃ =						0,09				

Figura 4- Aporte de cada criterio al VIA de la Página 3

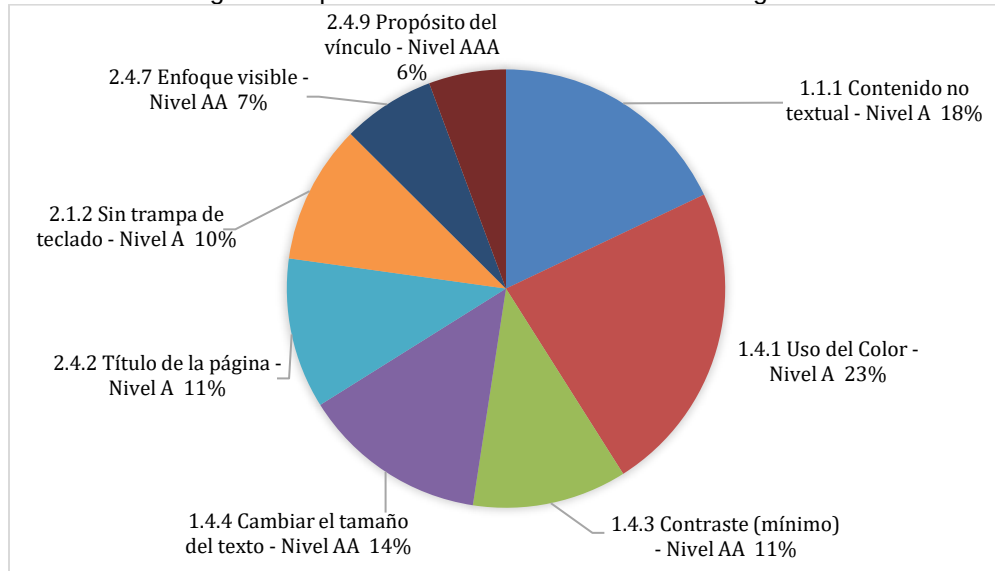
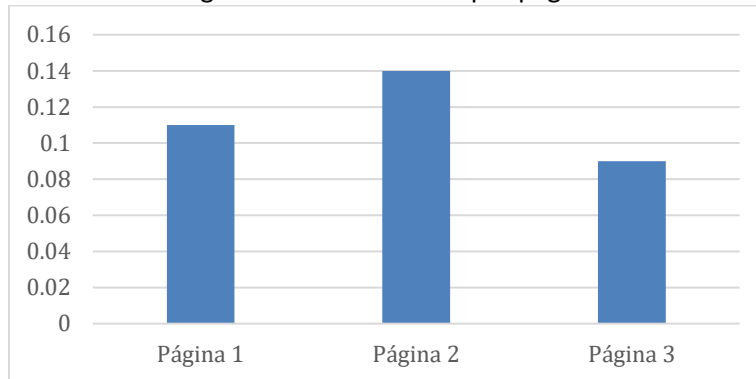


Figura 5- Valores de VIR por página



5. Discusiones

Como se estableció en Pagnoni y Mariño (2021) en la experiencia realizada se determinó que:

- La edad de los usuarios consultados oscila en un 33% entre 21 y 30, en tanto un 80% menos de 50 años.
- Todos los usuarios usan computadora para acceder a la Plataforma Educativa, además, un 80% el teléfono móvil y un 7% Tablet.
- Más de la mitad de las personas consultadas (60%) presenta algún problema visual.
- Estos datos demuestran que numerosas personas tienen una visión natural imperfecta (un 60% de la muestra). Si bien existen tecnologías de apoyo visual, su costo puede hacerlas inaccesibles a todos los usuarios. Otro aspecto a contemplar, es que su uso puede resultar insuficiente cuando se utilizan teléfonos celulares, es por ello que “el contenido web debe estar preparado para una persona con estas deficiencias posea o no una tecnología correctiva” (Pagnoni & Mariño, 2021).
Mediante la aplicación de la métrica se puede observar que:
- Los valores totales que miden la falta de acceso (VIA) en la Página 1 alcanzó a 0,51, en la Página 2 a 0,69 y en la Página 3 a 0,43; en valores relativos (VIR) los obstáculos a la AW representan, tal como se muestra en la Figura 5, un 0,11, 0,14 y 0,09 respectivamente (siendo 1 el máximo posible). Si bien son valores bajos los criterios incumplidos, tal como se puede apreciar en las Figuras 2, 3 y 4, en su mayoría pertenecen al nivel de conformidad A el cual es indispensable alcanzar para asegurar una mínima accesibilidad. Lo expuesto reviste un gran obstáculo en el acceso y manejo del contenido web por parte de los usuarios con discapacidad visual.
- Se reafirma lo establecido en Pagnoni y Mariño (2021) en cuanto a que en las Página 1 y la Página 3, como puede observarse en la Figuras 2 y 4, el criterio que las hace más inaccesibles es 1.4.1 Uso del Color del Nivel de conformidad A, con un 26,81% y 23,05% respectivamente. El cumplimiento de este criterio tiene como finalidad ayudar a los usuarios con visión parcial, así como a los que tienen problemas para diferenciar entre colores (W3C, 2016a). Además, con el uso de la métrica se puede advertir en ambas páginas la falta de cumplimiento del criterio 1.1.1 Contenido no textual correspondiente al Nivel de conformidad A, con un 22,46% en la Página 1 y 17,92% en la Página 3, el cual hace referencia a que todo contenido no textual tiene una alternativa textual que cumple el mismo objetivo. Es importante el acatamiento de este criterio, dado que ayuda a las personas que poseen deficiencias para percibir contenido visual puesto que las tecnologías de asistencia pueden leer texto en voz alta, presentarlo visualmente o convertirlo a Braille (W3C, 2016b).
- Se reafirma lo establecido en Pagnoni y Mariño (2021) referente a que en la Página 2 el criterio que menos se cumple es 3.3.3 Sugerencia de error del Nivel de conformidad AA con un 48,13% del total, como puede apreciarse en la Figura 3. Este criterio concierne a la existencia de sugerencias para el usuario cuando este incurre en errores al ingresar datos. Estos mensajes posibilitan a los usuarios con problemas de visión que comprendan más fácilmente el porqué del error de entrada y cómo corregirlo (W3C, 2016d).
- Al evaluar la Pagina 1, se puede observar que existen criterios que presentaron igual número de repuestas si y medianamente, como las asociadas a las preguntas 5, 6 y 7; analizando en particular las preguntas 6 y 7 donde el peso del criterio varía, se evidencia que el criterio de conformidad 2.4.7 Enfoque visible - Nivel AA, realiza la menor contribución al incumplimiento de la AW.
- Al evaluar la Pagina 2 y 3, se puede observar que existen criterios que presentaron igual número de repuestas si, como las asociadas a las preguntas 1 y 3, y por otro lado 5, 6 y 7; analizando puntualmente las preguntas 1 y 3 y las preguntas 6 y 7, que poseen diferente peso se corrobora que los criterios de conformidad 1.4.3 Contraste (mínimo) - Nivel AA y 2.4.7 Enfoque visible - Nivel AA, contribuyen en menor medida al incumplimiento de la AW.

Como se mencionó Román Durán, Bernier Villamor y Fernández Rodríguez (2013) analizaron sitios de universidades españolas ponderando y midiendo de general diversos aspectos inherentes a la Accesibilidad Web; por ejemplo, miden el índice de “Estándares Web” estableciendo de manera global su cumplimiento o no en una página del sitio evaluado, en tanto en este trabajo se ponderan y se miden criterios específicos de la AW, haciendo mucho más minuciosa la medición.

En Hilera, Amado Salvatierra, Martínez, Viera, y Pestana (2014) y Tabares, Duque, Flórez, Castaño y Ruiz (2014) se usaron guías de preguntas para realizar la revisión manual del sitio estudiado. A diferencia de estos estudios, en el que se presenta en este artículo, se utilizan guías de revisión manual ponderando las barreras encontradas, para posibilitar medir mediante métricas la AW considerando la gravedad de dificultad hallada.

Como se expuso en Quizhpi (2015), Paniagua, Pinargote Ortega y Mera (2018), Bedoya y Mera (2020), se proponen métodos para lograr contenidos web más accesibles, otorgando a los usuarios un papel preponderante. Como aporte, este trabajo además de contar con la colaboración de los usuarios presenta un conjunto de ponderaciones y métricas que ayudan a definir valores acerca del grado de cumplimiento de la AW del sitio evaluado.

En el trabajo de Mariño Alfonso y Godoy (2020) se usan validadores para evaluar algunos aspectos de la AW, a los cuales se le asignan ponderaciones, para luego aplicar una métrica. En la propuesta presentada en este artículo, se proponen ponderaciones y métricas diferentes. En particular el conjunto de medidas que se exponen aporta nuevas formas de medir la Accesibilidad Web y pueden aplicarse a diversos espacios o elementos que un usuario pueda ingresar y recorrer.

6. Conclusiones

El artículo propuso una mejora a una guía de evaluación de la accesibilidad web incorporando métricas para cuantificar el cumplimiento de este criterio de calidad de acceso a la información. Para validar la propuesta se retomó la evaluación de una Plataforma Educativa desde la percepción visual de usuarios, contemplando los principios de la norma WCAG 2.0. Los hallazgos derivados de la propuesta, y tratados a través de la métrica, dan cuenta del incumplimiento total de los principios de Accesibilidad Web en las tres páginas elegidas.

Se corroboraron los resultados previamente expuestos en Pagnoni y Mariño (2021), precando los errores mencionados más graves, y el aporte de estos en la inaccesibilidad total de cada página. El uso de métricas asociadas a la guía de revisión aporta valiosa y precisa información, ya que se tiende a considerar que las respuestas diferentes de “Sí” tienen el mismo peso; esto no ocurre utilizando la métrica debido a que no solo los criterios tienen peso sino también las diferentes respuestas. Además, las métricas propuestas se pueden utilizar para medir la AW de cualquier producto virtual. El aporte de estas métricas reside en su versatilidad, pueden ser aplicadas ajustando la categorización de respuestas y la ponderación de los criterios, así como también se pueden utilizar sin importar la cantidad de personas que realicen la validación manual. En un sentido amplio las mediciones propuestas se pueden utilizar para dar valor de cumplimiento a una característica factible de ser descompuesta en diferentes aspectos que pueden ser validados por usuarios.

Por lo tanto, la mejora de la guía basada en métricas, propuesta en este artículo contribuyen a determinar el nivel de AW, además las ponderaciones y las respuestas de los usuarios pueden ser ajustadas a otros estudios, considerando diferentes aspectos de la AW a medir u otros perfiles de usuario.

Referencias

- ISO / TMBG Junta de Gestión Técnica. (2021). *GUÍA ISO / IEC 71: 2014. Guía para abordar la accesibilidad en los estándares*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/57385.html>
- AENOR. (2020). *Declaración de Accesibilidad*. Obtenido de <https://www.aenor.com/declaracion-de-accesibilidad>
- Asociación por los Derechos Civiles. (2019). *El acceso a los servicios de la información y la comunicación de las Personas con discapacidad*. Obtenido de <https://accesibilidad-digital.adc.org.ar/adc-informe-empirico.pdf>
- Basili, V., Caldiera, G., & Rombach, H. D. (1994). The Goal Question Metric Approach. *Encyclopedia of Soft. Eng.- vol. 2*, 528-532.
- Bühler, C., Heck, H., Perlick, O., Nietzio, A., & Ulltveit-Moe, N. (2006). Interpreting Results from Large Scale Automatic Evaluation of Web Accessibility. K. Miesenberger et al. (Eds.): *ICCHP*, 184–191.
- García, F. (2006). De la convergencia tecnológica a la convergencia comunicativa en la educación y el progreso. *ICONO 14-REVISTA DE COMUNICACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS – ISSN: 1697 - 8293*(7).
- González López, Ó. R., Banegil Palacios, T. M., & Buenadicha Mateos, M. (2013). *El índice cuantitativo de calidad web como instrumento objetivo de medición de la calidad de sitios web corporativos*. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía.
- Hilera, J. R., Amado-Salvatierra, H., Martínez, D., Viera, J., & Pestana, L. (2014). Accesibilidad web: Estudio de un caso con evaluación automática y evaluación de usuarios. *VI Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA2014)*, 149-156.
- Hilera, J. R., Fernández, L., Suárez, E., & Vilar, E. T. (2012). Evaluación de la accesibilidad de páginas web de universidades españolas y extranjeras incluidas en rankings universitarios internacionales. *Revista Española de Documentación Científica*.
- ISO / TMBG Junta de Gestión Técnica. (2021). *Guía para abordar la accesibilidad en los estándares*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/57385.html>
- Lugo García, J. A., & García Pérez, A. M. (2011). Colección automática de métricas hacia un repositorio de mediones. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (58), 199-207.
- Luján Mora, S. (2020). *Accesibilidad Web*. Obtenido de Definición de accesibilidad web: <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=definicion>
- Luján Mora, S. (2020). *Accesibilidad Web. Definición de accesibilidad web*. Obtenido de <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=definicion>
- Mariño, S. I., Alfonso, P. L., & Godoy, M. V. (2020). Medidas de accesibilidad web. Aplicación en una plataforma educativa. *European Scientific Journa*, 16(1), 11-22,. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n1p11>
- Martins, B., & Duarte, C. (2022). *Large-scale study of web accessibility metrics*. *Univ Access Inf Soc* . Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00956-x>
- Mora, S. L. (2006). *Accesibilidad en la Web: ¿Qué hace el atributo alt?* Recuperado el diciembre de 2016, de http://accesibilidadenlaweb.blogspot.com.ar/2006/03/qu-hace-el-atributo-alt_17.html
- Naftali, M. R. (2010). *Análisis e Integración de métricas para la Accesibilidad Web (Tesis de Grado)*. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Informe Mundial sobre la Discapacidad*. Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (marzo de 2023). *Discapacidad. Datos y cifras*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>
- Pagnoni, V. K., & Mariño, S. I. (2021). Una guía de Accesibilidad Web para portales educativos. La revisión de usuarios. *Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC 2021*. .
- Paniagua L., A., Bedoya R., D., & Mera, C. (2020). *Un método para evaluar la accesibilidad y usabilidad en aplicaciones móviles*. Obtenido de *Tecnológicas* , 23 (48), 99-117: <https://doi.org/10.22430/22565337.1553>
- Parmanto, B., & Zeng, X. (2005). Metric for Web accessibility evaluation. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 1394-1404.
- Pereyra, J. M. (2014). *Tecnología, educación y accesibilidad: nociones didácticas, pedagógicas y técnicas sobre nuevos espacios de aprendizaje*. 14º Simposio Argentino de Informática y Derecho.
- Pinargote Ortega, M., Cruz Felipe, M. d., & Ureta, G. D. (2018). *Propuesta de sitio web accesible para personas con discapacidad visual*. Obtenido de DOI: 10.18502/keg.v3i1.1509

- Quizhpi, M. (2015). *Creación de páginas Web accesibles a usuarios con Discapacidad (Informe de Tesis)*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4932>
- Román Durán, M., Bernier Villamor, J. L., & Fernández Rodríguez, G. (2013). Estudio Cuantitativo de la Accesibilidad Web de las Universidades Españolas. *Ibersid*, 49-55. ISSN 1888-0967.
- Shawn, L. H. (marzo de 2019). *Resumen de los estándares de accesibilidad de W3C*. Obtenido de <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/es>
- Shawn, L. H. (2019). *Resumen de los estándares de accesibilidad de W3C*. Obtenido de <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/es>
- Tabares, V., Duque, N. D., Flórez, J., Castaño, N., & Ruiz, K. J. (2014). Evaluación de accesibilidad en sitios web educativos. *Revista Vínculos*, 29-40.
- W3C. (2009). *Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG)*. Recuperado el 2015, de <http://www.sidar.org/traduccion/wcag20/es/>
- W3C. (2016). *Entendiendo WCAG 2.0: Una guía para comprender e implementar las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web 2.0*. Obtenido de <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/Overview.html#contents>
- W3C. (2016a). *Entendiendo WCAG 2.0. Uso del color*. Obtenido de <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/visual-audio-contrast-without-color.html>
- W3C. (2016b). *Entendiendo WCAG 2.0. Contenido no textual*. Obtenido de <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/text-equiv-all.html>
- W3C. (2016d). *Entendiendo WCAG 2.0. Sugerencia de error*. Obtenido de <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/minimize-error-suggestions.html>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.

Recibido 13 Ene. 2025

ReCIBE, Año 14 No. 1, Mzo. 2025

Aceptado 22 Feb. 2025

“Evaluación de los aprendizajes a través del sistema test-Excellent en alumnos del nivel secundario, 2022”

"Assessment of learning through the test-excellent system in secondary students, 2022"

Anthony Pardo¹
hiro.haruki.0@gmail.com

¹ Universidad Católica Sedes Sapientiae - UCSS

RESUMEN

Hoy, las nuevas tecnologías digitales son un gran aliado de la educación en el Perú. Los docentes son quienes, en el proceso diario de enseñanza-aprendizaje, evalúan constantemente los conocimientos que recibe cada estudiante para analizar los resultados. Por ello, este estudio se centra en utilizar Test-Excellent como herramienta de evaluación continua en el proceso de aprendizaje. De hecho, el estudio fue diseñado utilizando modelos cualitativos y métodos documentales utilizados para procesar la información. El resultado de este estudio, de acuerdo a la información recabada, es que la herramienta Test-Excellent tiene grandes ventajas tanto para docentes como para estudiantes, es decir, es fácil de usar y aprender las diversas funcionalidades. Como resultado, esta herramienta permite a los profesores proporcionar comentarios inmediatos y útiles. De igual forma, esta herramienta aún es poco conocida en las escuelas públicas, por lo que no se utiliza en las aulas de secundaria. Además, las computadoras e Internet se pueden usar en el salón de clases, dando lugar a un aprendizaje significativo. Además, se cree que el uso de la herramienta Test-Excellent facilita positivamente la evaluación continua de los estudiantes a través de una interacción positiva entre maestros y estudiantes que están académicamente satisfechos en clase porque están motivados, se consideran divertidos e inteligentes.

PALABRAS CLAVE

Aprendizaje digital, tecnología, aplicación web, sistema de aprendizaje web.

ABSTRACT

Today, new digital technologies are a great ally of education in Peru. Teachers are the ones who, in the daily teaching-learning process, constantly evaluate the knowledge that each student receives in order to analyze the results. Therefore, this study focuses on using Test-Excellent as a continuous evaluation tool in the learning process. In fact, the study was designed using qualitative models and documentary methods used to process the information. The result of this study, according to the information gathered, is that the Test-Excellent tool has great advantages for both teachers and students, i.e., it is easy to use and learn the various functionalities. As a result, this tool allows teachers to provide immediate and useful feedback. Likewise, this tool is still little known in public schools, so it is not used in high school classrooms. In addition, computers and the Internet can be used in the classroom, resulting in meaningful learning. Furthermore, it is believed that the use of the Test-Excellent tool positively facilitates the continuous evaluation of students through a positive interaction between teachers and students who are academically satisfied in class because they are motivated, consider themselves fun and intelligent.

KEY WORDS

Digital learning, technology, web application, web learning system.

1. INTRODUCCIÓN

Trabajo práctico, teniendo en cuenta las enormes oportunidades que abren las nuevas tecnologías en su fructífero desarrollo. En este sentido, y en coherencia con las competencias de 'aprender a aprender', donde los aprendices deben actuar en un amplio proceso de autorregulación que les permita controlar, planificar y movilizar sus esfuerzos, estrategias, evaluarlas, reconducirlas, sustituirlas o eliminarlas según el proceso. Es esta idea la que impulsa el uso de un sistema de calificación virtual para que los estudiantes puedan reflexionar, motivar, tomar decisiones, implementarlas y evaluarlas desde un sistema que ayude a realizar un seguimiento y seguimiento de sus objetivos.

El Capítulo I con el título "Diseño de objetos de investigación" se divide en partes: Introducción. Desarrollado a partir de una revisión bibliográfica exhaustiva que examinó numerosas tesis doctorales, revistas indexadas, libros especializados y otras fuentes para establecer el estado del arte en materia de autorregulación y aprendizaje en el ámbito virtual.

El capítulo II, conocido como marco teórico, incluye una descripción amplia y pertinente que incluye cinco elementos fundamentales: Evaluación de los aprendizajes a través de un sistema de evaluación virtual a través de una plataforma digital Test-Excellent.

El Capítulo III presenta dos contribuciones a las técnicas de evaluación y al aprendizaje en general, así como una contribución fundamental y específica a este libro que se ha identificado como una herramienta probada para medir variables dependientes en este estudio.

El Capítulo IV trata del aspecto metodológico, en tanto se describe desde una posición epistemológica definida por el objeto de estudio, como cuantitativa en sentido empírico, con alcances explicativos y muestrales que incluyen un proceso estocástico sistemático y un conjunto de estadísticas descriptivas. las conclusiones del plan de análisis general, basado en las preguntas y objetivos de investigación.

El Capítulo V presenta los resultados de la investigación presentados en dos partes. Lo primero es suficientemente bueno para establecer la lógica del análisis desde la estadística descriptiva en el primer momento y la estadística inferencial en el segundo.

Conclusión Los resultados obtenidos durante el estudio se han presentado de forma general, intentando dar una respuesta teniendo en cuenta los objetivos y por tanto las preguntas planteadas.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACION

2.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA:

La evaluación del aprendizaje se ha discutido muchas veces, desde la escuela hasta la educación superior; y mayormente no queda claro el nivel de responsabilidad recae sobre la persona clave en la evaluación, es decir, estudiantes, los responsables de la preparación y aplicación, es decir, docentes que interpretan los resultados y emiten juicios morales sobre los estudiantes, es decir, padres.

Esto se debe a que, habiendo vivido varias veces en un sistema meritocrático, los resultados de la evaluación tienden a generar escenarios cualitativos sobre el carácter del estudiante en relación con sus notas. Vale la pena preguntarse si realmente valoramos el aprendizaje de los estudiantes en el colegio. Ante esto, sumado a la actualidad, la evaluación ha sufrido varias innovaciones en la práctica y la instrumentación, principalmente gracias a los avances tecnológicos de los contenidos en el proceso. escuela de educación a distancia. Ahora hemos encontrado herramientas para ayudar a que la evaluación virtual sea más dinámica al proporcionar a los estudiantes una variedad de elementos mediante la presentación de simulaciones, animaciones, imágenes, gráficos y videos.

De alguna manera obtiene más información para analizar las decisiones de aprendizaje que deben evaluarse. Lescano et al. (2017) preguntó a los docentes sobre las herramientas de evaluación que utilizan en los entornos virtuales y encontró que integrar la tecnología en la evaluación de los estudiantes significa más que simplemente transferir los sistemas tradicionales a los entornos virtuales; en otras palabras, los cuestionarios tenían que ser copiados para poder ser respondidos mediante preguntas intermedias o de opción múltiple a desarrollar.

Cuando se trata de evaluación auténtica en sistemas digitales, necesitamos cambiar nuestra percepción de la evaluación, para que también podamos hablar de evaluación auténtica en un entorno virtual y con la ayuda de herramientas innovadoras, sin desviarnos del propósito de enseñar. se basan en este proceso. Entonces, lo que realmente sucede es que muchos maestros simplemente están trasladando los modelos de evaluación tradicionales al entorno virtual por la misma razón por la que los estudiantes diseñan cuestionarios, dibujan gráficos, resumen, seleccionan preguntas de opción múltiple como si lo estuvieran haciendo. Personal en el aula. Además, las plataformas educativas creadas en la educación a distancia se basan en el sistema educativo presencial, que en la mayoría de los casos no tiene conexión directa con la esencia de la educación virtual; por tanto, la plataforma educativa se ha convertido en el único mediador de información y memoria de contenidos. Reconociendo que, además de la gestión del aprendizaje que deseamos examinar, los sistemas de evaluación digital deben incluir requisitos técnicos y metodológicos que permitan monitorear y analizar el progreso de los estudiantes, a través de informes estadísticos. y proporcionar una gama de software de seguimiento del progreso que solucione las necesidades de los estudiantes. No se puede olvidar que muchos estudiantes hoy en día han podido ubicarse en un entorno virtual y están acostumbrados a utilizar las herramientas que allí se encuentran.

El desarrollo de los sistemas digitales implica que los docentes deben tener los conocimientos básicos y necesarios para crear, utilizar y adaptar sistemas de evaluación en su área temática o modelo educativo. De la misma manera, si hablamos de las evaluaciones en plataformas virtuales, también debemos hablar de la calidad de los materiales construidos en estos entornos y de las habilidades que desarrollan los docentes para procesar la información virtual. En la medida en que esta información se transmita a los estudiantes, podrán interactuar de manera efectiva con el entorno digital. En la región de Nueva Cajamarca, la mayoría de las escuelas secundarias urbanas, incluso equipadas con computadoras y maestros dedicados a desarrollar plataformas de aprendizaje a distancia, no pueden permitir que los estudiantes interactúen en estos escenarios y se involucren en su evaluación utilizando innumerables recursos. Por tanto, se necesitan formadores motivados, entusiastas y altamente cualificados en el uso de las nuevas tecnologías, con personalidad suficiente para no dejarse abrumar por los cambios tecnológicos.

El problema es que no es conveniente evaluar en entornos virtuales, no se está canalizando de manera objetiva lo que saben nuestros alumnos y sus desempeños con equipos virtuales con internet. A esto podemos agregar que esta ola de innovación, de cambio de actitud solo aflige a

algunos profesores, principalmente a los más jóvenes, quienes se muestran con mayor predisposición al cambio y la innovación de su práctica.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo la herramienta digital Test-Excellent ayudará a evaluar el aprendizaje de los estudiantes de 5° Grado de secundaria de la IE SJB?

2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuál es el nivel del conocimiento que tienen los alumnos y docentes acerca del uso de herramientas tecnológicas para la evaluación de los aprendizajes en el año 2022?

¿Cuáles son los procedimientos que utiliza el colegio "San Juan Bautista" en la evaluación de los aprendizajes en el nivel secundario en el año 2022?

¿En qué medida el uso del sistema Test- Excellent facilitará la evaluación de los alumnos en el nivel secundario en el colegio "San Juan Bautista" en el año 2022?

2.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El estudio fue realizado en el año 2022 a los alumnos de quinto grado del nivel secundario en el colegio de Nueva Cajamarca "San Juan Bautista".

Periodo de tiempo: esta encuesta se abre el 24 de octubre de 2022 y finaliza el 8 de diciembre de 2022.

2.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Este estudio se limita a la inferencia cualitativa, ya que tiene como objetivo proporcionar información actualizada sobre Test-Excellent, una herramienta de evaluación de aprendizaje continuo, para demostrar los beneficios del uso de esta herramienta. Comience con una explicación de cómo afecta la herramienta y qué tipos de acciones se consideran. Además, teóricamente existen varios enfoques para el uso de herramientas digitales que deben contextualizarse de acuerdo con la situación actual y los objetivos propuestos para cada reunión. Sin embargo, la inclusión de TI brinda la oportunidad de crear un aprendizaje significativo y autodirigido en el aula. Por ello, se considera conveniente utilizar las herramientas Test-Excellent en el proceso de aprendizaje de cada alumno.

2.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación llevada a cabo hasta ahora se observa que los investigadores tienen una experiencia limitada en la realización de trabajos de investigación, ya que no se ha desarrollado ningún curso de desarrollo de habilidades de investigación. Además, no se asigna tiempo a las actividades de investigación teóricamente prácticas para desarrollar la información necesaria para la estructura del informe. Por último, el diseño y el uso de instrumentos de recogida de datos están sujetos a sesgos de validez y fiabilidad, ya que serán pertinentes para poblaciones con las mismas características, lo que limita su generalización a otras poblaciones.

2.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.6.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el uso del Test-Excelente como herramienta de evaluación a largo plazo en la educación de los estudiantes de quinto grado del Colegio "San Juan Bautista".

2.6.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar el nivel del conocimiento que poseen los alumnos y maestros acerca del uso herramientas tecnológicas para la evaluación de los aprendizajes en el año 2022.

Desarrollar nuevos procedimientos para la evaluación de los aprendizajes a través del sistema Text-Excellent en el nivel secundario.

Evaluar la eficiencia del sistema Test- Excellent en la evaluación de los alumnos en el nivel secundario en el año 2022.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- 2.3.1. **Angular Material:** Angular es un framework desarrollado en TypeScript que le permite desarrollar aplicaciones web de código abierto mantenidas por Google. Por otro lado, Angular Material es un módulo creado por y para Angular. Este módulo le permite implementar componentes angulares utilizando diseños basados en Material Design (Fatjo, 2021).
- 2.3.2. **Aprendizaje significativo:** Es un proceso relacionado con nueva información, nuevo conocimiento y estructura cognitiva individual y está en proceso de aprendizaje. Para una persona que estudia un tema, el significado lógico del material de aprendizaje específico se revela en el aprendizaje psicológico. (Moreira, 1997).
- 2.3.3. **Base de datos:** Una base de datos es una colección organizada de información o datos estructurados, almacenados electrónicamente en un sistema informático. Las bases de datos generalmente son administradas por un sistema de administración de las mismas bases de datos (DBMS). Los datos y el DBMS y las aplicaciones asociadas se conocen colectivamente como el sistema de base de datos, a menudo referido simplemente como la "Base de datos". Los datos de todas las bases de datos más utilizados en la actualidad a menudo abarcan varias tablas en forma de estructuras de filas y columnas para mejorar el procesamiento de datos y la eficiencia de las consultas. Esto facilita el acceso, la gestión, el cambio, la actualización, la validación y la organización de datos. La mayoría de las bases de datos utilizan el lenguaje de consulta estructurado (SQL) para escribir y consultar datos (Oracle, 2022).
- 2.3.4. **Ciencia y tecnología educativa:** Es una fuente de conocimiento basada en el uso de métodos, técnicas, herramientas y principios operativos para lograr objetivos educativos. Esto quiere decir que, gracias al desarrollo de la ciencia, ha aparecido la tecnología que se utiliza en el proceso educativo con el nombre de tecnología educativa, con el fin de mejorar el proceso educativo (Torres et al, 2017).
- 2.3.5. **Herramientas Digitales:** A medida que avanza la tecnología, las herramientas digitales (también conocidas como aplicaciones o programas) son útiles para los docentes en el proceso de aprendizaje, desarrollo y evaluación de lecciones. Por otro lado, los beneficios de las herramientas digitales integradas facilitan la colaboración. Además, brinda a los estudiantes la oportunidad de usar herramientas, así como compartir, categorizar y formular información. (Basilotta y Herrada, 2013).

3. MARCO METODOLÓGICO

3.3. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. *Tipo*

En el siguiente estudio, el método es cuantitativo, ya que es un método estructurado para recopilar y analizar datos de varias fuentes transversales, por ejemplo, un estudio descriptivo utilizando el método de razonamiento "qué pasaría si", que incluye la identificación de tendencias, entendida como método, estructura los métodos más utilizados por los estudiantes, áreas de investigación, temas de interés y herramientas. Por ello, utilizamos este recurso descriptivo en nuestro estudio (Morocho et al., 2019).

3.3.2. *Diseño*

Este trabajo de investigación es experimental porque involucra al investigador manipulando una variable experimental no probada bajo condiciones estrictamente controladas. Su finalidad es describir cómo y por qué ocurre o puede ocurrir un fenómeno. Trata de predecir el futuro, desarrollando predicciones que, una vez confirmadas, se convertirán en leyes y generalizaciones que contribuyan a la acumulación de conocimientos pedagógicos y a la mejora de las actividades educativas (Pelella et al., 2006) (Morocho et al., 2019). Al utilizar este tipo de diseño se logra un alto grado de eficiencia en relación a los objetivos planteados, por lo que es muy importante estudiar la estructura que se utilizará desde el inicio del análisis hasta la etapa final del estudio.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población

Para la presente investigación tenemos como población los cuales serían los estudiantes de quinto grado de secundaria del colegio “San Juan bautista” de la ciudad de “Nueva Cajamarca” compuesta aproximadamente por 90 estudiantes de dicho grado.

3.4.2. Muestra

La muestra se obtuvo por conveniencia de acuerdo con el número de estudiantes del quinto grado pertenecientes a la sección “B” de secundaria del colegio “San Juan bautista” teniendo la participación de 30 estudiantes y en la cual se utilizó una encuesta como herramienta para saber la cantidad y como material un cuestionario, que se realizó.

3.5. HIPÓTESIS

3.5.1. HIPOTESIS GENERAL

Según Selltiz, Wrightsman & Cook et al, (1980), la hipótesis causal dice que uno de los elementos es una determinada característica o fenómeno (X). Identificar otra característica o fenómeno (Y). Estudio experimental

Tales hipótesis proporcionarán datos a partir de los cuales se pueden extraer conclusiones.

Los grupos de estudiantes que utilizarán Test-Excelente priorizarán sus habilidades de autorregulación y rendimiento académico.

No hubo diferencias estadísticamente significativas en la autorregulación y el rendimiento académico entre los estudiantes que utilizaron la prueba excelente y los que no.

Cuanto mayor sea la autocorrección en la prueba, mejores resultados lograrán los estudiantes.

3.5.2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS

Los grupos de profesores que utilicen Test- Excellent encontrarán más fácil evaluar a los estudiantes y acceder a los resultados de aprendizaje de estos de forma eficiente y sencilla.

Existe una conexión significativa entre las evaluaciones y el aprendizaje cuando los estudiantes utilizan el Test- Excellent.

Cuanto mayor sea la puntuación obtenida con el Test- Excellent, mayor será el grado de aprendizaje de los estudiantes de secundaria.

3.6. VARIABLES- OPERACIONALIZACIÓN

3.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Sistema Digital

3.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Formas de evaluación digitales

VARIABLE	INDICADORES	METODOLOGÍA
Sistema digital	X ₁ : Software X ₂ : Hardware X ₃ : Base de datos	Tipo: Cuantitativa, descriptiva o experimental Diseño: Método descriptivo o experimental

Formas de evaluación digital	Y1: Facilitar la evaluación de los estudiantes de 5 grado de secundaria Y2: Gestionar un determinado método de evaluar e interactuar con un Sistema digital	Población: Ciudad de Nueva Cajamarca, I.E San Juan Bautista, docentes y estudiantes. Muestra: Uso limitado de herramientas digitales
------------------------------	--	---

Tabla 1. Identificación de las variables de estudio

4. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con la pregunta planteada originalmente, se definió que el método que impulsa el proyecto es cuantitativo, ¿debido a que este estudio requirió analizar el tiempo que dedican los docentes a la preparación y evaluación de exámenes para tener una cantidad aproximada de cuánto los llevaría para imprimir los papeles del examen? Además, con la implementación de Test-Excellent, se planea medir los resultados de todos los estudiantes que toman el examen, por lo que este estudio se enfoca en métodos cuantitativos.

Un buen estudio del problema requiere el uso de ciertos puntos del método cualitativo, pero no está orientado hacia ello, por lo que se realizaron entrevistas orales a docentes y estudiantes de la I.E S.J.B. sobre temas relacionados con las pruebas institucionales. Por otro lado, se realizan visitas a las escuelas, las cuales permiten observar el ambiente en el que se realizan estas pruebas y cómo se preparan los estudiantes de la institución para ello, pero se deben determinar cabalmente las condiciones que originan el problema y las hay soluciones se llevó a cabo una revisión de la historia de los informes estadísticos de los puntajes de las pruebas institucionales, midiendo el tiempo que los maestros dedicaron a desarrollar, calificar y entregar los puntajes finales de las pruebas, además de contar la cantidad de documentos utilizados para administrar el examen cada semestre.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Para la recolección de datos durante esta investigación hemos utilizado un cuestionario, una lista de control.

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE DATOS

SPSS: Fue creado en 1968 por Norman H. Nie, C. Hadlai (Tex) Hull y Dale H. Bent. Entre 1969 y 1975 la Universidad de Chicago por medio de su National Opinión Research Center estuvo a cargo del desarrollo, distribución y venta del programa. A partir de 1975 corresponde a SPSS Inc.

SPSS es un programa estadístico informático muy usado en las ciencias sociales y aplicadas, además las empresas de investigación de mercado. El nombre originario correspondía al acrónimo de Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), reflejando la orientación a su mercado original (ciencias sociales), aunque este programa es también muy utilizado en otros

campos como la mercadotecnia. Sin embargo, en la actualidad la parte SPSS del nombre completo del software (IBM SPSS) no es acrónimo de nada.

La herramienta utilizada para desarrollar nuestros estudios relacionados con la validez de los datos es el SPSS, uno de los programas estadísticos más famosos, consideramos su capacidad para trabajar con grandes bases de datos y su sencilla interfaz. SPSS, desde simples gráficos de distribución y pasos descriptivos hasta complejos análisis estadísticos que nos permiten descubrir dependencias e interdependencias, determinar clasificaciones entre sujetos y variables, predecir comportamientos y su aplicación básica en nuestra investigación para analizar datos experimentales multivalentes. Es uno de los programas estadísticos más conocidos por su capacidad para manejar grandes bases de datos y su sencilla interfaz para la mayoría de los análisis. La versión 12 de SPSS puede analizar 2 millones de registros y 250.000 variables. El programa consta de un módulo básico y de módulos adicionales, que se complementan continuamente con nuevos programas estadísticos. Cada uno de estos módulos se adquiere por separado.

5. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

5.3. Contexto actual de la Institución

Con base en el siguiente diagrama, es posible observar la mecánica actual del sistema Test-Excellent e identificar los actores directamente involucrados en este proceso.

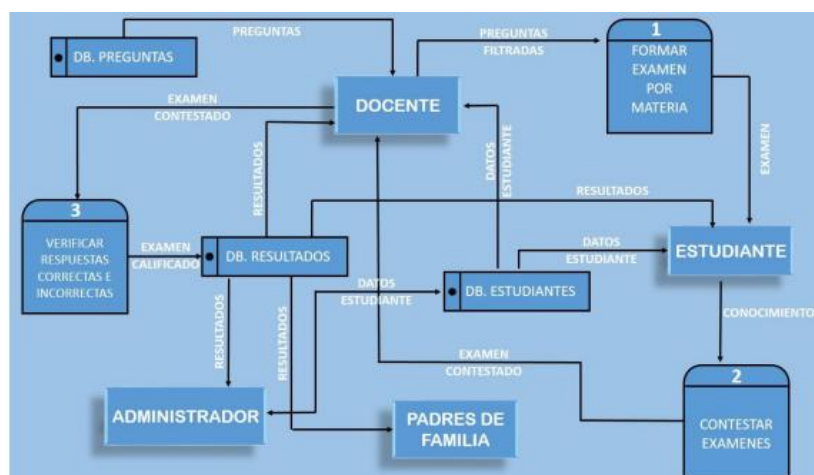


Figura 1. Estructura relacional de base de datos

5.4. Modelo implementado Test-Excellent

A través del siguiente modelo de caso de uso se pudo determinar cuáles eran los actores principalmente involucrados en la situación y la participación de cada uno dentro del proceso actual.

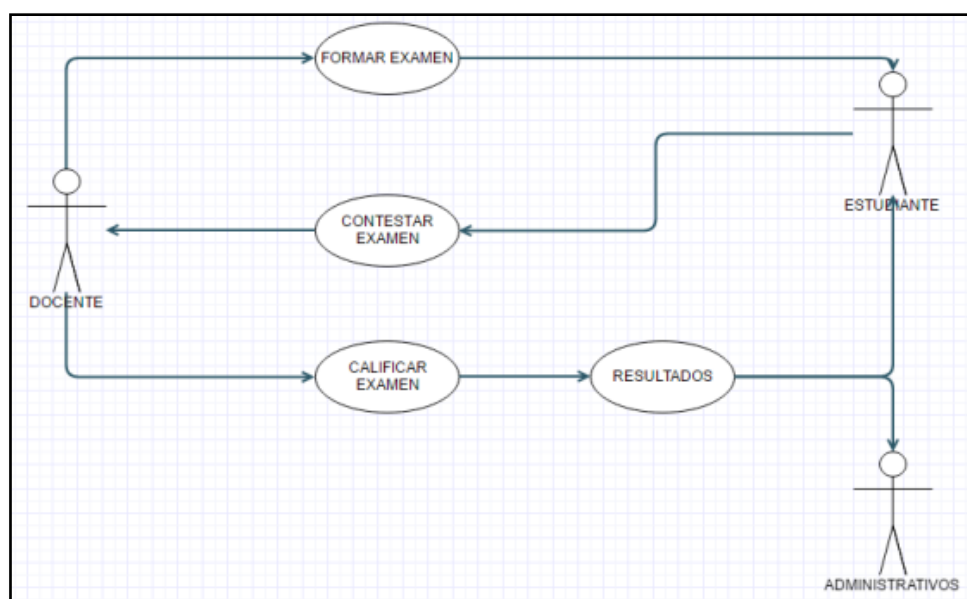


Figura 2. Esquema de la Optimización de los procesos

5.5. Validación del prototipo basado en funcionalidades

Una de las primeras características que se implementará es un backend de creación de usuarios. El nombre, el apellido, el correo electrónico, la contraseña y el número de teléfono móvil se crean como datos necesarios para esta función. Esta vista solo está disponible para la creación e inscripción de estudiantes individuales.

6. ANÁLISIS CUANTITATIVO

- ¿Desde su perspectiva docente, cual es el nivel de importancia que merece la utilización de recursos tecnológicos, como apoyo didáctico en los procesos de aprendizaje y evaluación?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Son muy necesarios e importantes	3	20,0	20,0	20,0
	Son importantes, aunque todavía son opcionales	10	67,0	67,0	87,0
	No son importantes porque no se pueden aplicar en educación	2	13,0	13,0	100,0
Total		15	100,0	100,0	

Tabla 2. *Elaboración propia*

CONCLUSIÓN: De acuerdo con las herramientas de investigación utilizadas, el uso de los recursos tecnológicos afecta significativamente el desempeño de los docentes en el aula, ya que el 87% los considera importantes, a pesar del uso de la tecnología, los recursos tecnológicos siguen siendo opcionales. rescate.

- **¿Qué recursos virtuales utiliza usted para desarrollar actividades de aprendizaje y evaluación con sus alumnos?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Zoom	12	80.0	80.0	80.0
	WhatsApp	3	20.0	20.0	100.0
	Facebook	0	0.0	0.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Tabla 3. *Elaboración propia*

CONCLUSIÓN: Como lo muestra el resultado de la encuesta de investigación, el uso de los recursos tecnológicos más usado por los docentes es el sistema digital ZOOM, facilita las clases y la enseñanza a los alumnos, con un porcentaje del 80% por su facilidad de accesibilidad a todos los participantes, seguridad y grabación de las clases.

- **¿Qué porcentaje considera usted recomendable para integrar recursos virtuales en actividades de aprendizaje y evaluación?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Entre 75% y 100%	5	33.0	33.0	33.0
	Entre 50% y 75%	8	53.0	53.0	87.0
	Entre 25% y 50%	2	13.0	13.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Tabla 4. *Elaboración propia*

CONCLUSIÓN: Según el resultado de la encuesta de investigación, los docentes tienen una aceptación o considera que este ente el 50 % al 75 %, para la implementación del uso de recursos tecnológicos. Es necesario elegir estrategias y herramientas operativas para verificar el desarrollo de los estudiantes y el progreso real.

- **¿Cuáles de los siguientes medios o recursos tecnológicos utilizan usted en las clases?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Computadoras	3	20,0	20,0	20,0
	Proyector multimedia	10	67,0	67,0	87,0
	Celular	2	13,0	13,0	100,0
	Total	15	100	100,0	

Tabla 5. *Elaboración propia*

CONCLUSIÓN: El resultado de la encuesta de investigación donde muestra que el recurso tecnológico más usado por los docentes es el Proyector multimedia con un 87 %, para así facilitar las clases a los estudiantes con ayudas visuales o videos.

- **¿Cuál es el dominio de habilidades que tiene en el manejo de recursos virtuales para el aprendizaje?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Excelente	4	27,0	27,0	27,0
	Bueno	7	47,0	47,0	73,0
	Nulo	4	27,0	27,0	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

Tabla 6. *Elaboración propia*

CONCLUSIÓN: Mediante la encuesta de investigación se obtiene un resultado donde se muestra que los docentes tienen una habilidad buena con un 73 % en el manejo de recursos virtuales para la aplicación en la enseñanza a los estudiantes.

- **Indique el software que emplea como apoyo para desarrollar su clase:**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Word	8	53.0	53.0	53.0
	Excel	2	13.0	13.0	67.0
	PowerPoint	5	33.0	33.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Tabla 7. *Elaboración propia*

CONCLUSIÓN: Según el resultado de la encuesta de investigación donde se muestra que los docentes utilizan el Word, Excel y PowerPoint como software de apoyo para realizar sus clases, el más usado es el Word con un 53% para brindar sus clases a los estudiantes.

- **Considera que el uso de las TIC en clase:**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Es un factor determinante en el aprendizaje de los estudiantes.	4	27.0	27.0	27.0
	Es una herramienta de apoyo alternativa para el aprendizaje y evaluación	8	53.0	53.0	80.0
	Es un recurso que promueve el interés y la motivación	3	20.0	20.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Tabla 8. *Elaboración propia*

CONCLUSIÓN: El resultado de la encuesta de investigación se muestra que los docentes consideran el uso del TIC en clases con un 53%, es una herramienta de apoyo alternativa para el aprendizaje y evaluación, ya que ofrece a los alumnos una formación integral que les permita desarrollar todas las habilidades y competencias digitales, enriqueciendo así el proceso de aprendizaje de una forma dinámica e innovadora.

- **¿Cuáles son las dificultades más importantes que poseen los profesores con relación al uso de recursos virtuales en una sesión de aprendizaje?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Dificultad en el manejo de los equipos de cómputo	2	13.0	13.0	13.0
	Falta de capacitación y actualización en programas y uso de Internet	9	60.0	60.0	73.0
	Resistencia al uso de la tecnología en clase	4	27.0	27.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Tabla 9. Elaboración propia

CONCLUSIÓN: El resultado de la encuesta de investigación se evidencia que los docentes consideran que las dificultades más importan sobre el uso de recursos virtuales para la sesión de aprendiza con un 60 %, son la falta de capacitación y actualización en programas y uso de Internet. Para solucionar estas dificultades se tiene que facilitar a los docentes diferente tipos de capacitaciones en manejo de sistemas virtuales y así puedan implementar el uso de la tecnología para facilitar la enseñanza a los alumnos.

- **¿Cuál es la actitud de la mayoría de los alumnos en el aula de innovaciones?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Solo vienen a jugar con programas (solitario, juegos en red, etc.)	3	20.0	20.0	20.0
	Se muestran muy interesados por aprender	7	47.0	47.0	67.0
	Les gusta ver videos en Tiktok – Facebook - Instagram	5	33.0	33.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Tabla 10. *Elaboración propia*

CONCLUSIÓN: El resultado de la encuesta de investigación nos permite observar que los alumnos tienen una actitud positiva con un 47%, se muestran muy interesados por aprender el uso de la tecnología virtual para así mejorar en su educación y desarrollo de sus habilidades.

- **¿Qué tipo de Software educativo están produciendo los docentes cuando usan recursos virtuales para el aprendizaje?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Presentaciones Power Point	5	33.0	33.0	33.0
	Creación de documentos con formato en Word	7	47.0	47.0	80.0
	Mapas conceptuales	3	20.0	20.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Tabla 11. *Elaboración propia*

CONCLUSIÓN: Se muestra el resultado según la encuesta de investigación que los docentes usan el software educativo Word cuando usan recursos virtuales para el aprendizaje donde crean documentos con formato Word con un 47 %, para facilitar sus clases a los alumnos.

7. ANALISIS DE RESULTADOS

En la presente investigación refiere a Test- Excellent como una herramienta de evaluación permanente en el proceso de los aprendizajes en la cual se consideró que es importante integrar aplicaciones en el aula que faciliten al docente nuevas maneras de evaluación por medio de herramientas digitales. A continuación, se detallan las razones por las cuales Test- Excellent favorece una evaluación permanente.

	Antes	Ahora
Sistema	Todas las evaluaciones de los aprendizajes y control se realizaban de forma manual, lo cual ocupaba mucho tiempo.	Con el avance, aporte de la tecnología al sector educación y el uso de herramientas digitales, los cuales facilitan y optimizan las formas de evaluar a los estudiantes.
Evaluaciones	Al momento de querer hacer evaluaciones, ocurría que tomaba mucho tiempo en crear y evaluarlas.	Ahora con nuestro sistema es mucho más fácil, rápido y más efectivo el hacer una evaluación, sin la necesidad de estar escribiendo en un documento Word e ir a imprimir, sobre todo evitando enormes horas de trabajo para evaluar cada examen.
Control de información de evaluaciones y notas	Todas las evaluaciones de los estudiantes son manuales, en el cual estaban todos sus datos personales, fecha, respuestas, etc.	Con la ayuda de Test-Excellent se registra: nombre, apellidos, correo, curso, notas, etc.

Tabla 12. Comparación sobre el antes y después de aplicar el sistema.

8. CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación concluyó que la integración las herramientas digitales como Test-Excellent permiten a los estudiantes hacer precisamente eso. Los estudiantes adquieren conocimientos instantáneamente efectivos en cada lección completo. Además, las evaluaciones pueden ser continuas y dependiendo del propósito de la sesión, cabe señalar que esta herramienta se puede utilizar en cualquier momento de la sesión, por lo que puede ser al inicio, desarrollo o final de cada lección. Por otro lado, el docente puede evaluar a sus alumnos al inicio de otro semestre.

Conoce el nivel de aprendizaje de tus alumnos. Además, al principio de cada lección ven a clase a recordar la última lección, el profesor puede hacerlo. Retroalimentación instantánea. Durante el desarrollo del curso, los estudiantes pueden aplicar la parte teórica de la asignatura a desarrollar en la práctica. Finalmente, al final de la sesión para que los estudiantes se vayan práctica de aplicación cabe señalar que al final del plazo se puede estimar como analizar los resultados de los estudiantes para ver si entendieron los diferentes resultados.

Los temas están desarrollados o necesitan ser mejorados. También reduce las brechas de habilidades porque los maestros como los estudiantes tienen acceso a las herramientas sociales, estas son variadas. Herramienta fácil de usar y aprender. Por lo tanto, es necesario restaurar e introducir la tecnología en las instituciones educativas, pero teniendo en cuenta el contexto el entorno en el que se encuentra el alumno y si necesita adaptarse a su realidad.

9. AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a la Universidad Católica Sede Sapientiae, por la acogida durante la etapa de formación profesional, a la Institución Educativa San Juan Bautista por permitirnos usar su imagen para el desarrollo de esta investigación, al Ingeniero Mg. Lusgardo Wian Puelles Chuquizuta quien se desempeñó como asesor de la presente investigación; por sus aportes de conocimientos y experiencia durante el proceso de construcción del estudio, a nuestros compañeros de estudio con quienes compartimos gratos momentos durante el desarrollo de la investigación, y a todos los involucrados una inmensa gratitud.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gutiérrez Beltrán, L. (2020). Socrative como una herramienta de evaluación permanente en el proceso de los aprendizajes [Trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de Bachiller en Educación] Universidad san Ignacio de Loyola. Lima.
- Urcia Campos, A. (2022). Uso de herramientas digitales en docentes de la institución educativa Santa Inés, Guadalupe, La Libertad [Tesis para obtener el grado académico de: Maestra en Administración de la Educación] Universidad Cesar Vallejo. Chiclayo-Perú.
- Picón, G., Rodríguez, N. & Oliveira, A (2021). Prácticas de evaluación en entornos virtuales de aprendizaje durante la pandemia COVID-19 y el regreso a la presencialidad [Estudio de campo, no experimental] Centro Educativo Superior María Serrana de Asunción. Paraguay.
- Pantoja Benavides, L. (2020). Implementado las TIC en el proceso de evaluación en la Institución Educativa Nuestro Señor del Río [Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Innovación]. Universidad ECCI.
- Gamboa Quispe, G. (2021). Herramientas tecnológicas para la retroalimentación de los aprendizajes en niños de educación inicial [Titulación Profesional en Educación Inicial]. Universidad Nacional de Educación. Lima-Perú.
- Lezcano, L. & Vilanova, G. (2017). Instrumentos de evaluación de aprendizaje en entornos virtuales. Perspectiva de estudiantes y aportes de docentes [Para obtener la evaluación y análisis mediante nuevas formas de evaluación en los entornos virtuales]. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Caleta Olivia - Santa Cruz – Argentina.
- Sarango Lapo, C (2021). Competencia digital docente como contribución a estimular procesos de Innovación educativa [Tesis Doctoral]. Universidad de Salamanca. España.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.

Gamificación como estrategia para asistir la actividad en equipo: Un estudio secundario

Gamification as a strategy to assist team activity: A secondary study

Gabriela F. Solís Magaña¹
gabriela.solis@correo.uady.mx

Raúl A. Aguilar Vera¹
avera@correo.uady.mx

Julio C. Díaz Mendoza¹
julio.diaz@correo.uady.mx

¹ Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.

Abstract

Gamification has been used in the educational context as a pedagogical intervention proposal to increase motivation, participation, commitment and improve student learning. The aims of this review are to collect, synthesize and evaluate evidence on the use of gamification in the performance of educational platforms, particularly in team work dynamics and its effect on student engagement. Information was searched in five databases in the context of computing and education, applying eligibility criteria such as: research studies from specialized journals distributed over a ten-year range, excluding duplicates, incomplete ones or those from secondary studies. 2,953 primary studies were obtained, of which 28 studies were selected and published between 2015 and 2023. The incorporation of game elements in the Moodle platform with the combination of other applications and video games stands out, evaluating the impact of gamification in online or hybrid modalities, highlighting various effects on students such as: the modification of attitudes, the development of curricular competencies and collaborative work.

Keywords: *Gamification, Engagement, Educational platform, Teams.*

Resumen

La gamificación ha sido utilizada en el contexto educativo como una propuesta de intervención pedagógica para aumentar la motivación, la participación, el compromiso y mejorar el aprendizaje de los estudiantes. El objetivo de esta revisión es recopilar, sintetizar y evaluar evidencia sobre el uso de la gamificación a las prestaciones de las plataformas educativas, en particular a dinámicas de trabajo por equipos y efecto en el compromiso de los estudiantes. Se realizó la búsqueda de la información en cinco bases de datos en el contexto de la informática y la educación, se aplicaron criterios de elegibilidad como son: estudios de investigación de revistas especializadas distribuidos en un rango de diez años, excluyendo los duplicados, incompletos o que provengan de estudios secundarios. Se obtuvieron 2,953 estudios primarios de los cuales se seleccionaron 28 estudios que fueron publicados entre el 2015 y el 2023. Se destaca la incorporación de elementos de juego en la plataforma Moodle con la combinación de otras aplicaciones y videojuegos y que evalúan el impacto de la gamificación en contextos en modalidades en línea o híbrida destacando diversos efectos en los estudiantes como son: la modificación de actitudes, el desarrollo de competencias curriculares y el trabajo colaborativo.

Palabras clave: *Gamificación, Compromiso, Plataforma educativa, Equipos.*

1 Introducción

Involucrar a los estudiantes en su aprendizaje es un desafío en las Instituciones de Educación Superior (IES); es deseable que estén bien preparados y capacitados en la toma de decisiones de los diversos entornos en los que se desenvuelven. Las IES buscan la calidad en sus procesos de enseñanza y aprendizaje para promover el compromiso en los estudiantes dentro del aula y en entornos virtuales, así como la incorporación de estrategias didácticas y dinámicas grupales que contribuyan a la adquisición de competencias profesionales y sean complemento para desarrollar un aprendizaje significativo.

Una de las estrategias que comúnmente se utiliza en los entornos educativos, es la incorporación de los elementos del juego, con el propósito de mejorar el compromiso de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, por lo que resulta ser un factor estimulante para la actividad que el individuo realiza, sin importar el tipo de entorno en el que se circunscribe la actividad.

En las últimas décadas, ha surgido una variante a la dinámica de los juegos, que se conoce como gamificación y ha despertado un creciente interés entre los académicos y profesionales en muchos campos. En particular, en el área de Tecnologías de la Información se ha utilizado para el desarrollo de sistemas y aplicaciones en diferentes dominios, con resultados positivos. Se han adaptado materiales didácticos que vayan acordes a la evolución de la sociedad, en busca de obtener resultados positivos relacionados con la motivación, y que genere interés con los contenidos para una mejor adquisición del conocimiento.

El compromiso es un factor clave para el éxito en el aprendizaje de los equipos escolares, ya que impulsa la participación de los estudiantes y fomenta ambientes de colaboración. Sin embargo, en muchas ocasiones los equipos pueden experimentar dificultades para mantener altos niveles de compromiso, lo que puede afectar negativamente su desempeño académico, su desarrollo personal y social. Y es en este contexto que no sabemos si las plataformas gamificadas puedan ser una herramienta y un recurso interactivo que facilite la colaboración, la comunicación, la cohesión y el compromiso entre los miembros de un equipo de trabajo

El documento está organizado de la siguiente manera: la sección 2 describe un breve marco teórico; en la sección 3, se presenta la metodología del RSL; la sección 4, se menciona la planificación; la sección 5, se describe la ejecución; y en la sección seis se analizan e interpretan los resultados con base en las preguntas de investigación. Por último, en la sección siete, se especifican las conclusiones del estudio.

2 Marco Teórico

La gamificación es una técnica que se ha integrado en muchos ámbitos como son el empresarial, el marketing, el de salud y el de gobierno, para aumentar competitividad, eficiencia y lealtad en los usuarios. En el contexto educativo se han empleado esas técnicas en el proceso formativo para mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje, para la transmisión del conocimiento que se basa en el uso de elementos de diseño de juego en contextos no lúdicos Detering et al. (2011) que influyan en los sujetos que la utilizan, para la adquisición de competencias cognitivas y metacognitivas, la resolución de problemas, la colaboración, la comunicación, que estimulen su motivación, su compromiso y su rendimiento académico.

Lee y Hammer (2011) consideran que la gamificación aporta a los estudiantes una alternativa para desarrollar habilidades de compromiso, impulsar su motivación hacia su aprendizaje, ya que interviene en tres áreas: cognitiva, al establecer reglas para que guíen a los estudiantes y éstas los mantendrán inmersos en tareas claras, potencialmente difíciles y procesables en los que obtengan recompensas inmediatas; emocional, al tener experiencias que vayan desde la curiosidad hasta la frustración, de lo positivo hasta el optimismo que ayudan para que sea persistente; social, a través de los roles que adopta, da forma al comportamiento y así se obtienen mejores resultados en su aprendizaje.

En relación con este planteamiento, Marczewski (2013) destaca que la gamificación, se basa en el uso de metáforas, elementos e ideas de diseño de juego en un contexto distinto a este para influir en el comportamiento, estimulación para la motivación y el compromiso del usuario de manera positiva y potencial.

Del mismo modo, (Marés 2021, p93) afirma que las “actividades de revinculación integran la dimensión social y académica, por medio de los juegos o dinámicas lúdicas se promueven la grupalidad, el sentido de pertenencia y el bienestar de los estudiantes y que, al mismo tiempo, recuperen y permitan avanzar sobre los contenidos curriculares centrales”. Lo anterior, se suscita en las aulas para conocer antecedentes al iniciar nuestras clases, después de dar los objetivos particulares y específicos que se pretenden lograr al realizar el proceso enseñanza-aprendizaje; para todo fin siempre hay un método y éste es la gamificación como punto motivacional al desarrollar acciones educativas positivas.

Sin embargo, la gamificación en busca de obtener aprendizajes significativos hay desafíos que se deben considerar al usar los elementos de juego para mantener un equilibrio sin que este sea difícil, estresante y desafiante Kapp (2012). Por lo que no debe enfocarse sólo a la competencia, a ganar puntos e insignias y destacar en las tablas de clasificación ya que al abusar de estos elementos se genera superficialidad en el aprendizaje y cuando estos no estén presentes se pierda el interés en las actividades y el contenido de la asignatura.

3 Metodología

La metodología permite identificar, evaluar, retroalimentar e interpretar basada en la evidencia relacionada a la pregunta de investigación específica. Para llevar a cabo la revisión sistemática de la literatura se plantean tres fases secuenciales: planificación, realización e informe Kitchenham (2007) que se resumen en la Figura 1, implica: encontrar, seleccionar, analizar y sintetizar las fuentes primarias.



Figura 1. Revisión Sistemática de la Literatura. Fuente adaptado de Kitchenham (2007)

Fase 1: Planificación del Estudio.

La fase de planificación consta de las siguientes acciones: 1) Identificar la necesidad de revisión 2) Especificar las preguntas de investigación, 3) Definir el protocolo de revisión que incluye a) Determinar los antecedentes y justificación de la revisión, b) Creación de la cadena de búsqueda, c) Identificación de las fuentes de investigación d) Definición de los criterios de selección e) Procedimiento para seleccionar los estudios f) Lista de verificación y procedimientos de evaluación de la calidad de estudio.

Fase 2: Ejecución de la Revisión.

En el caso de la fase de ejecución, esta consta de las acciones siguientes: 1) Configuración de la cadena de búsqueda en cada base de datos. 2) Selección de estudios primarios 3) Evaluar la calidad de los estudios 4) Extracción de la información.

Fase 3: Reporte de Hallazgos.

Finalmente, en la tercera fase se analiza la información obtenida para realizar una síntesis de los hallazgos reportados en los estudios seleccionados, de acuerdo con las preguntas de investigación.

Es importante trazar de manera clara los objetivos que puedan ser alcanzados especificando las acciones a seguir para que faciliten y rijan el desarrollo del RSL.

4 Planificación de la RSL

• Estudios Secundarios Previos

Con el propósito de identificar estudios secundarios que hubieren ya sido realizados en el contexto de nuestro interés, se realizó una búsqueda no sistemática, y se encontraron los siguientes estudios:

El trabajo de Hernández *et al.* (2016) llevan a cabo un RSL para identificar los elementos de gamificación, la aplicación para la creación de equipos de trabajo y la efectividad en éstos. También, indagan los entornos en los que se usan las técnicas de gamificación. Los hallazgos identifican los elementos que se emplean en dinámicas colaborativas y el éxito que alcanzan en determinados entornos.

Putri y Rosmansyah (2021) realizaron una RSL preguntando qué características, estructuras existen para desarrollar plataformas en un microaprendizaje gamificado y los beneficios al usarlo, sin embargo, no se indagó sobre las actividades por equipo.

Briceño *et al.* (2019) realizan una RSL sobre la gamificación aplicada a procesos en el contexto de la Ingeniería de Software; abordan aspectos como los elementos de gamificación más recurridos en las plataformas educativas, herramientas más utilizadas, los efectos de la gamificación en dichos procesos, no obstante, no indagan sobre procesos o tareas realizadas de manera grupal.

Si bien los tres estudios analizan el tema de la gamificación incorporada a plataformas educativas, no abordan aspectos sobre la instrucción a grupos de estudiantes; por otro lado, han transcurrido más de cinco años de su publicación.

- **Preguntas de Investigación**

Para dirigir el proceso de la investigación y decidir qué estudios incluir o excluir se especifican las preguntas de investigación (PI) siguientes:

PI-1. ¿Cuál ha sido la tendencia en investigación en torno al uso de la gamificación en plataformas educativas para asistir la actividad de los equipos?

PI-2. ¿Qué elementos de la gamificación han sido incorporados en las plataformas educativas para asistir la actividad en equipo?

PI-3. ¿Cuáles han sido los efectos e implicaciones de incorporar los elementos de gamificación en plataformas educativas para asistir la actividad en equipo?

PI-4. ¿Cómo han sido evaluadas las propuestas de intervención que incorporan elementos de gamificación en plataformas educativas para asistir la actividad en equipo?

PI-5. ¿Cuáles son las principales plataformas que han sido utilizadas para incorporar elementos de gamificación en actividades en equipo?

- **Creación de la cadena de búsqueda**

Para realizar las consultas, se definió la cadena de búsqueda; se identificaron tres conceptos clave, señalizadores o términos base, mediante el uso del análisis semántico de la herramienta Thesaurus se identificaron un conjunto de sinónimos y/o términos alternativos de búsqueda para encontrar contenidos relevantes. Como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Términos base y alternativos

Términos base	Términos alternativos
Gamificación	Gamificado Gamificar Gamificado
Plataforma educativa	Sistema de Gestión de Aprendizaje Plataforma Virtual
Equipo	Cooperación Colaboración Grupo

Con dichos señalizadores (gamification, educational platform y team) se utilizaron los operadores de lógica booleana (AND y OR) para combinar los términos de manera adecuada. Para crear la cadena de búsqueda genérica se utilizan los descriptores y sus correspondientes sinónimos combinados entre sí mediante los operadores booleanos apropiados: para unir conceptos relacionados se utiliza el operador OR; para relacionar términos que hacen referencia a conceptos distintos en un mismo documento se utilizará AND; para eliminar términos se emplea NOT y para combinar varios operadores, se usa los paréntesis para indicar jerarquías en las operaciones. La cadena genérica formulada es la siguiente:

((gamification OR gamified OR gamify OR gamifying) AND ("learning management system" OR "educational platform" OR "virtual platform") AND (team OR cooperation OR collaboration OR group))

Cabe mencionar, dado que la mayoría de la literatura formal se publica en el idioma inglés se optó por utilizar dichos señalizadores en el idioma antes citado y su equivalencia en español.

- **Identificación de las fuentes de investigación**

Con el propósito de realizar la búsqueda automatizada de los estudios se seleccionaron un conjunto de librerías digitales identificadas como las principales fuentes con cobertura en las ciencias de la computación, la informática y tecnologías afines, la educación y multidisciplinaria. Las bases de datos bibliográficas seleccionadas son: *ACM Digital Library*, *IEEE Xplore*, *EBSCOhost* y *SpringerLink*.

- **Criterios de selección**

Se definieron criterios para seleccionar los principales estudios que proporcionen evidencia para las preguntas de investigación, se consideran dos tipos: inclusión (CI) y exclusión (CE).

Criterios de inclusión:

CI1. Artículos de investigación vinculados con el uso de la gamificación en plataformas educativas en contexto de trabajo en equipo.

CI2. Artículos de investigación publicados en revistas especializadas.

CI3. Artículos distribuidos en el rango de tiempo: de 2012 a 2023.

CI4. Artículos cuyo contenido se encuentra publicado en idioma español o inglés.

Criterios de exclusión:

CE1. Artículos duplicados.

CE2. Artículos que reporten la misma iniciativa.

CE3. Estudios cuyo texto completo no es accesible.

CE4. Estudios secundarios (revisiones y mapeos sistémicos).}

- **Calidad de los estudios**

Con la finalidad de evaluar la calidad de los estudios primarios que garantice minimizar el sesgo y maximizar la validez interna y externa para ponderar las aportaciones de los trabajos para la RSL Kitchenham (2007). En este trabajo se utilizó el instrumento propuesto por Dyba & Dingsøyr (2008), que integra 11 ítems, que considera los criterios calidad del informe (3), rigor (5), relevancia (1) y credibilidad (3) utilizando una métrica bivariada, 1 si se cumple el criterio, 0 si no lo cumple. Por tanto, una fuente primaria puede obtener una valoración entre 0 a 11.

5 Ejecución del Estudio

- **Selección de Estudios Primarios**

Los estudios primarios obtenidos después de ejecutar la cadena de búsqueda en las fuentes de información y aplicando los criterios se obtuvieron un total de 2,953 estudios aplicando el primer filtro, al aplicar el segundo filtro se obtuvieron 204 estudios y finalmente se obtuvieron 28 estudios como se muestra en la Tabla 2.

Cabe destacar que el proceso de búsqueda en las bases de datos en la primera quincena del mes de junio de 2023.

Tabla 2. Número de estudios primarios por fuente en cada etapa del proceso de selección

Base de datos	Fases de revisión		
	Cadena	CI	CE
ACM	174	10	6
IEEE Xplore	428	47	13
EBSCOhost	50	20	4
SpringerLink	2,301	127	5
Total	2,953	204	28

- **Valoración de la Calidad de los Estudios Seleccionados**

Con base en el instrumento diseñado, los investigadores realizaron la valoración de la calidad a los 28 Estudios Primarios Seleccionados (EPS). Considerando las escalas de “Alta”, si el resultado obtenido es ≥ 9 , “Media” si el valor obtenido se encuentra entre $8 \leq \text{resultado} \leq 5$ y “Baja” si el resultado es ≤ 4 , la Tabla 3 muestra la valoración de los 28 EPS.

Tabla 3. Evaluación de la calidad de los Estudios Primarios

E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T	Valor
E1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	9	Alta
E2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	10	Alta
E3	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	8	Media
E4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	10	Alta
E5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	Alta
E6	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	Alta
E7	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	10	Alta
E8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	10	Alta
E9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	Alta
E10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	Alta
E11	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	8	Media
E12	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	10	Alta
E13	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	9	Alta
E14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	10	Alta
E15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	Alta
E16	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	Alta
E17	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	9	Alta
E18	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	8	Media
E19	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	9	Alta
E20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	10	Alta
E21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	Alta
E22	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	9	Alta
E23	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	10	Alta
E24	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	Alta
E25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	10	Alta
E26	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	9	Alta
E27	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	8	Alta
E28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	Alta
T	28	28	28	28	23	21	28	26	18	16	28		

E: Estudio, 1: Investigación, 2: Objetivo, 3: Contexto, 4: Diseño Investigación, 5: Muestreo, 6: Grupo control, 7: Recolección de datos, 8: Análisis de datos, 9: Reflexividad, 10: Recomendaciones, 11: Valor de la investigación, T: Total

6 Resultados

De los estudios seleccionados se obtuvieron los hallazgos para responder las preguntas de investigación.

PI-01. ¿Cuál ha sido la tendencia en investigación en torno al uso de la gamificación en plataformas educativas para asistir la actividad de los equipos?

En la Figura 2 se muestra la distribución de los estudios se puede observar que durante el período elegido de búsqueda no se encontró información del 2012 al 2014, lo que sugiere que la gamificación no era un enfoque reconocido ni en investigación educativa ni en la práctica pedagógica en esos años. A partir del 2015 se encuentra un estudio, que se incrementa en 2 en el año 2017, 3 en 2018; esto indica un creciente interés de la gamificación en el ámbito educativo. Este crecimiento gradual sugiere que los investigadores empiezan a reconocer la importancia de la gamificación para mejorar el aprendizaje y la colaboración en equipos, aunque se observa un decremento de 2 en 2019. En el 2020 y el 2021 se muestra un número significativo de estudios (5 cada año), y en el 2022 se alcanza un pico más alto. Esto podría reflejar un interés por la gamificación en plataformas debido, a la necesidad del aprendizaje en línea por la pandemia de COVID-19 y el reconocimiento de la efectividad en la participación y motivación de los estudiantes; sin embargo, en el 2023 sólo se obtuvieron 2 estudios en el primer semestre.

En resumen, la tendencia en la investigación de la gamificación desde el 2015 sugiere que comenzó hacer una estrategia en la educación especialmente para fomentar la colaboración en equipo y la participación activa en el aprendizaje para el trabajo en equipo; la pandemia de COVID-19 ha cambiado el panorama educativo impulsando a docentes e investigadores a explorar métodos creativos y dinámicos, como la gamificación, para involucrar a los estudiantes en un entorno de aprendizaje a distancia. Desde principios del 2023 existen estudios donde se sugiere que la gamificación siga siendo un instrumento rector para evaluar efectos de una forma más profunda.

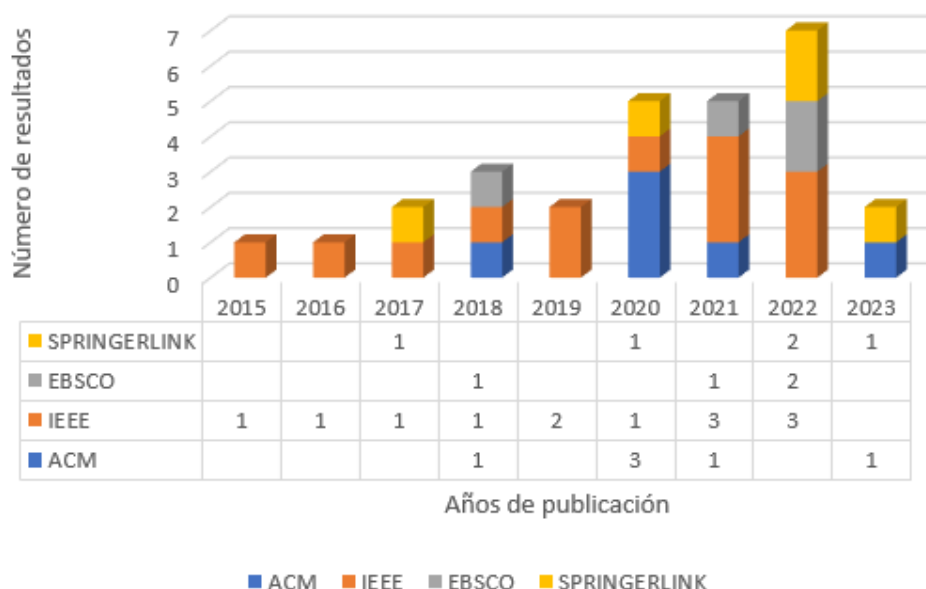


Figura 2. Distribución de los estudios por año y bases de datos

PI-02 ¿Qué elementos de la gamificación han sido incorporados en las plataformas educativas para asistir la actividad en equipo?

En la Figura 3, se muestra los elementos de gamificación según la clasificación Werbach et al. (2012) dinámicas, mecánicas y componentes y otros como los cuartos de escape como una técnica de gamificación donde los alumnos trabajan en equipo y los juegos interactivos. En los estudios se identifica una tendencia al destacar los puntos (22), las tablas de clasificación (17) como elementos de gamificación más utilizados. Esto sugiere que las plataformas se enfocan en el rendimiento individual y la comparación entre estudiantes fomenta una cultura de competencia saludable; los niveles (10) y progresión (9) son elementos para ver su progreso, las narrativas (7) integran historias que generen participación compartida entre los miembros del equipo.

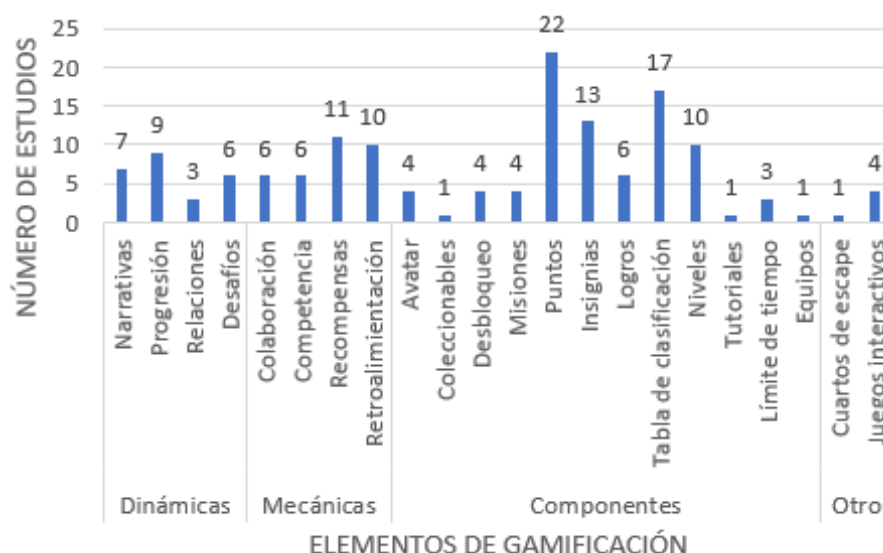


Figura 3. Elementos de gamificación usados en los estudios

Hay elementos de gamificación que contribuyen a la actividad en equipo, tal es el caso de la colaboración y relaciones estimula la relación social y el aprendizaje colaborativo fomentando un trabajo en colectivo. También los desafíos (6) y misiones (4) pueden ser utilizados para establecer objetivos que involucran el trabajo en equipo, lo que motiva y hace que los estudiantes se integren y sean más efectivos. Los elementos como las recompensas (11) y la retroalimentación (10) tienen un impacto en la motivación de los estudiantes. Aunque una retroalimentación a tiempo y efectiva puede ayudar al rendimiento del equipo y guiar a los estudiantes en su progreso. Las insignias (13) y los logros (6) actúan como motivadores, reconociendo el esfuerzo del grupo y fomentando un sentido de pertenencia.

La integración de elementos de gamificación en plataformas educativa no solo fomenta la motivación (intrínseca y extrínseca) individual, sino que también tienen un aporte significativo en la colaboración, la comunicación y el trabajo en equipo siendo esenciales para el aprendizaje. Además, pueden ofrecer experiencias más atractivas y efectivas que impacten la actividad en equipo.

En los artículos seleccionados se menciona el empleo de un solo elemento hasta varios elementos de gamificación en las plataformas; es decir, el estudio de Boverman y Bastiens (2020) se destaca porque emplean 15 elementos que asisten la actividad en equipo, (Zhao *et al.* (2022), Kian *et al.* (2022) y Bai *et al.* (2022)) en sus estudios combinan 10 elementos de juego y coinciden en el uso de narrativas, colaboración, puntos y tablas de clasificación y otros elementos. Por otro lado, existen estudios que tienen actividad en equipo aprendizaje basado en el juego y otros elementos presentado por (Cuevas *et al.* (2019), Codish y Ravid (2015), Zhang *et al.* (2022) y Usai *et al.* (2018)); este último solamente usa los juegos. En el mismo sentido Moster *et al.* (2023), emplea solamente los cuartos de escape.

PI-03 ¿Cuáles han sido los efectos e implicaciones de incorporar los elementos de gamificación en plataformas educativas para asistir la actividad en equipo?

En la Figura 4, se muestra los resultados encontrados en orden descendente. Para su análisis e interpretación se desglosa los hallazgos en varias categorías, cada una se relaciona a los efectos observados en los estudios revisados.

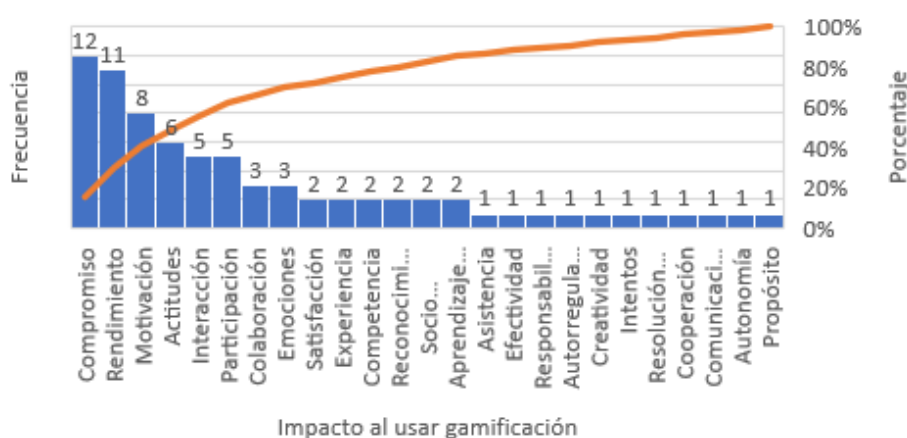


Figura 4. Impacto de la gamificación en los estudios

Hay un alto número de menciones del compromiso (12) y motivación (8) que sugiere que la gamificación tiene un impacto significativo en la forma en que los estudiantes se involucran con la plataforma. Esto puede interpretarse como una herramienta efectiva para aumentar la participación activa y el interés en el aprendizaje.

El rendimiento con 11 menciones que buscan los artículos se considera que la gamificación no solo mantiene a los estudiantes involucrados, sino que también puede traducirse en mejores resultados académicos. La participación (5) sugiere que los elementos gamificados fomentan una mayor interacción en las actividades grupales, lo que puede mejorar el aprendizaje colaborativo.

El impacto de la gamificación en seis menciones para la actitud y tres para emociones en los estudios indican que la gamificación también puede influir en la forma en que los estudiantes perciben su experiencia educativa. La mejora de las actitudes hacia el aprendizaje y la manifestación de emociones positivas pueden ser clave para un ambiente de aprendizaje saludable.

La colaboración (3) y la interacción (5) son esenciales en actividades de equipo. La gamificación puede facilitar estas dinámicas al crear un entorno donde los estudiantes se sientan más cómodos y motivados a trabajar juntos, mejorando así las habilidades interpersonales.

A pesar de tener menor frecuencia la satisfacción y experiencia (2 cada uno) son indicadores cruciales de la efectividad de la gamificación. Un alto nivel de satisfacción de los estudiantes puede llevar a un aprendizaje continuo y positivo a largo plazo.

En los artículos se hace mención de habilidades como competencia (2), autorregulación (1), y creatividad (1), podemos inferir que la gamificación ayuda a desarrollar competencias necesarias en el

siglo XXI, no solo en el ámbito académico, sino también en habilidades más amplias como la resolución de conflictos, comunicación, y cooperación. Esto es importante en un mundo laboral cada vez más colaborativo y tecnológico.

Por último, pero no menos importante, algunos estudios señalan que el impacto de la gamificación fue la asistencia, efectividad, responsabilidad, y autonomía. Podemos ver que la gamificación no solo se centra en el aprendizaje, sino que también aborda aspectos de la gestión del tiempo y la responsabilidad personal de los discentes.

Asimismo, se señalan los estudios con investigaciones en temas por equipos que tiene una o varias reacciones positivas en el uso de la gamificación que son: las actitudes, la interacción, la colaboración, cooperación y participación, compromiso, aprendizaje activo, la comunicación (Boverman y Bastiens (2020), Zhang *et al.* (2022) y Ahmad *et al.* (2020)). Reacción positiva a la identificación de liderazgo, interacción, resolución de conflictos y habilidades socio-cognitivos se encontró en Ruipérez *et al.* (2016).

Es importante destacar que Boverman y Bastiens (2020) en su proceso de gamificación y las actividades por equipo su objetivo fue identificar si hubo beneficios en el aprendizaje, actitudes, relación, autonomía, competencia y propósito de los alumnos. Zhang *et al.* (2022) y Nabizadesh *et al.* (2021) investigan hasta 5 efectos en sus estudios, predomina la interacción de los alumnos y otros como el compromiso (Boverman y Bastiens (2020), Cuevas *et al.* (2019), Nabizadesh *et al.* (2021), DeSantos *et al.* (2022), Hasan *et al.* (2019) McDaniel *et al.* (2017), Nuci *et al.* (2021), Sercemeli *et al.* (2023) y Tahir *et al.* (2022)) desempeño académico (Zhao *et al.* (2022), Bai *et al.* (2022), Ahmad *et al.* (2020), Nabizadesh *et al.* (2021), Sercemeli *et al.* (2023), Chen *et al.* (2028), García-Iruela *et al.* (2020), Palová *et al.* (2022), Pechenkina *et al.* (2017) y Marín *et al.* (2018) autorregulación y creatividad Ruipérez-Valiente *et al.* (2016), actitudes (Boverman y Bastiens (2020), Codish y Ravid (2015), Zhang *et al.* (2022), Moster *et al.* (2023), Ruipérez-Valiente (2016), Nabizadeh *et al.* (2021) y García-Iruela *et al.* (2020), colaboración Kian *et al.* (2022), Zhang *et al.* (2022), Aman *et al.* (2021)), cooperación y participación (Bai *et al.* (2022), Zhang *et al.* (2022), DeSanto *et al.* (2022), Hasan *et al.* (2019), García-Iruela *et al.* (2020)), motivación (Kian *et al.* (2022), Bai *et al.* (2022), Cuevas-Martínez *et al.* (2019), Hasan *et al.* (2019), McDaniel *et al.* (2017), Chen *et al.* (2018), Call *et al.* (2021) y Cheng *et al.* (2020)) y experiencia (Call *et al.* (2021) y Cheng *et al.* (2020)).

PI-04. ¿Cómo han sido evaluadas las propuestas de intervención que incorporan elementos de gamificación en plataformas educativas para asistir la actividad en equipo?

La Figura 5, muestra los enfoques de investigación (cuantitativa, cualitativa o mixta) y las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados en las evaluaciones:

En los estudios cuantitativos 19 (68%) emplean: pruebas de diagnóstico (6) para medir el rendimiento académico comparando resultados antes y después o grupos que utilizan gamificación y aquellos que no. Encuestas (18) y cuestionarios auto diligenciados (4) para medir los efectos como motivación, compromiso, diversión, competitividad, entre otros; escalas para evaluar la percepción diversos aspectos relevantes para cada estudio y observaciones sistemática regulada (2) para saber cómo interactúa el estudiante con las actividades gamificadas (Boverman y Bastiens (2020), Zhao *et al.* (2022), Kian *et al.* (2022), Cuevas-Martínez *et al.* (2019) Codish y Ravid (2015), Ahmad *et al.* (2020), Ruipérez-Valiente *et al.* (2016), Hasan *et al.* (2019), Nuci *et al.* (2021), Sercemeli *et al.* (2023), Tahir *et al.* (2022), Chen *et al.* (2028), García-Iruela *et al.* (2020), Palová *et al.* (2022), Pechenkina *et al.* (2017) y Marín *et al.* (2018), Clarke *et al.* (2021), Aman *et al.* (2021) y Call *et al.* (2021)).

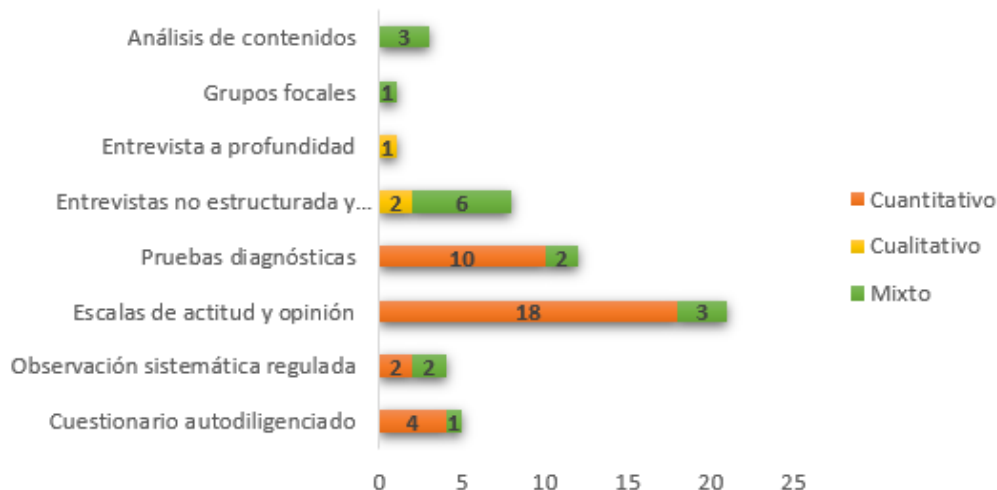


Figura 5. Instrumentos de recolección en los estudios

En los estudios cualitativos 2 (7%) emplean entrevistas a profundidad (1) y las entrevistas no estructuradas y dirigidas (2) ambas se emplean para medir la percepción del estudiante (Morreale *et al.* (2020) y Cheng *et al.* (2020)).

En el enfoque mixto 7 (25 %) integrando en análisis cualitativos y cuantitativos emplean análisis de contenido (3), grupos focales (1), entrevistas no estructurada y dirigida (6), pruebas diagnósticas (2), escalas de actitud y opinión (3), observación sistemática (2) y cuestionario autodiligenciado (1). En estos sobresale el análisis combinado para enriquecer la interpretación de los datos y evaluar usabilidad de las plataformas, la satisfacción del usuario, la integración de la plataforma en contexto educativo, así como la participación activa, los sentimientos, el comportamiento competitivo y cooperativo entre los estudiantes [Bai *et al.* (2022), Zhang *et al.* (2022), Usai *et al.* (2018), Moster *et al.* (2023), Nabizadeh *et al.* (2021), DeSantos *et al.* (2022) y McDaniel *et al.* (2017)).

PI-05. ¿Cuáles son las principales plataformas que han sido utilizadas para incorporar elementos de gamificación en actividades en equipo?

En la Figura 6, se destaca el uso de plataforma gamificadas en actividades en equipo se hace un análisis desde diversas perspectivas:

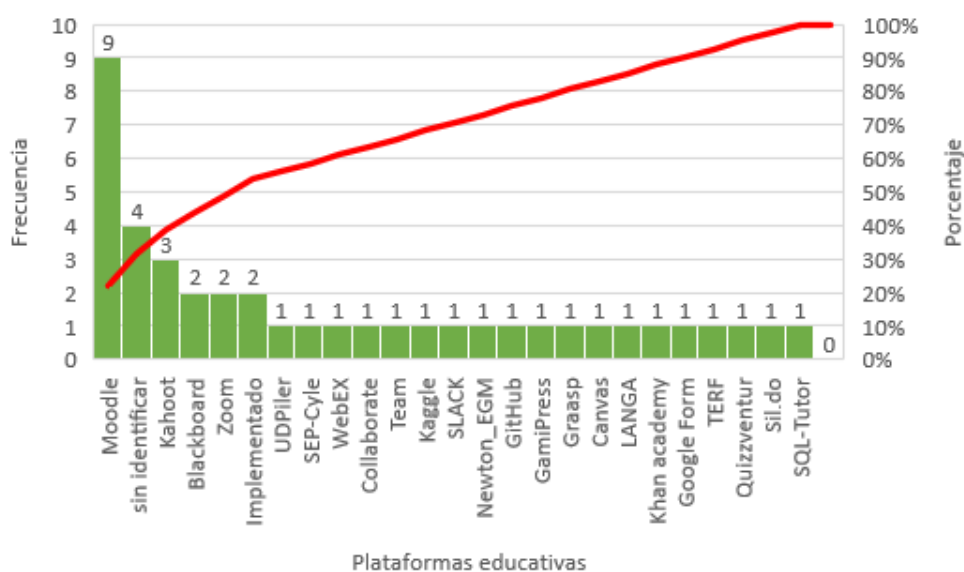


Figura 6. Plataformas usadas en los estudios

Frecuencia de uso, Moodle (9) es la plataforma más utilizada, lo que sugiere que es una herramienta confiable, accesible y popular entre las instituciones que implementan la gamificación. Esto podría deberse a la flexibilidad y a la variedad de herramientas que ofrece. No se identifica una plataforma (4) y Kahoot (3) aparecen con un valor medio, lo que indica que son opciones viables para actividades interactivas y lúdicas que también se puede usar con otras herramientas gamificadas. Las plataformas que aparecen con menor frecuencia (1 a 2 usos) podrían ser especializadas o utilizadas en contextos específicos.

La diversidad de plataformas encontradas en los estudios, desde herramientas educativas como Google Forms o Khan Academy, hasta herramientas de comunicación como Slack y Zoom), indica que la gamificación se puede integrar en diferentes contextos y tipos de actividad, no sólo en entornos educativos formales. Además, las plataformas implementadas como LANA y UDPiler, indican el interés en adaptar la gamificación a necesidades específicas de un proyecto o un grupo.

La presencia de plataformas como Zoom, Webex, Teams y Collaborate, sugiere que la gamificación se está utilizando en entornos de capacitación a distancia y reuniones virtuales, lo cual es relevante en el contexto actual post pandemia.

Herramientas como Slack y Kaggle indican que la gamificación no se limita a la educación formal, sino que también se aplica en entornos de trabajo colaborativo, avance progresivo y competencia.

La presencia de plataformas como Moodle y Kahoot son tendencias en la gamificación que apoyan cualquier entorno educativo, sirven para reforzar el contenido y realizar evaluación; además, que ofrecen soporte y varias prestaciones. Las plataformas que permiten la personalización como GamiPress y graasp pueden ser tendencias emergentes que permiten a los docentes crear experiencias de gamificación más adaptadas a sus contextos.

Por lo tanto, la diversidad de plataformas utilizadas para incorporar elementos de gamificación en actividades en equipo que se mencionan en los artículos se destaca por su uso y efectividad, se adecúa al contexto, objetivo y características de los participantes en función de las necesidades específicas.

7 Conclusiones

La revisión permitió conformar un número de 28 estudios en inglés porque las bases de datos empleadas fue el idioma oficial manejado, que evalúan el impacto de la gamificación en el área educativa. El análisis de la tendencia en la investigación en la gamificación muestra el interés de académicos y profesionales de la materia desde el 2015 hasta la fecha. A medida que el campo se desarrolla surgen nuevas propuestas, enfoques o revisiones críticas y es probable que se sigan evaluando no sólo sus beneficios sino sus desafíos, limitaciones y mejoras prácticas para su implementación efectiva y aplicación en plataformas educativas en línea o híbrida (presencial y en línea) y entornos de aprendizaje colaborativo.

Además, se destaca los elementos de gamificación contribuyen a la actividad en equipo como: los puntos, la colaboración, las interacciones, los desafíos y las retroalimentaciones estimulan las relaciones sociales, la comunicación y el trabajo en equipo.

En cuanto a los elementos de gamificación, si están equilibrados tienen aportes significativos en la motivación; en el caso de usar algunos elementos en exceso como los puntos, insignias y tablas de clasificación pueden contribuir a vulnerar la motivación intrínseca o generar comportamientos desalentadores en los estudiantes que se esfuerzan en obtener buenos resultados que frustren, caigan en la rutina, la monotonía y tedio. Lo que sugiere que para implementar la gamificación en entornos educativos se debe considerar diferentes estilos de aprendizaje, estrategias pedagógicas y el tiempo que será empleado.

Respecto a la evaluación de las propuestas de intervención han sido implementados en escenarios reales de aprendizaje recolectando información y analizados con diversos enfoques de investigación.

Con los hallazgos encontrados en la RSL con relación a los sistemas de gestión del aprendizaje sobresale el empleo de Moodle como un recurso que puede adaptarse o complementarse con otras plataformas, videojuegos, aplicaciones para gamificar los contextos educativo aún hay otras plataformas educativas que se le pueden incorporar elementos de gamificación de acuerdo con requerimientos específicos y al uso en un contexto determinado permitiendo el desarrollo de

competencias curriculares y el trabajo colaborativo.

Entre los temas de interés para trabajos futuros se considera desarrollar escenarios de aprendizaje para el trabajo en equipo que se adapte a un curso que apoye en la formación de las carreras tecnológicas, así como la implementación de complementos para ampliar las prestaciones de Moodle, que conlleve a fortalecer las habilidades cognitivas, sociales y emocionales de cada estudiante.

Referencias

- Aman, A. H. M., Hassan, R., Wahi, W., Sallehuddin, H., & Azman, A. H. (2021). Effectiveness of blended active learning framework using bring your own device learning (BYODL), project-based learning (PPBL) and gamification learning (GL). *ASEAN Journal of Teaching & Learning in Higher Education*, 13(1), 71–82.
- Ahmad, A., Zeshan, F., Khan, M. S., Marriam, R., Ali, A., & Samreen, A. (2020). The impact of gamification on learning outcomes of computer science majors. *ACM Transactions on Computing Education*, 20(2), 1–25. <https://doi.org/10.1145/3383456>
- Bai, S., Hew, K. F., Gonda, D. E., Huang, B., & Liang, X. (2022). Incorporating fantasy into gamification promotes student learning and quality of online interaction. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19, 29. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00335-9>
- Briceño, E., Aguilar, R., Díaz, J., & Ucán, J. (2019). Gamificación para la mejora de procesos en ingeniería de software: Un estudio exploratorio. *ReCIBE: Revista Electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 8(1), 1-19. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=5122/512259512004>
- Bovermann, K., & Bastiaens, T. J. (2020). Towards a motivational design? Connecting gamification user types and online learning activities. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0121-4>
- Call, M. W., Fox, E., & Sprint, G. (2021). Gamifying software engineering tools to motivate computer science students to start and finish programming assignments earlier. *IEEE Transactions on Education*, 64(4), 423-431. <https://doi.org/10.1109/TE.2021.3069945>
- Chen, C., Huang, C., Gribbins, M., & Swan, K. (2018). Gamify online courses with tools built into your learning management system (LMS) to enhance self-determined and active learning. *Online Learning*, 22(3), 41–54. <https://doi.org/10.24059/olj.v22i3.1466>
- Cheng, R., & Zachry, M. (2020). Building community knowledge in online competitions: Motivation, practices, and challenges. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 4(CSCW2), Article 179. <https://doi.org/10.1145/3415250>
- Clarke, P. J., Davis, D. L., Buckley, I. A., Potvin, G., Thirunarayanan, M., & Jones, E. J. (2021). Combining learning and engagement strategies in a software testing learning environment. *ACM Transactions on Computing Education*, 22(2). <https://doi.org/10.1145/3469131>
- Codish, D., & Ravid, G. (2015). Detecting playfulness in educational gamification through behavior patterns. *IBM Journal of Research and Development*, 59(6), 6:1-6:14. <https://doi.org/10.1147/JRD.2015.2459651>
- Cuevas-Martínez, J. C., Yuste-Delgado, A. J., Pérez-Lorenzo, J. M., & Triviño-Cabrera, A. (2019). Jump to the next level: A four-year gamification experiment in information technology engineering. *IEEE Access*, 7, 118125-118134. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932803>
- Dybå, T., & Dingsøyr, T. (2008). Empirical studies of agile software development: A systematic review. *Information and Software Technology*, 50, 833-859. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.01.006>

- DeSanto, A., Farah, J. C., Lafuente-Martínez, M., Moro, A., Bergram, K., Kumar, P. A., Felber, P., Gillet, D., & Holzar, A. (2022). Promoting computational thinking skills in non-computer-science students: Gamifying computational notebooks to increase student engagement. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 15(3), 392-405. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3180588>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9–15). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- García-Iruela, M., Fonseca, M. J., Hijo-Neira, R., & Chambel, T. (2020). Gamification and computer science students' activity. *IEEE Access*, 8, 96829–96836. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2997038>
- Hasan, H. F., Nat, M., & Vanduhe, V. Z. (2019). Gamified collaborative environment in Moodle. *IEEE Access*, 7, 89833-89844. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2926622>
- Hernández, L., Muñoz, M., Mejía, J., & Peña, A. (2016). Gamification in software engineering teamworks: A systematic literature review. *International Conference on Software Process Improvement (CIMPS)*, Aguascalientes, Mexico, 1-8. <https://doi.org/10.1109/CIMPS.2016.7802799>
- Kapp, K. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer.
- Kian, T. W., Sunar, M. S., & Su, G. E. (2022). The analysis of intrinsic game elements for undergraduates' gamified platform based on learner type. *IEEE Access*, 10, 120659-120679. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3218625>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. Keele University and Durham University.
- Lee, J. J., & Hammer, J. (2011). Gamification in education: What, how, why bother? *Academic Exchange Quarterly*, 15(2), 1-5.
- Marczewski, A. (2013). What's the difference between gamification and serious games? Gamasutra. https://www.gamasutra.com/blogs/AndrzejMarczewski/20130311/188218/Whats_the_difference_between_Gamification_and_Serious_Games.php
- Marín, B., Frez, J., Cruz-Lemus, J., & Genero, M. (2018). An empirical investigation on the benefits of gamification in programming courses. *ACM Transactions on Computing Education*, 19(1), Article 4, 1-22. <https://doi.org/10.1145/3231709>
- Marés, L. (2021). *Escenarios combinados para enseñar y aprender: Escuelas, hogares y pantallas*. Educ.ar S.E.
- McDaniel, R., Fanfarelli, J. R., & Lindgren, R. (2017). Creative content management: Importance, novelty, and affect as design heuristics for learning management systems. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 60(2), 183-200. <https://doi.org/10.1109/TPC.2017.2656578>
- Morreale, P., & Diplan, N. (2020). Using gamification to encourage student success. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 35(8), 106–115.
- Moster, M., Kokinda, E., Rodeghero, P., & McNeese, N. (2023). Both sides of the story: Changing the "pre-existing culture of dread" surrounding student teamwork in breakout rooms. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 7(CSCW1), Article 30. <https://doi.org/10.1145/3579463>

- Nabizadeh, A. H., Jorge, J., Gama, S., & Gonçalves, D. (2021). How do students behave in a gamified course? A ten-year study. *IEEE Access*, 9, 81008-81031. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3083238>
- Nuci, K. P., Tahir, R., Wang, A. I., & Imran, A. S. (2021). Game-based digital quiz as a tool for improving students' engagement and learning in online lectures. *IEEE Access*, 9, 91220-91234. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3088583>
- Palová, D., & Vejacks, M. (2022). Implementation of gamification principles into higher education. *European Journal of Educational Research*, 11(2), 763–779.
- Pechenkina, E., Laurence, D., Oates, G., Eldridge, D., & Cazador, Y. (2017). Using a gamified mobile app to increase student engagement, retention and academic achievement. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(31). <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0069-7>
- Putri, S. A., & Rosmansyah, Y. (2021). Features, frameworks, and benefits of gamified microlearning: A systematic literature review. *Proceedings of the 3rd International Conference on Modern Educational Technology (ICMET '21)*, Jakarta, Indonesia. ACM. <https://doi.org/10.1145/3468978.3469000>
- Ruipérez-Valiente, J. A., Muñoz-Merino, P. J., Kloos, C. D., Niemann, K., Scheffel, M., & Wolpers, M. (2016). Analyzing the impact of using optional activities in self-regulated learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 9(3), 231-243. <https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2518172>
- Sercemeli, M., & Baydas, O. O. (2023). Prediction of students' learning outcomes by various variables in gamified online accounting courses. *Education and Information Technologies*, 28, 16979-17007. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11873-8>
- Tahir, F., Mitrovic, A., & Sotardi, V. (2022). Investigating the causal relationships between badges and learning outcomes in SQL-Tutor. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 17(7). <https://doi.org/10.1186/s41039-022-00180-4>
- Usai, F., O'Neil, K. G. R., & Newman, A. J. (2018). Design and empirical validation of effectiveness of LANGA, an online game-based platform for second language learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(1), 107-114. <https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2762688>
- Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press.
- Zhang, B., Goodman, L., & Gu, X. (2022). Novel 3D contextual interactive games on a gamified virtual environment support cultural learning through collaboration among intercultural students. *SAGE Open*, 12(2), 1–14. <https://doi.org/10.1177/21582440221096141>
- Zhao, D., Playfoot, J., De Nicola, C., Guarino, G., Bratu, M., Di Salvatore, F., & Munteon, G. M. (2022). An innovative multi-layer gamification framework for improved STEM learning experience. *IEEE Access*, 10, 3879-3889. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3139729>

NOTAS BIOGRÁFICAS



Gabriela Francisca Solís Magaña Licenciado en Ciencias de la Computación, por la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Maestra en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Mérida. Actualmente cursa el doctorado en Tecnología Educativa en el Centro Universitario Mar de Cortés. Responsable de las Tecnologías de Información y Comunicación del Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi” de la UADY. Impartió docencia a nivel de licenciatura y posgrado. Participa en la divulgación de la ciencia. Su interés se enfoca al área de Ingeniería de Software Educativo.



Raúl Antonio Aguilar Vera obtuvo el grado de Doctor por la Universidad Politécnica de Madrid, España (Mención de Doctor Europeo) y el de Máster en Ingeniería de Software por la misma Institución, posee también el grado de Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Yucatán. Actualmente es profesor en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán. Es responsable del Cuerpo académico de Ingeniería de Software para la Educación. Es miembro desde 2014 del Sistema Nacional de Investigadores del CONAHCYT (Nivel 1). Su trabajo de investigación incluye las áreas de Ingeniería de Software e Informática Educativa.



Julio Cesar Díaz Mendoza es Ingeniero Industrial en Producción por el Instituto Tecnológico de Mérida (ITM). Maestro en Tecnologías de Información, por la Universidad Interamericana para el Desarrollo (UNID). Especialista en Docencia de la Universidad Autónoma de Yucatán. Actualmente es profesor en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán, e imparte asignaturas en las carreras de Ingeniería de Software y Ciencias de la Computación. Su interés se enfoca al área de Ingeniería de Software Educativo.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.

Facilidad de evolución y mantenimiento de software: una revisión de la literatura

Software evolvability and maintainability: a literature review

Mario Dorantes Hernández¹
zs18019633@estudiantes.uv.mx

María Karen Cortés Verdín¹
kcortes@uv.mx

Ángeles Arenas Valdés¹
aarenas@uv.mx

Ángel J. Sánchez García¹
angesanchez@uv.mx

¹ Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.

Resumen

Cuando no se toman en cuenta la facilidad de evolución o mantenimiento en el proceso de desarrollo de software, éste puede resultar en altos costos y tiempos prolongados de modificación, comprometiendo la calidad final y, por ende, la satisfacción del cliente. Estos dos atributos de calidad apoyan al proceso, tomando en cuenta los posibles cambios futuros no sólo en los requisitos, sino también en el entorno y la tecnología. Con el fin de conocer el estado actual de la investigación en facilidad de evolución y en facilidad de mantenimiento, se realizaron una revisión sistemática de la literatura y una síntesis temática. Se realizaron búsquedas y selección de estudios primarios en IEEEExplore, ACM, Springer y ScienceDirect, identificando un total de 37 estudios primarios. Por su parte, la síntesis temática permitió identificar los principales temas (relacionados con facilidad de evolución y mantenimiento de software) acerca de los cuales se investiga en la literatura. Los resultados muestran que la investigación es limitada. Si bien los autores encontrados en la literatura definen ambos atributos de calidad así como sus subatributos, características y algunos proponen métricas, el único artefacto considerado para lo anterior es el código. Las métricas de código más recurrentes fueron *Maintainability Index*, *Lines of Code*, *Cyclomatic Complexity* y *Coupling Between Objects*.

Palabras Clave: *Facilidad de evolución; Facilidad de mantenimiento; Calidad del software, Revisión sistemática; Síntesis temática.*

Abstract

When evolvability or maintainability are not considered during software development, the outcome may yield high costs and long modification hours, with an impact on the final quality and customer satisfaction. These two quality attributes contribute in considering future changes not only in requirements but also in environment and technology. A systematic literature review and a thematic synthesis were performed in order to determine the current state of evolvability and maintainability research. The search and selection processes were performed with IEEEExplore, ACM, Springer and ScienceDirect databases, obtaining a total of 37 primary studies. The thematic synthesis, in turn, allowed identifying leading themes or topics related to evolvability and maintainability. The results helped to determine that research is scarce. Although several authors provide definitions for both attributes along with subattributes, features and even metrics, the only artefact that is taken into account is code. The most frequently mentioned metrics were *Maintainability Index*, *Lines of Code*, *Cyclomatic Complexity* and *Coupling Between Objects*.

Keywords: *Evolvability, Maintainability, Software quality, systematics literature review, Thematic synthesis.*

1. Introducción

En la vida cotidiana, siempre se busca que, al adquirir un producto o servicio, éste sea de calidad. Una de sus numerosas definiciones es “satisfacer las necesidades desde el punto de vista cliente” (Gartnet et al, 1988), ya que se espera cumplir con las características necesarias para la satisfacción de los clientes.

En el contexto del software ocurre lo mismo, haciendo énfasis en atributos de calidad. Estos atributos se pueden trasladar a características que se espera tenga el software: rápida respuesta, eficiencia y confiabilidad, entre otros. Dos atributos que están muy relacionados son la facilidad de evolución y la facilidad de mantenimiento.

La facilidad de evolución en el software podría comprenderse como la capacidad de un producto para adaptarse a las distintas necesidades conforme avanza el tiempo, como lo son los cambios en el mercado o la organización que lo desarrolló. Este atributo, es siempre deseable al momento de desarrollar un sistema de software.

Este trabajo de investigación, también contempla la facilidad de mantenimiento de software. Se incluye este atributo para evitar dejar fuera información valiosa para el trabajo en cuestión. Este atributo, se refiere a “La facilidad con la que se puede modificar un sistema o componente de software para corregir fallas, mejorar el rendimiento u otros atributos, o adaptarse a un entorno modificado” (IEEE, 1990) Es así como se puede notar las similitudes de ambos conceptos, facilidad de evolución y facilidad de mantenimiento de software.

Con la presente investigación se busca determinar el estado actual de la facilidad de evolución y de la facilidad de mantenimiento, mediante una revisión sistemática de la literatura y una síntesis temática. Este documento se encuentra organizado de la siguiente manera: se presenta la revisión sistemática de la literatura, incluyendo preguntas de investigación, cadenas de búsqueda, criterios de inclusión así como los resultados de la misma. En la tercera sección, se describe el proceso seguido para realizar la síntesis temática, así como sus resultados. La discusión con respecto a los hallazgos se realiza en la cuarta sección, donde también se proponen algunas áreas de investigación. Finalmente, en la sección quinta, se dan las conclusiones así como el trabajo futuro.

Es importante mencionar que, dadas las limitaciones de espacio, los artefactos completos correspondientes a la revisión sistemática de la literatura y síntesis temática se encuentran en el siguiente enlace <https://shorturl.at/CVPb0>

2. Revisión sistemática de la literatura

Para la realización de la revisión sistemática de la literatura (RSL) se siguió el proceso establecido por (Kitchenham et al., 2015). Primero se presenta la conducción de la RSL y al final, las amenazas a la validez.

Las preguntas de investigación (RQ) y su respectiva motivación, se listan a continuación.

RQ1- ¿Cuáles son las propuestas para definir la facilidad de evolución o facilidad de mantenimiento?

Motivación: Conocer los enfoques, propuestas que a lo largo del tiempo han existido para definir la facilidad de evolución o facilidad de mantenimiento en el contexto del software.

RQ2 - ¿Cuáles son los elementos o aspectos que contribuyen a la facilidad de evolución o facilidad de mantenimiento?

Motivación: Saber que elementos intervienen o definen la facilidad de evolución o facilidad de mantenimiento.

RQ3 - ¿Cómo se mide software fácil de evolucionar o fácil de mantener?

Motivación: Saber si existen métricas para medir la facilidad de evolución o facilidad de mantenimiento en el software.

RQ4- ¿Cómo se diseña software fácil de evolucionar o fácil de mantener?

Motivación: Saber si existen estrategias y/o patrones de diseño que consideren la facilidad de evolución o facilidad de mantenimiento.

RQ5- ¿Cuáles han sido las experiencias o resultados obtenidos al considerar la facilidad de evolución o facilidad de mantenimiento en el desarrollo de software?

Motivación: Saber si ha habido experiencias utilizando algún método o estrategia para la facilidad de evolución o facilidad de mantenimiento en el desarrollo de software.

Se seleccionaron las bibliotecas digitales de IEEE, ACM, Elsevier y SpringerLink debido a que su acceso es provisto por la institución. Por otra parte, estas fuentes están consideradas por (Kuhrmann et al., 2017) como "Appropriate Data Sources" para investigación en el campo de la Ingeniería de Software. Las cadenas de búsqueda fueron las siguientes:

Utilizada en IEEE Xplore y Springer Link:

(evolvability OR "software maintainability") AND (measurement OR measure OR metric OR "software design" OR pattern OR "design pattern" OR "architectural pattern" OR method OR process OR strategy OR framework) AND NOT (neural OR robotic* OR geneti* OR mechanical OR artificial OR evolutionary)

Utilizada en ACM Digital Library:

("software evolvability" OR "software maintainability") AND (measurement OR measure OR metric OR "software design" OR pattern OR "design pattern" OR "architectural pattern" OR method OR process OR strategy OR framework) AND NOT (neural OR robotic* OR geneti* OR mechanical OR artificial OR evolutionary)

Utilizada en Science Direct (Elsevier):

("Software Evolvability" OR "Software Maintainability") AND (metric OR "design pattern") AND NOT (mechanical OR artificial OR evolutionary)

A continuación, se presentan los criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión

CI-1. Se considerarán solamente estudios primarios en inglés.

CI-2. El título debe hacer referencia a desarrollo de software.

CI-3. El título y/o abstract debe contener el término de búsqueda “Evolvability”, “Evolution” o “Maintainability”.

CI-4. Después de leer el abstract, se muestran indicios que el estudio contesta al menos una pregunta de investigación.

Criterios de exclusión

CE-1. Estudios primarios diferentes a un congreso o journal.

CE-2. No se considerarán estudios relacionados con el área de la biología.

CE-3. No es posible obtener acceso al material completo.

CE-4. Se trata de un estudio duplicado.

Para el procedimiento de selección de estudios primarios, se aplicaron los criterios anteriores en el siguiente orden: 1) Realizar la búsqueda con ayuda de la cadena de búsqueda en dada base de datos, 2) CI-1, 3) CE-1, 4) CI-2, 5) CI-3, 6) CE-2, 7) CI-4, 8) CE-3 y 9) CE-4.

Conforme a (Kitchenham et al., 2015), se realizó *backward* y *forward snowballing* para cada estudio primario (EP) seleccionado. En total se seleccionaron 37 EP. No es posible mostrar la tabla completa del proceso pero se presenta un extracto en la Tabla 1. Este extracto sólo contempla IEEEExplore debido a que es la fuente en la que se encontró el mayor número de EP.

Fuente/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Selección
Paso										
IEEEExplore	497	496	479	401	372	369	19	19	19	19
<i>Backward Snowballing</i>	400	400	189	173	72	71	19	17	8	8
<i>Forward Snowballing</i>	133	133	116	108	45	44	8	6	1	1
...					...			...		
<u>Total estudios seleccionados</u>										37

Tabla 1. Resultados del proceso de selección.

La distribución de los EP, de acuerdo a las bases de datos, se puede observar en la Figura 1. el 76% de los EP se encontraron en IEEEExplore, 13% en ACM, 11% en Springer Link y 0% en Elsevier.

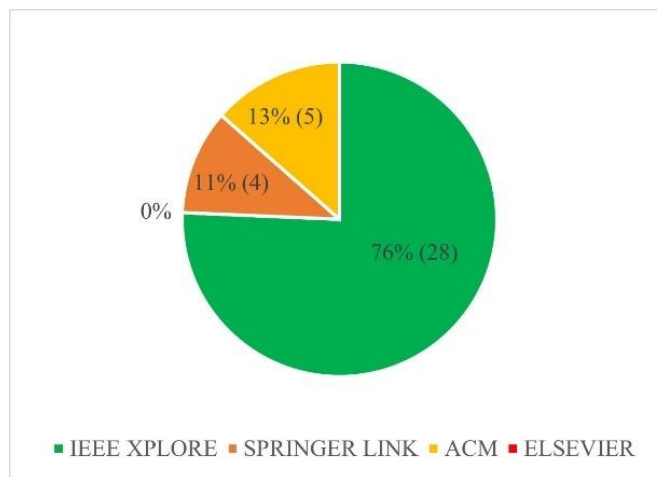


Figura. 1. Distribución de EP por bases de datos.

Al final de este documento, se encuentra un apéndice con información de cada EP y su correspondiente identificador. Con respecto al tipo de publicación, se encontró que el 86% corresponde a publicaciones en congreso mientras que sólo el 14% corresponde a journal. Se puede concluir que la mayoría de los EP no alcanzaron a probar o demostrar sus propuestas por lo que no fueron sometidos a un *journal*. La tabla completa de los EP seleccionados no se muestra aquí por cuestiones de espacio; sin embargo, puede consultarse en el enlace ya proporcionado.

A continuación, se presentan las respuestas a las preguntas de investigación.

RQ1 ¿Cuáles son las propuestas para definir la facilidad de evolución o de mantenimiento?

Los EP que proporcionan una definición de facilidad de evolución son: EP-05-IEEE, EP-06-IEEE, EP-10-IEEE y EP-12-IEEE. Los primeros dos EP, mencionan la integridad arquitectónica o la arquitectura como un elemento a considerar, mientras que los últimos dos coinciden en la necesidad de sobrevivir al cambio. Para la facilidad de mantenimiento, los EP son: EP-16-IEEE, EP-18-IEEE, EP-23-IEEE, EP-24-IEEE y EP-26-IEEE. Todas las definiciones en estos EP, hacen referencia a la facilidad con la que se puede modificar el software, ya sea para corregir fallas, hacer mejoras o adaptarse al entorno

RQ2 ¿Cuáles son los elementos o aspectos que contribuyen a la facilidad de evolución o facilidad de mantenimiento?

EP-01-IEEE, EP-05-IEEE, EP-02-IEEE, EP-04-IEEE, EP-07-IEEE, EP-09-IEEE y EP-11-IEEE coinciden en presentar modelos de facilidad de evolución o mantenimiento en los que éstas se descomponen en varios niveles. En el primer nivel se encuentran las subcaracterísticas de la facilidad de evolución. Entre las subcaracterísticas se encuentran, por ejemplo para el caso de la facilidad de evolución, facilidad de análisis, facilidad de cambio, facilidad de prueba, extensibilidad, trazabilidad, adaptabilidad y portabilidad. Los siguientes niveles de modelo corresponden, en primer lugar, a subatributos. Nuevamente para el caso de la facilidad de

evolución, en este nivel se identifican, entre otros, facilidad de reutilización, facilidad de reemplazo, variabilidad y facilidad de configuración. El siguiente nivel corresponde a principios principalmente de diseño, tales como modularidad, separación de intereses, acoplamiento y encapsulación. Sólo el EP-01-IEEE define el nivel de métricas para algunos de estos principios. Por ejemplo *feature scattering* y *feature tangling* para el principio de separación de intereses. Todos los autores de los EP que contestan esta pregunta mencionan la importancia de cumplir con las subcaracterísticas a fin de lograr la facilidad de evolución o mantenimiento. Es importante mencionar que no todos los EP proporcionan definiciones para las subcaracterísticas o atributos. De entre todos los EP que contestan esta pregunta, se pudo determinar que, los elementos más mencionados son: facilidad de prueba, facilidad de cambio, facilidad de análisis, extensibilidad, portabilidad y estabilidad.

RQ3 ¿Cómo se mide el software fácil de evolucionar?

21 de los 37 EP proponen formas de medir. De estos, 18 incluyen métricas: EP-01-IEEE, EP-13-IEEE y EP-14-IEEE, EP-15-IEEE, EP-16-IEEE, EP-17-IEEE, EP-19-IEEE, EP-20-IEEE, EP-21-IEEE, EP-22-IEEE, EP-25-IEEE, EP-26-IEEE, EP-27-IEEE, EP-28-IEEE, EP-02-ACM, EP-03-ACM, EP-05-ACM y EP-04-SPRINGER. No todos estos EP definen las fórmulas o formas de calcular las métricas propuestas. sólo 6 EP lo hacen. Dadas las limitaciones de espacio, en la Tabla 2 sólo se listan 2 de los EP con las métricas propuestas. La tabla completa, se encuentra en el enlace previamente proporcionado.

Estudio	Métrica (s)	
EP-13-IEEE	CC - Cyclomatic Complexity	Comment Ratio
	Metrics by Halstead	Clone Coverage
	LOC - Lines of Code	Bug Patterns
	MI - Maintainability Index	Test Results
	Nesting Depth	Test Coverage
EP-16-IEEE	Maintainability Metric	

Tabla 2. Métricas propuestas por los EP.

RQ4 ¿Cómo se diseña el software fácil de evolucionar o mantener?

Con esta pregunta se intentaba encontrar estrategias, métodos, procesos o, al menos, mejores prácticas. Los EP que contestan esta pregunta se limitan a recomendar elementos que deben considerarse durante el desarrollo y, muy pocos de ellos recomiendan tomar en cuenta algunos patrones de diseño. Los EP no proporcionan evidencia de que sus recomendaciones son correctas o efectivas. En la Tabla 3, se listan los elementos a considerar encontrados, mientras que en la Tabla 4, se listan los patrones de diseño sugeridos.

Estudio	Elementos	
EP-01-IEEE	Separación de intereses Consistencia Modularidad Exactitud Baja complejidad Complejidad	Bajo acoplamiento Encapsulación Impacto del cambio Permeabilidad Tipificación
EP-03-IEEE	Extensibilidad Estabilidad de diseño Sustentabilidad Configurabilidad	
EP-02-Springer	Baja complejidad Abstracción Modularidad Cohesión Bajo acoplamiento Encapsulación Separación de intereses Herencia Simplicidad	Exactitud Consistencia Complejidad Integridad conceptual Granularidad adecuada Mapeo coherente a conceptos

Tabla 3. Elementos para considerar para la Facilidad de evolución y mantenimiento.

Estudio	Patrón (es) de diseño
EP-16-IEEE	Factory Method Singleton Decorator
EP-05-ACM	Abstract Factory Decorator

Tabla 4. Patrones propuestos por los EP.

RQ5 ¿Cuáles han sido las experiencias o resultados obtenidos al considerar la facilidad de evolución o mantenimiento Enel desarrollo de software?

Sólo 3 EP contestaron RQ5. EP-04-IEEE reporta el método AREA para analizar la facilidad de evolución a nivel arquitectónico. Reportan mejoras en la organización que empleó AREA. Las mejoras se vieron reflejadas en la documentación de la arquitectura y en los modelos arquitectónicos. Todo esto ayudó a mejorar la trazabilidad de la evolución en la arquitectura de software. En EP-16-IEEE, los autores midieron la facilidad de evolución en dos soluciones de software, una con patrones de diseño y otra sin patrones de diseño. Sin embargo, argumentan que se deben seguir probando las métricas. Por último, en el EP-05-ACM, los autores incorporan patrones de diseño a un sistema de software con el fin de mejorar la facilidad de mantenimiento. Usaron *Abstract Factory* y *Decorator*, encontrando que, con el primero se obtiene código más ordenado y el cumplimiento con principios de diseño. Con *Decorator*, se incorporaron funcionalidades adicionales a un objeto, haciendo notoria la extensión de características y

comportamientos.

Con respecto a amenazas a la validez, se tienen dos. La primera, consiste en la falta de experiencia en la aplicación del método de la RSL y de la síntesis temática por parte de uno de los autores. Esto pudo ocasionar cometer errores. Sin embargo, al menos dos del resto de los autores son expertos en modelos de calidad, atributos de calidad como la facilidad de evolución, diseño y arquitecturas de software así como también en medición de software. Además, se realizaron revisiones a medida que se lograban avances, revisando cada uno de los pasos y artefactos del proceso como lo son la selección de EP, el *snowballing* y la extracción de datos.

3. Síntesis temática

La síntesis temática permite identificar, analizar y comparar hallazgos de EP de un tema en específico. A continuación, se presentan los objetivos que guiaron la síntesis temática de este trabajo, se describe el proceso seguido realizado así como los resultados.

El objetivo de esta síntesis temática es identificar, analizar y comparar los hallazgos de los estudios primarios seleccionados para este trabajo, obteniendo un modelo de orden superior de los principales temas de los mismos e identificar oportunidades de investigación. El proceso de esta síntesis es el propuesto por (Cruzes & Dyba, 2011). Este proceso se muestra en la Figura.2.

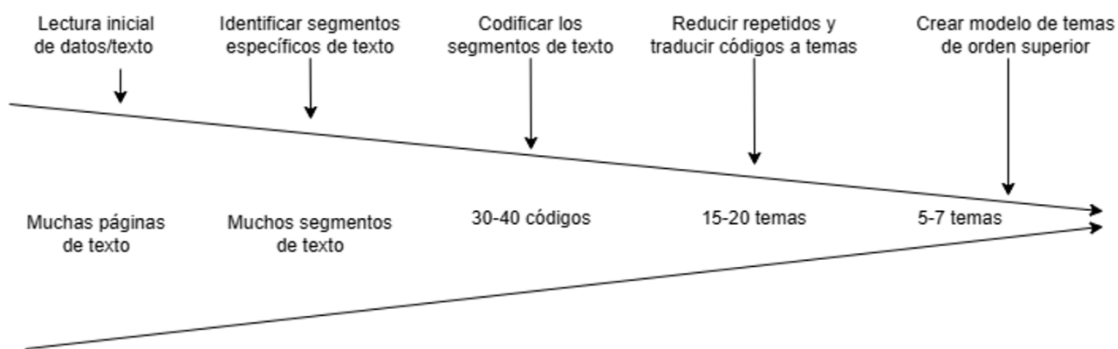


Figura 2. Pasos de la síntesis temática [8].

Una vez identificados los segmentos de texto, se llevó a cabo la codificación. De manera general, este enfoque permite tener una lista de códigos iniciales y agregar nuevos. Los códigos iniciales se obtuvieron de las preguntas de investigación y, durante el proceso de la síntesis, se agregaron nuevos códigos. A manera de ejemplo, la Tabla 5 muestra dos códigos y los segmentos de texto correspondientes. La codificación se realizó con la herramienta QualCoder (<https://qualcoder.wordpress.com/>). La lista completa de códigos y segmentos, se puede consultar en el enlace provisto anteriormente.

Estudio	Segmento de texto	Código
EP-09-IEEE	Software evolvability is both a business issue as well as a technical issue, since the stimuli of changes can come from both perspectives, including change of business models and business objectives, changes in environment, quality requirements, functional requirements, underlying technologies as well as emerging technologies	Estimulo de cambio
EP-03-SPRINGE R	In designing for change, we recognise the need for a combination of engineering and evolutionary considerations which will provide an architecture capable of meeting current demands while also providing means of accommodating likely changes throughout its lifespan.	Arquitectura de software

Tabla 5. Ejemplos de segmentos y códigos en la síntesis temática.

A continuación, se redujeron los códigos repetidos y se realizó la traducción de los códigos a temas. Una vez listos los temas, se elaboró el modelo de orden superior, el cual se muestra en la Figura 3.

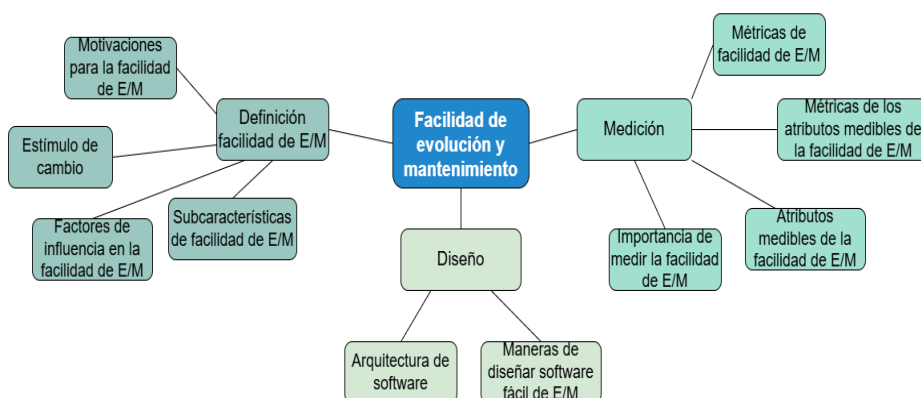


Figura 3. Modelo de orden superior.

Se puede observar que en el centro se encuentran la facilidad de evolución y la facilidad de mantenimiento que son los temas principales de este trabajo. En la Tabla 6, se describe cada uno de los temas del modelo y en la Tabla 7 se listan los códigos, con la frecuencia o número de menciones y los EP en los cuales ocurren dichas menciones.

Tema	Descripción
Definición de facilidad de evolución y facilidad de mantenimiento	Tema en el cual se mencionan las definiciones encontradas para facilidad de evolución y facilidad de mantenimiento del software. También se identifican las motivaciones y los estímulos de cambio para la facilidad de evolución y mantenimiento, así como los factores de influencia y subcaracterísticas de dichos elementos.
Diseño	Tema en el cual se identifica el papel del diseño en la facilidad de evolución y mantenimiento del software. Así como el impacto de la arquitectura en la facilidad de evolución / mantenimiento y las maneras de diseñar software fácil de evolucionar y mantener.
Medición	Tema en el cual se identifica la importancia de medir la facilidad de evolución y mantenimiento, tal como las métricas relacionadas con estos elementos. También se identifican los atributos medibles de la facilidad de evolución y mantenimiento, así como las métricas relacionadas con los atributos medibles.

Tabla 6. Temas del modelo de orden superior.

Código	Descripción	Frecuencia	Estudios
Estímulo de cambio	Identifica los segmentos que mencionan los estímulos de cambio en el software, como pueden ser cambios en el entorno, en los requisitos, la organización, el proceso, etc.	3	EP-02-IEEE EP-09-IEEE EP-11-IEEE
Factores de influencia en la facilidad de E/M	Identifica los factores de la facilidad de evolución / mantenimiento del software que tienen un impacto, como pueden ser la calidad del desarrollo, la integridad de la documentación, la madurez del proceso, la motivación de los miembros del equipo, entre otros.	3	EP-02- SPRINGER EP-24-IEEE EP-25-IEEE
Importancia de medir la facilidad de E/M	Segmentos que resaltan la importancia de medir la facilidad de E/M del software.	3	EP-20-IEEE EP-26-IEEE
Maneras de diseñar software fácil de E/M	Trata de las formas de diseñar software fácil de evolucionar / mantener.	4	EP-01-IEEE EP-16-IEEE EP-02- SPRINGER
Métricas de los atributos medibles de la facilidad de E/M	Segmentos que mencionan métricas de software relacionadas con atributos medibles de la facilidad de evolución / mantenimiento de un sistema de software.	5	EP-01-IEEE EP-14-IEEE
Arquitectura de software	Segmentos que mencionan la arquitectura de un sistema de software y su impacto en la facilidad de evolución / mantenimiento.	6	EP-01-IEEE EP-07- IEEE EP-09-IEEE EP-03- SPRINGER
Motivaciones para la facilidad de E/M	Identifica las motivaciones por las cuales es importante que un sistema de software sea fácil de evolucionar / mantener.	7	EP-09-IEEE EP-11-IEEE EP-12-IEEE EP-17-IEEE EP-02- SPRINGER EP-03- SPRINGER
Atributos medibles de la facilidad de E/M	Segmentos que mencionan atributos medibles relacionados a la facilidad de evolución / mantenimiento de un sistema de software, como pueden ser la cohesión, acoplamiento, separación de intereses, modularidad, complejidad, etc.	7	EP-07-IEEE
Definición facilidad E/M	Identifica los segmentos que mencionan la definición de facilidad de evolución / mantenimiento del software.	15	EP-05-IEEE EP-06-IEEE EP-08-IEEE EP-10-IEEE EP-12-IEEE EP-16-IEEE EP-18-IEEE EP-23-IEEE EP-24-IEEE EP-26-IEEE EP-27-IEEE EP-01- SPRINGER EP-02- SPRINGER EP-03- SPRINGER EP-01-ACM
Métricas de la facilidad de E/M	Segmentos que mencionan métricas relacionadas con que tan fácil es evolucionar / mantener un sistema de software.	23	EP-05-IEEE EP-13-IEEE EP-16-IEEE EP-17-IEEE EP-20-IEEE EP-25-IEEE EP-27-IEEE EP-28-IEEE EP-04- SPRINGER EP-02-ACM EP-03-ACM
Subcaracterísticas de facilidad de E/M	Segmentos que mencionan subcaracterísticas de facilidad de evolución / mantenimiento de un sistema de software.	45	EP-01-IEEE EP-03-IEEE EP-04-IEEE EP-05-IEEE EP-07-IEEE EP-09-IEEE EP-10-IEEE EP-15-IEEE EP-16-IEEE EP-19-IEEE EP-21-IEEE EP-22-IEEE EP-23-IEEE EP-24-IEEE EP-25-IEEE EP-27-IEEE EP-02- SPRINGER EP-03- SPRINGER EP-01- SPRINGER EP-01-ACM EP-04-ACM

Tabla 7. Códigos con su descripción y frecuencia.

4. Discusión

En esta sección se discuten los hallazgos de la RSL y de la síntesis temática, haciendo propuestas de áreas de interés o investigación.

En el análisis de estos estudios se pudo detectar que, conforme a los EP, la subcaracterística que contribuye más a la facilidad de evolución y facilidad de mantenimiento del software es la facilidad de prueba. Además de ésta, en orden de mayor a menor, se tienen: facilidad de cambio, facilidad de análisis, extensibilidad y portabilidad.

En cuanto a aspectos o factores negativos para la facilidad de mantenimiento o facilidad de evolución, sólo (Brcina & Riebisch, 2009) identifica la complejidad y el acoplamiento. Es bien sabido que principios básicos de diseño básicos como bajo acoplamiento y baja complejidad contribuyen a la modularidad del software. El software modular facilita los cambios y, por consiguiente, la facilidad de evolución y la facilidad de mantenimiento.

Con respecto a métricas, es interesante notar que las encontradas se basan únicamente en código. El poder medir la facilidad de evolución o la facilidad de mantenimiento con, por ejemplo, algún artefacto de diseño, ayudaría a la detección temprana de problemas. Una evaluación temprana del diseño ayudaría a una mejor toma de decisiones. Las métricas de código más reportadas en la literatura son: índice de facilidad de mantenimiento (MI), líneas de código (LOC), complejidad ciclomática (CC) y acoplamiento entre objetos (CBO) (Wagey et al., 2015).

Con respecto a la forma de diseñar software fácil de evolucionar o mantener, los EP sólo hacen mención del uso de patrones de diseño y de considerar algunos atributos. Es de llamar la atención que no se mencione la arquitectura de software como un aspecto importante, al menos, para la facilidad de evolución. Se sabe que la arquitectura de software define la estructura por lo que proporciona una base sólida para la facilidad de evolución.

Con respecto a las experiencias en el desarrollo de software fácil de evolucionar o mantener, no se pudieron localizar EP. Es de entender que una evaluación de este tipo, aunque sea en un contexto académico. Por otra parte, en la mayoría de las organizaciones de desarrollo de software se prioriza la entrega rápida de software, con poco tiempo para realizar un diseño robusto que sea capaz de soportar cambios.

Los resultados aquí presentados son importantes por las siguientes razones:

- Se obtiene un panorama amplio acerca de la facilidad de evolución y mantenimiento.
- Gracias a los resultados de la RSL y de la síntesis temática, es posible conocer los elementos que influyen en la facilidad de evolución y de mantenimiento del software.
- Es así, que se proponen las siguientes áreas de interés que pueden dar lugar a investigaciones en facilidad de evolución y de mantenimiento.
- Se hace necesaria la evaluación de aquellas propuestas de métodos, estrategias o enfoques para la facilidad de evolución o de mantenimiento en el desarrollo de software.
- Continuar con el estudio de subcaracterísticas, a fin de manera apoyar las decisiones correspondientes durante el desarrollo de software.
- Hacen falta las correspondientes propuestas de métricas y métodos o estrategias para artefactos distintos al código. Por ejemplo, para el diseño y evaluación de arquitecturas de software.

- Si el papel de la arquitectura de software es tan importante en la calidad final del sistema, se hace necesario estudiar las maneras de incluir, modelar y evaluar la facilidad de evolución o de mantenimiento en la misma.
- Continuar con la investigación del uso de patrones de diseño que contribuyan a alcanzar la facilidad de evolución o de mantenimiento del software.

5. Conclusiones y trabajo futuro

La motivación viene por los tipos de diagnósticos que se pueden realizar a los pacientes, ya que en la actualidad existen muchas variaciones y cada uno tiene diferentes datos a analizar. Para poder categorizar de mejor manera los datos tomaremos como foco principal los 2 diagnósticos más comunes que recolectan datos por medio de sensores. Por la misma razón, los tipos de datos se han clasificado en las siguientes categorías: Cerebral y de Movimiento

Se han analizado la facilidad de evolución y facilidad de mantenimiento del software, mediante una revisión sistemática de la literatura y una síntesis temática. Se presentó el proceso de la RSL y de la síntesis temática conforme a (Cruzes & Dyba, 2011) (Kitchenham et al., 2015), respectivamente. Fue posible identificar los elementos contribuyentes a la facilidad de evolución y facilidad de mantenimiento, así como un conjunto de métricas para su evaluación. No se encontraron métodos, estrategias, procesos ni siquiera mejores prácticas a realizar para satisfacer estos atributos. Las propuestas encontradas tienen aún pendiente la validación correspondiente. En lo que se refiere a las métricas, sólo existen las que miden código. Otros artefactos no han sido considerados hasta ahora.

Con respecto a las limitantes del trabajo, éstas se refieren, en primer lugar, al desconocimiento del proceso de RSL y síntesis temática y de los temas de facilidad de evolución y mantenimiento por parte de uno de los autores, quien desarrollaba su trabajo recepcional. Sin embargo, como ya se ha explicado, el resto de los autores cuenta con el conocimiento y habilidades necesarias para solventar esta situación. Otra limitante que debe mencionarse es el acceso a las fuentes o base de datos provistas por la institución. Sin embargo, fue posible conseguir los EP con acceso restringido.

A partir de los resultados, se identifican los siguientes trabajos futuros.

- Investigar y evaluar las métricas encontradas para evaluar la facilidad de evolución y de mantenimiento de software.
- Proponer, basado en los hallazgos ya presentados, alguna métrica de facilidad de evolución o mantenimiento para arquitecturas de software, considerando también un caso de estudio.
- Investigar el uso de patrones de diseño que contribuyan a la facilidad de evolución o de mantenimiento del software.

Referencias

Brcina, R., Bode, S., & Riebisch, M. (2009). Optimisation process for maintaining evolvability during software evolution. Proceedings of the 16th Annual IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer-Based Systems (pp. 196–205). <https://doi.org/10.1109/ECBS.2009.20>

Cruzes, D. S., & Dybå, T. (2011). Recommended steps for thematic synthesis in software engineering. Proceedings of the International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (pp. 275–284). <https://doi.org/10.1109/ESEM.2011.36>

Gartner, W., Deming, W., Naughton, M., & Gitlow, H. S. (1988). The Deming theory of management. The Academy of Management Review, 13, 138. <https://doi.org/10.2307/2583562>

IEEE. (1990). IEEE standard glossary of software engineering terminology (IEEE Std 610.12-1990). <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.1990.101064>

Kitchenham, B. A., Budgen, D., & Brereton, P. (2015). Evidence-based software engineering and systematic reviews. CRC Press.

Kuhrmann, M., Fernández, D. M., & Daneva, M. (2017). On the pragmatic design of literature studies in software engineering: An experience-based guideline. Empirical Software Engineering, 22, 2852–2891. <https://doi.org/10.1007/s10664-016-9492-y>

Wagey, B. C., Hendradjaya, B., & Mardiyanto, M. S. (2015). A proposal of software maintainability model using code smell measurement. Proceedings of the 2015 International Conference on Data and Software Engineering (pp. 25–30). <https://doi.org/10.1109/ICODSE.2015.7436966>

APÉNDICE. LISTA DE ESTUDIOS PRIMARIOS SELECCIONADOS

#	ID	Título	Autores	Año	Tipo de publicación
1	EP-01-IEEE	Optimisation Process for Maintaining Evolvability during Software Evolution	Robert Brcina, Stephan Bode, Matthias Riebisch	2009	Congreso
2	EP-02-IEEE	Analysis of Software Evolvability in Quality Models	H. P. Breivold; I. Crnkovic	2009	Congreso
3	EP-03-IEEE	A framework for assessing the evolvability characteristics along with sub-characteristics in AOSQ model using fuzzy logic tool	P. Kumar; S. K. Singh	2017	Congreso
4	EP-04-IEEE	Analyzing Software Evolvability of an Industrial Automation Control System: A Case Study	H. P. Breivold; I. Crnkovic; R. Land; M. Larsson	2008	Congreso

5	EP-05-IEEE	Analyzing Software Evolvability	H. P. Breivold; I. Crnkovic; P. J. Eriksson	2008	Congreso
6	EP-06-IEEE	Optimum technology insertion into systems based on the assessment of viability	P. A. Sandborn; T. E. Herald; J. Houston; P. Singh	2003	Journal
7	EP-07-IEEE	Using dependency model to support software architecture evolution	H. P. Breivold; I. Crnkovic; R. Land; S. Larsson	2008	Congreso
8	EP-08-IEEE	Towards a practical maintainability quality model for service-and-microservice based systems	Justus Bogner, Stefan Wagner, Alfred Zimmermann	2017	Congreso
9	EP-09-IEEE	Evaluating software evolvability	H. P. Breivold, I. Crnkovic, and P. Eriksson	2007	Congreso
10	EP-10-IEEE	Dynamic and static views of software evolution	S. Cook, H. Ji, and R. Harrison	2001	Congreso
11	EP-11-IEEE	Using Software Evolvability Model for Evolvability Analysis	Breivold, H.P., and Crnkovic, I	2008	Congreso
12	EP-12-IEEE	Evolvability as a quality attribute of software architectures	S. Ciraci and P. van den Broek	2006	Congreso
13	EP-13-IEEE	On Automatically Collectable Metrics for Software Maintainability Evaluation	J. -P. Ostberg; S. Wagner	2014	Congreso
14	EP-14-IEEE	Analyzing the Effect of Design Patterns on Software Maintainability: A Case Study	S. Rochimah; P. G. Nuswantara; R. J. Akbar	2018	Congreso
15	EP-15-IEEE	A Quantitative Approach to Software Maintainability Prediction	L. Ping	2010	Congreso
16	EP-16-IEEE	Evaluating the Impact of Design Patterns on Software Maintainability: An Empirical Evaluation	H. K. Jun; M. E. Rana	2021	Congreso

17	EP-17-IEEE	An integrated measure of software maintainability	K. K. Aggarwal; Y. Singh; J. K. Chhabra	2002	Congreso
18	EP-18-IEEE	Software maintainability-a new 'ility'	D. A. Sunday	1989	Congreso
19	EP-19-IEEE	A proposal of software maintainability model using code smell measurement	B. C. Wagey; B. Hendradjaya; M. S. Mardiyanto	2015	Congreso
20	EP-20-IEEE	Why Is It Important to Measure Maintainability and What Are the Best Ways to Do It?	C. Chen; R. Alfayez; K. Srisopha; B. Boehm; L. Shi	2017	Congreso
21	EP-21-IEEE	A Controlled Experiment for Evaluating the Impact of Coupling on the Maintainability of Service-Oriented Software	M. Pereplechikov; C. Ryan	2011	Journal
22	EP-22-IEEE	Evaluating maintainability of android applications	A. A. Saifan; A. Al-Rabadi	2017	Congreso
23	EP-23-IEEE	Evaluating Software Maintainability Using Fuzzy Entropy Theory	L. Cai; Z. Liu; J. Zhang; W. Tong; G. Yang	2010	Congreso
24	EP-24-IEEE	Research on maintainability evaluation of service-oriented software	Ma Zhe; Ben Kerong	2010	Congreso
25	EP-25-IEEE	A Practical Model for Measuring Maintainability	I. Heitlager, T. Kuipers, and J. Visser	2007	Congreso
26	EP-26-IEEE	A maintainability estimation model and tool	A. Hincheeranan and W. Rivepiboon	2012	Journal
27	EP-27-IEEE	A comparative Study of Maintainability Index of Open Source Software	Ganpati, Anita, A. Kalia, and H. Singh.	2012	Journal
28	EP-28-IEEE	Measuring Maintainability Index of a Software Depending on Line of Code Only	Najm, N.	2014	Journal

29	EP-01- SPRINGER	Evolvability Characterization in the Context of SOA	Jose L. Arciniegas H. & Juan C. Dueñas L.	2010	Congreso
30	EP-02- SPRINGER	Impact Evaluation for Quality-Oriented Architectural Decisions regarding Evolvability	Stephan Bode & Matthias Riebisch	2010	Congreso
31	EP-03- SPRINGER	Defining systems architecture evolvability - a taxonomy of change	Rowe, D., Leaney, J., Lowe, D.	1998	Congreso
32	EP-04- SPRINGER	A Bayesian Belief Network for Modeling Open Source Software Maintenance Productivity	Stamatia Bibi, Apostolos Ampatzoglou, Ioannis Stamelos	2016	Congreso
33	EP-01-ACM	A Generic Method for Identifying Maintainability Requirements Using ISO Standards	Khalid T. Al-Sarayreh, Asma Labadi & Kenza Meridji	2015	Congreso
34	EP-02-ACM	Questioning software maintenance metrics: a comparative case study	Dag I.K. Sjoberg, Bente Anda & Audris Mockus	2012	Congreso
35	EP-03-ACM	Design property metrics to maintainability estimation: a virtual method using functional relationship mapping	T.R. Gopalakrishnan Nair, Sri Aravindh & R.Selvarani	2010	Congreso
36	EP-04-ACM	Demystifying maintainability	M. Broy, F. Deissenboeck, and M. Pizka	2007	Congreso
37	EP-05-ACM	Impact of Abstract Factory and Decorator Design Patterns on Software Maintainability: Empirical Evaluation using CK Metrics	Kurmangali A, Rana M and Ab Rahman W.	2022	Congreso

Tabla 8. Estudios primarios seleccionados.

NOTAS BIOGRÁFICAS



Mario Eduardo Dorantes Hernández es un egresado de la Facultad de Estadística e Informática, llevando la licenciatura en ingeniería de software. Realizó una monografía relacionada con la Facilidad de Evolución y de Mantenimiento de Software. A lo largo de su formación académica, ha desarrollado un interés particular en la facilidad de evolución y mantenimiento del software, enfocándose en las definiciones de estas características, así como en las diversas formas de diseñarlos y medirlos.



María Karen Cortés Verdín Licenciado en Informática por la Universidad Veracruzana, Maestra en Ciencias en Ingeniería de Sistemas de Información UMIST en Reino Unido, Maestra en Ingeniería de Software y Doctora en Ciencias de la Computación por el CIMAT, A.C. Profesor de tiempo completo en la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana en la Licenciatura en Ingeniería de Software. Integrante del Cuerpo académico Ingeniería y Tecnología de Software. Candidata al SNII. Perfil PRODEP deseable desde 2014. Su trabajo incluye calidad de software, líneas de productos de software y arquitecturas de software principalmente.



María de los Ángeles Arenas Valdés es Licenciada en Informática por la Universidad Veracruzana, con Maestría en Ciencias de la Computación por la Fundación Arturo Rosenblueth, Profesor de Tiempo Completo en la Licenciatura en Ingeniería de Software de la Universidad Veracruz, cuenta con reconocimiento del programa Profesional Docente PRODEP



Ángel Juan Sánchez García es Licenciado en Informática, Maestro en Inteligencia Artificial, Especialista en Métodos Estadísticos y Doctor en Inteligencia Artificial por la Universidad Veracruzana, México. Actualmente es profesor en la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana. Es responsable del Cuerpo académico Ingeniería y Tecnología de Software. Es miembro desde 2018 del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores del CONAHCYT (actualmente Nivel 1, área 8) y cuenta con el reconocimiento del Programa de Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) desde 2018. Su trabajo de investigación incluye las áreas de Aprendizaje automático e Inteligencia Artificial aplicada a la Ingeniería de software



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.

Diseño de una aplicación móvil para el apoyo a la prevención de la muerte súbita

Design of a Mobile Application to support the prevention of sudden death

Erick Rafael López Vázquez¹
lopezvazquezerickr@gmail.com

Oscar Mario Rodríguez Elías¹
omrodriguez@hermosillo.tecnm.mx

Eduardo Antonio Hinojosa Palafox²
eduardo.hinojosap@hermosillo.tecnm.mx

Rosalía del Carmen Gutierrez Urquidez¹
rosalia.gutierrezu@hermosillo.tecnm.mx

Hazael Gómez Encinas¹
hazael.gomeze@hermosillo.tecnm.mx

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Tecnológico Nacional de México Hermosillo, Sonora, México.

² Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Tecnológico Nacional de México Hermosillo, Sonora, México.

Resumen

La muerte súbita debido a paros cardiorrespiratorios es una de las principales causas de muerte en países occidentales. Una atención oportuna ha demostrado tener un efecto positivo muy importante en la expectativa de vida, así como en la disminución de las secuelas derivadas de un evento de paro cardíaco. Para abonar a la solución de esta problemática, en este artículo se aborda el diseño de una aplicación móvil orientada a la gestión de un mapa colaborativo de desfibriladores externos automáticos, que permita a los "rastreadores" localizar rápidamente estos dispositivos en espacios públicos y privados, para llevarlos al lugar de una emergencia en caso de paro cardiorrespiratorio.

Palabras Clave: *Paro cardiorrespiratorio; Rastreo de desfibriladores, Diseño de software, Aplicación móvil, Mapa colaborativo.*

Abstract

Sudden death caused by cardiorespiratory arrest, is one of the main causes of death in Western countries. Timely care has been shown to have a very important positive effect on life expectancy, as well as on the reduction of the consequences derived from a cardiac arrest event. To contribute to the solution of this problem, in this article we address the design of a mobile application to support the management of a collaborative map of automatic external defibrillators, which allows "trackers" to quickly locate these devices in public and private spaces, to take them to the site of an emergency in the event of cardiorespiratory arrest.

Keywords: *Cardiorespiratory arrest; Defibrillator tracking, Software design, Mobile application, Collaborative map.*

1. Introducción

La muerte súbita cardíaca (MSC) constituye una de las principales causas de mortalidad en los países occidentales. El desarrollo de una aplicación móvil centrada en la intervención temprana durante situaciones de paro cardiorrespiratorio puede ser una herramienta clave en la prevención de la MSC. La intervención rápida en situaciones de paro cardiorrespiratorio (PCR) es esencial para mejorar las tasas de supervivencia [1], y la disponibilidad inmediata de desfibriladores externos automáticos (DEA), combinada con la ayuda temprana de personas entrenadas en reanimación cardiopulmonar (RCP), puede tener un impacto crucial en estos casos críticos [2].

Existen diversas herramientas diseñadas para apoyar en casos de paro cardiorrespiratorio, entre las principales se encuentran los DEA, que proporcionan descargas eléctricas destinadas a restablecer el ritmo cardíaco normal en situaciones de fibrilación ventricular. Además, la RCP realizada por personas capacitadas juega un rol crucial, ya que puede mantener la circulación sanguínea y la oxigenación de los órganos vitales, prolongando así las posibilidades de supervivencia hasta que se pueda aplicar una intervención médica más avanzada.

Los paros cardíacos que ocurren fuera del entorno hospitalario conllevan una falta de coordinación y a menudo pérdida de tiempo entre quien emite la alerta de la emergencia cardíaca, las personas certificadas en RCP que ofrecen atención inmediata y los servicios de emergencia que asisten al paciente. Esta descoordinación afecta de manera considerable el tiempo disponible para proporcionar ayuda durante el evento cardíaco, por lo que disponer de una aplicación que permita activar una alerta para notificar a los voluntarios más cercanos, así como localizar los DEAs disponibles en las proximidades, puede incrementar significativamente las posibilidades de supervivencia [3].

En este trabajo se propone el diseño de una aplicación móvil concebida como una herramienta clave para mejorar la respuesta ante emergencias cardíacas, facilitando la localización inmediata de desfibriladores y la movilización de personas capacitadas en RCP. Esto no solo podría incrementar las tasas de supervivencia en casos de paro cardiorrespiratorio, sino también ayudar a reducir la incidencia de MSC, abordando así un grave problema de salud en el país.

El artículo se organiza de la siguiente forma: en primer lugar, en la siguiente sección se abordan algunos de los aspectos teóricos y trabajos relacionados más relevantes. Posteriormente, en la sección 3 se describe la metodología de trabajo seleccionada, para después, en la sección 4 establecer los principales requerimientos que guiaron el diseño de la aplicación, para en la sección 5 describir el diseño propuesto para finalmente concluir este artículo en la sección 6.

2. Marco teórico

2.1. Paro cardiorrespiratorio

Un paro cardio respiratorio (PCR) se define por la interrupción en el suministro de oxígeno a los tejidos, lo que provoca un deterioro significativo y temprano en los órganos más afectados. La severidad del daño está influenciada por la condición de salud previa del paciente y la velocidad con la que se restaura la circulación normal. Durante el colapso circulatorio, el cerebro y el corazón son los órganos más vulnerables. El grado de daño en estos órganos, en particular en el cerebro, es crucial para determinar el pronóstico del paciente con PCR [4].

El paro cardíaco, puede ser causado por diversas condiciones que afectan grave- mente la función cardíaca. Al interrumpirse gravemente el ritmo cardíaco y la función cardiovascular, se aumenta el riesgo de muerte súbita si no se recibe una intervención rápida y adecuada [5]. El tratamiento más efectivo incluye la aplicación inmediata de maniobras de RCP y el uso de un DEA. La probabilidad de supervivencia aumenta significativamente cuando la RCP y la desfibrilación se realizan lo antes posible, ideal- mente dentro de los primeros dos minutos tras el evento. En estos casos, se pueden lograr tasas de supervivencia de hasta el 71% con una buena recuperación neurológica. La efectividad de la desfibrilación es superior al 90% si se aplica en el primer minuto, pero disminuye entre un 7 y un 10% por minuto sin RCP previa. Por lo tanto, realizar RCP prolonga el tiempo disponible para una desfibrilación exitosa [6].

2.2. Trabajos relacionados

Diversas aplicaciones móviles buscan mejorar la respuesta ante eventos de PCR. "Ariadna" ofrece un mapa colaborativo para localizar DEAs mediante geolocalización, facilitando a los voluntarios capacitados en RCP la posibilidad de acceder a la ubicación de los DEA, tanto en espacios públicos como privados. Los usuarios también tienen la capacidad de validar los dispositivos registrados por otros, agregar información adicional como fotografías del lugar, y contribuir a la precisión del mapa colaborativo [7]. Otro ejemplo es "CERCA", una aplicación que también facilita localizar el DEA más cercano. Los usuarios pueden contribuir al mantenimiento de la base de datos reportando nuevos DEAs, asegurando que la información esté siempre actualizada [8].

Las aplicaciones para apoyo en PCR están diseñadas para facilitar la localización de DEA, conectar a usuarios capacitados en RCP con incidentes cercanos y coordinar la asistencia en situaciones de emergencia. Muchas de estas herramientas integran funciones como mapas de localización de DEA, alertas en tiempo real y sistemas de notificación para voluntarios capacitados [9][10]. No obstante, las aplicaciones existentes están limitadas a poder ser utilizadas en zonas muy específicas, y al no estar disponibles para su uso en la localidad donde se desea atender este problema, se observa la necesidad de desarrollar una herramienta personalizada para uso en una zona de interés específica.

3. Metodología de trabajo

Enfoques ágiles como Scrum y la metodología Mobile-D han sido comúnmente aplicadas para desarrollar aplicaciones móviles [11], pues permiten una iteración constante y la incorporación de retroalimentación continua durante el proceso de diseño, facilitando la adaptación a los cambios y la optimización del producto final. Técnicas de diseño centrado en el usuario, como el prototipado y las pruebas de usabilidad, son esenciales para que la aplicación sea intuitiva y cumpla con las necesidades de los usuarios [12].

Se ha seleccionado la metodología Mobile-D para el desarrollo del diseño de la aplicación debido a su enfoque especializado en la creación de aplicaciones móviles, lo que garantiza un proceso de desarrollo ágil y adaptado a las necesidades específicas del entorno móvil [13]. Mobile-D permite la incorporación de cambios y mejoras basadas en la retroalimentación continua de los usuarios, sigue un enfoque iterativo con énfasis en la adaptación a las condiciones del mercado móvil mediante cuatro etapas: exploración, inicialización, producción, estabilización y pruebas, asegurando un enfoque sistemático y eficaz en la creación de la aplicación móvil.

Como trabajo de investigación futuro se evaluará el impacto del uso de la aplicación una vez desarrollada, para determinar si es funcional y si cumple con los objetivos propuestos, lo que incluirá un análisis en casos reales de su aceptación por parte de los usuarios, lo que permitirá validar el enfoque metodológico y optimizar futuras mejoras.

4. Especificación de requerimientos

Los requerimientos para la aplicación se obtuvieron mediante un análisis detallado de aplicaciones similares disponibles, ya sea comercialmente en tiendas de aplicaciones, así como las que han sido descritas en artículos de investigación. Además, se recopiló información de posibles usuarios, mediante entrevistas a personal de una asociación de especialistas en atención de problemas PCR, capacitación en RCP, así como impulso a la distribución de DEAs en la localidad. Estos requerimientos establecen las capacidades esenciales que la aplicación debe poseer para cumplir con su propósito principal. Algunas de las funciones que se han considerado esenciales son:

- **Acceso a datos de emergencia.** La aplicación debe ser capaz de recopilar, almacenar y mantener actualizada una base de datos completa que incluya información crítica sobre servicios de emergencia locales, como estaciones de bomberos, servicios de ambulancia y hospitales. Además, debe integrar mecanismos que permitan identificar automáticamente la ubicación de una emergencia y notificar de manera inmediata a los colaboradores cercanos que cuenten con la formación necesaria en RCP. Esto busca que la aplicación no solo actúe como una herramienta de localización de DEAs, sino también como un puente con los servicios de emergencia.

- **Mapas y geolocalización.** Incorporación de servicios de mapas y geolocalización de la zona geográfica específica donde se implementará. Permitirá detectar la ubicación exacta de la emergencia y de los colaboradores capacitados en RCP que se encuentren en las cercanías, así como la localización de DEAs cercanos.
- **Capacitación y certificación de colaboradores.** Identificar y reclutar a usuarios que ya estén capacitados en RCP y otros procedimientos de primeros auxilios dentro de la zona geográfica específica donde se implementará la aplicación. Se debe colaborar con organizaciones locales, como escuelas, centros comunitarios, hospitales y grupos de voluntarios, que puedan ayudar en la identificación de personas certificadas. La aplicación debe contar con un sistema para verificar y mantener actualizadas las certificaciones de estos colaboradores, garantizando que estén preparados para responder de manera efectiva en situaciones de emergencia.
- **Colaboración con servicios de emergencia locales.** Permitir el intercambio de información en tiempo real con los servicios de emergencia locales, particularmente en lo que respecta a la ubicación de los incidentes, la disponibilidad de DEA y personal capacitado en RCP. La aplicación podrá facilitar la coordinación directa con los servicios médicos de emergencia, asegurando que los esfuerzos de respuesta por parte de los colaboradores voluntarios y los profesionales se integren de manera efectiva. Esta colaboración puede incluir la participación en simulacros de emergencia y la creación de protocolos conjuntos que fortalezcan la interacción entre la aplicación y los servicios de emergencia, lo que permitirá un manejo más efectivo y organizado de las emergencias cardíacas.
- **Notificaciones y alertas.** Para informar de manera inmediata a los usuarios capacitados cuando ocurra una emergencia en su área. Este sistema incluirá alertas push en tiempo real, enviadas directamente a los dispositivos móviles de los colaboradores. Las notificaciones proporcionarán detalles precisos sobre la ubicación exacta de los eventos de PCR, así como de los DEAs cercanos.
- **Interfaz de usuario intuitiva.** Dado que la aplicación estará dirigida a todo público, es importante que cuente con una interfaz de usuario altamente intuitiva y fácil de navegar. El proceso de registro para los colaboradores debe ser sencillo, permitiéndoles inscribirse rápidamente y acceder a las funcionalidades de la aplicación sin complicaciones. La interfaz debe ser clara y comprensible, proporcionando a los usuarios instrucciones detalladas y precisas sobre cómo responder adecuadamente a una emergencia cardíaca. Esto incluye la recepción de notificaciones de emergencia, la visualización de la ubicación de la emergencia en el mapa y las indicaciones paso a paso para aplicar las técnicas de RCP o utilizar un DEA. La claridad en el diseño de la interfaz es esencial para asegurar que, en situaciones de alta presión, los usuarios puedan actuar de manera rápida y eficiente, sin perder tiempo tratando de entender cómo usar la aplicación. Además, la interfaz debe incorporar elementos visuales y de accesibilidad, como íconos grandes y colores contrastantes, para mejorar la usabilidad para personas con diferentes niveles de habilidad tecnológica.

5. Diseño de la aplicación

Como resultado del análisis de los requerimientos descritos previamente, se decidió un diseño centrado en cuatro funcionalidades principales, las cuales se muestran en la Figura 1, y se describen a continuación:

1. **Emitir una alerta.** Esta acción se realiza mediante un botón flotante con forma de corazón que se encuentra en la pantalla principal, Fig. 1 A).
2. **Agregar nuevo DEA.** Botón con forma de corazón con un signo +, que se localiza a la izquierda en la barra de acciones en la parte inferior de la pantalla, y permite a los usuarios registrar nuevos desfibriladores en el sistema, asegurando que la base de datos de dispositivos esté siempre actualizada.
3. **Registrarse como colaborador.** Botón con forma de grupo de usuarios con un signo +, que se localiza al centro en la barra de acciones en la parte inferior de la pantalla, y permite que el usuario se inscriba como colaborador capacitado en RCP, lo que lo habilita para recibir alertas de emergencia y ofrecer asistencia en situaciones críticas.
4. **Ver información de usuario.** Botón con forma de carta de perfil de usuario, que se localiza a la derecha en la barra de acciones en la parte inferior de la pantalla, proporciona acceso a la información personal del usuario, incluyendo detalles de su perfil y su historial de actividades dentro de la aplicación.

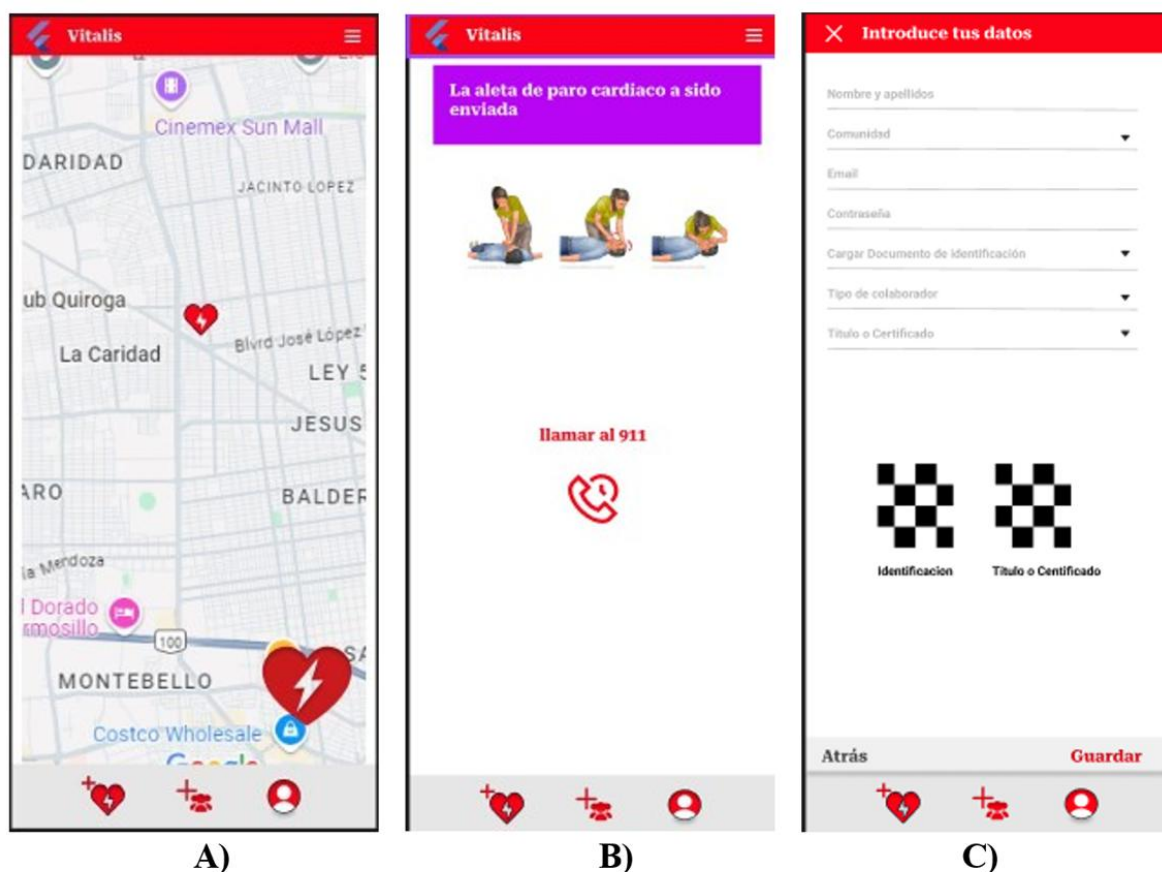


Figura 1. Diseño de las principales pantallas de la aplicación para rastreo de desfibriladores y colaboradores para dar RCP ante eventos de PCR. A) pantalla principal, B) pantalla de lanzamiento de alerta, C) pantalla de registro de colaboradores.

La Figura 1 A) muestra la pantalla principal que consiste en un mapa interactivo que muestra la ubicación de los DEA mediante iconos en forma de corazón. En esta pantalla se encuentra el botón flotante en forma de corazón, que sirve para lanzar una alerta de paro cardíaco en caso de emergencia.

El botón está diseñado para ser de fácil acceso, permitiendo a los usuarios activar rápidamente una alerta que notifique a los colaboradores cercanos sobre la emergencia y solicite asistencia inmediata.

Al lanzar una alerta, se muestra la pantalla de la Figura 1 B), que presenta un mensaje que confirma que la alerta de emergencia ha sido enviada con éxito. Debajo de este mensaje, se muestran una serie de imágenes que ilustran el proceso de RCP, proporcionando una guía visual clara para los colaboradores sobre cómo realizar las maniobras de RCP en caso de paro cardíaco. Más abajo en la pantalla, se encuentra un texto explicativo y un botón para llamar a los servicios de emergencia.

En Figura 1 C) se muestra la pantalla para agregar datos de un usuario registrado como colaborador para brindar servicios de RCP. Inicialmente el usuario tiene la opción de cargar una imagen para usar como su avatar o foto de perfil. Posteriormente se solicita información personal, y se le pide agregar imágenes de una identificación para validar sus datos, así como evidencia de algún certificado que avale su capacitación para realizar RCP. Sólo los usuarios registrados con sus datos pueden ver datos en su perfil de usuario, y sólo los usuarios registrados y validados como capacitados para dar RCP podrán recibir alertas para dar apoyo en casos de PCR cercanos a su posición.

En la Figura 2 se muestran las pantallas relacionadas con el proceso de registro de nuevos DEAs. La Figura 2 A) es el inicio del proceso y presenta el mapa interactivo de la aplicación, pero con un enfoque específico para el registro de un nuevo DEA. En la parte superior de la pantalla, se muestra un mensaje instruccional que guía al usuario para que mueva el icono en forma de corazón, que representa al nuevo DEA, hasta la ubicación exacta en el mapa donde se encuentra el dispositivo.

Este mensaje busca asegurar que el DEA se registre en la ubicación correcta, lo que es crucial para la precisión de la base de datos de la aplicación. En la parte inferior del mapa, se muestra el texto con la dirección seleccionada, reflejando la ubicación del DEA según el punto donde se ha colocado el icono de corazón. Esto permite al usuario verificar que la dirección es correcta antes de proceder. Justo encima de este texto de dirección, hay un botón de confirmación representado por un botón flotante con un icono de palomita de color rojo. Este botón sirve para continuar con el proceso de registro del DEA una vez que la ubicación haya sido ajustada y confirmada. Al hacer clic en el botón, se guarda la ubicación y se avanza al siguiente paso del registro.

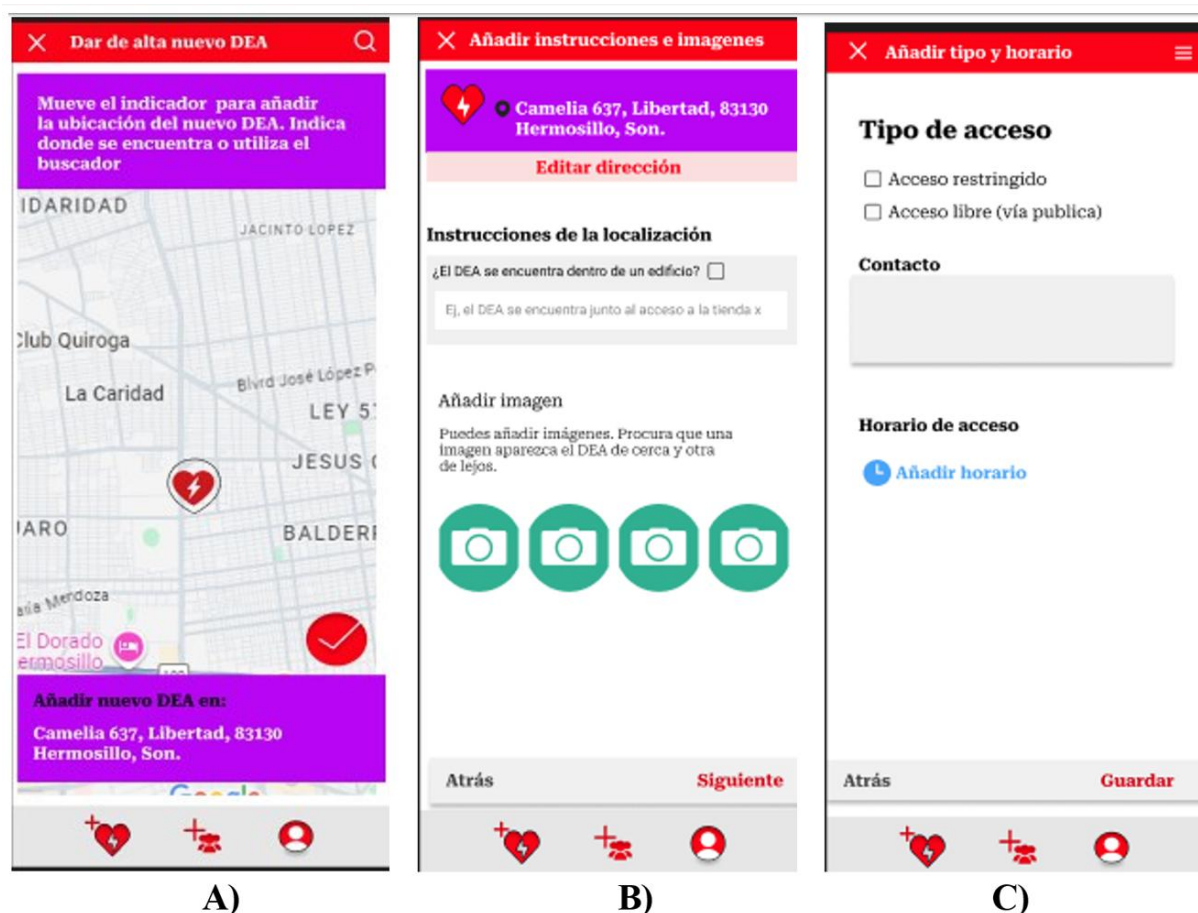


Figura 2. Proceso de registro de un nuevo DEA. A) pantalla para seleccionar la ubicación del DEA, B) pantalla de registro de información del DEA, C) pantalla de horario y tipo de acceso al DEA.

En la Figura 2 B) se muestra la ventana que se despliega al presionar el botón de confirmación mencionado anteriormente. En esta pantalla se captura la información del DEA que se está dando de alta. En la parte superior de la pantalla, se muestra nuevamente la dirección previamente seleccionada para la ubicación del DEA, junto con un enlace que permite al usuario editar la dirección si es necesario. Debajo de la dirección, se plantea una pregunta crucial: "¿El DEA se encuentra dentro de un edificio?". Esta pregunta incluye un campo de selección para marcar si el DEA está efectivamente ubicado en un edificio. Si el usuario selecciona esta opción, se habilita automáticamente un campo de texto adicional donde se pueden ingresar las instrucciones específicas o indicaciones sobre cómo acceder al DEA dentro del edificio. Esto es importante para garantizar que, en caso de emergencia, los colaboradores puedan encontrar el DEA de manera rápida y eficiente.

Más abajo en la pantalla de la Figura 2 B) se incluye un texto que indica la necesidad de tomar fotos de la ubicación del DEA y del propio dispositivo. Para facilitar esto, se presentan iconos que permiten a los usuarios capturar estas imágenes directamente desde la aplicación. Las fotos ayudan a documentar la ubicación y el estado del DEA, asegurando una referencia visual que puede ser útil para otros usuarios de la aplicación. Finalmente, en la parte inferior se encuentra un botón "Siguiente" para continuar con el registro del nuevo DEA.

En la Figura 2 C) se muestra el final del proceso de registro de un DEA. Aquí se solicita al usuario que defina el tipo de acceso disponible para el DEA, seleccionando entre dos opciones: "Acceso restringido" o "Acceso libre (vía pública)". Esto permite clasificar el DEA según la facilidad de acceso, proporcionando información esencial para los colaboradores sobre cómo acceder al dispositivo en una situación de emergencia.

Debajo se presenta un campo donde los usuarios pueden ingresar la información de contacto del encargado del edificio o de la ubicación del DEA, si esta información está disponible. Esta sección es crucial para que los colaboradores puedan obtener asistencia adicional si es necesario. Debajo de este campo, hay un enlace con texto azul que despliega una sección adicional para especificar los horarios y los días en los que se puede acceder al DEA. Esto permite que el usuario detalle cualquier restricción horaria que pueda aplicar al acceso del DEA, garantizando que la información sea lo más precisa y útil posible para los usuarios de la aplicación.

6. Conclusiones

Este trabajo se propone el diseño de una aplicación para el gestiona un mapa colaborativo de desfibriladores, con el objetivo de contribuir a reducir los fallecimientos, así como las secuelas, derivados de casos de PCR. EL diseño se ha realizado con base en un análisis detallado de aplicaciones similares disponibles en el mercado y en artículos publicados, así como mediante la consulta de especialistas en brindar atención de RCP, así como personas que buscan la distribución de DEAs en nuestra localidad como parte de los esfuerzos de una asociación civil para disminuir los casos de muerte súbita. El diseño de la aplicación presentado en este artículo constituye un avance significativo en la respuesta a emergencias de muerte súbita, proporcionando una solución integral y bien estructurada. El análisis del diseño de las pantallas permite evaluar cómo la aplicación facilita la localización de desfibriladores mediante un mapa interactivo, permite la inscripción y gestión de colaboradores capacitados en RCP, y asegura la precisión en la información crítica relacionada con los dispositivos de emergencia. Cada elemento del diseño, desde la interfaz intuitiva hasta las funciones específicas como la geolocalización y las notificaciones en tiempo real, está orientado a maximizar la efectividad en situaciones de emergencia, y se fundamenta en la especificación de requisitos funcionales básicos descritos en este trabajo.

Como parte del trabajo actual y futuro derivado de los resultados reportados en este artículo, se lleva a cabo una implementación de una versión ejecutable del diseño pro- puesto, con el fin de evaluar la conformidad con los requisitos, así como la aceptabilidad por parte de usuarios potenciales, tanto aquellos que puedan tener familiares con riesgo de eventos de PCR, así como quienes participen como voluntarios para prestar servicios de atención de RCP, o de manejo de DEAs.

Aunque este trabajo aborda aspectos clave del diseño e implementación de una aplicación para la localización de DEAs y la coordinación de voluntarios, se requiere mayor investigación sobre la optimización de algoritmos para la localización más precisa de dispositivos en tiempo real, así como en el análisis de la efectividad del uso de la aplicación en situaciones reales de emergencia. También es necesario explorar más a fondo las barreras tecnológicas y sociales que pueden influir en la adopción y uso generalizado de esta tecnología.

Agradecimientos. Se agradece la participación de la Asociación Tu Corazón nos Une, de la ciudad de Hermosillo, Sonora, para la realización de este proyecto, en particular el de su presidente, el Dr. Manuel de Jesús Celaya Cota.

Referencias

- Marín-Huerta, E., Peinado, R., Asso, A., et al. (2000). Muerte súbita cardíaca extrahospitalaria y desfibrilación precoz. *Revista Española de Cardiología*, 53, 851–865. [https://doi.org/10.1016/S0300-8932\(00\)75165-7](https://doi.org/10.1016/S0300-8932(00)75165-7)
- Rodríguez-Reyes, H., Muñoz Gutiérrez, M., Márquez, M. F., et al. (2015). Muerte súbita cardíaca. Estratificación de riesgo, prevención y tratamiento. *Archivos de Cardiología de México*, 85, 329–336. <https://doi.org/10.1016/j.acmx.2015.06.002>
- Fiscal-Málaga, A. G., Sosa-Cruz, H., Calderón-Garcidueñas, A. L., et al. (2019). Reporte de muerte súbita en México (1998-2014). *Archivos de Cardiología de México*, 89. <https://doi.org/10.24875/ACM.M19000025>
- Escobar, J. (2012). Fisiopatología del paro cardiorrespiratorio. *Fisiología de la reanimación cardiopulmonar. Revista Chilena de Anestesia*, 41, 18–22.

Ferreira-Díaz, M. J., Laguía, A., & Topa, G. (2024). Improving quality of life through a cardiac rehabilitation program: a 4-wave longitudinal study. REC: CardioClinics, in press. <https://doi.org/10.1016/j.rccl.2024.07.008>

Rodríguez-Reyes, H., Muñoz-Gutiérrez, M., & Salas-Pacheco, J. L. (2020). Comportamiento actual del paro cardíaco súbito y muerte súbita. Archivos de Cardiología de México, 90, 200–206. <https://doi.org/10.24875/ACM.19000157>

García-Izquierdo Jaén, E., Martín-Muñoz, C., Orozco-Legaza, V., et al. (2019). ARIADNA: First steps in the development of a collaborative initiative to create a map of automated external defibrillators and improve survival in out-of-hospital cardiac arrest in Spain. European Heart Journal, 40. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz748.0457>

Gamarra, V., Robinson, M., Sánchez, E., & Milano, G. (2015). Aplicación Cerca Sociedad Española de Cardiología (SEC), Cruz Roja Proyecto - Ariadna App. <https://ariadna.fundaciondelcorazon.com/proyecto> (Accedido el 8 de octubre de 2024).

Victoria, G., Mathías, R., Enrique, S., & Gastón, M. Aplicación CERCA para celulares – Comisión Honoraria para la Salud Cardiovascular. <https://cardiosalud.org/aplicacion-cerca-para-celulares/> (Accedido el 8 de octubre de 2024).

Prasad, P. G., Hamsini, R., & Smitha, G. R. (2016). Agile development methodology and testing for mobile applications - A survey. International Journal of New Technology and Research (IJNTR), 2, 98–101.

Djamasbi, S., McAuliffe, D., Gomez, W., et al. (2014). Designing for success: Creating business value with mobile user experience (UX). In Nah, F. F.-H. (Ed.), HCI in Business. HCIB 2014. Lecture Notes in Computer Science (pp. 299–306). Springer.

Abrahamsson, P., Hanhineva, A., Hulkko, H., et al. (2004). Mobile-D: An agile approach for mobile application development. In Companion to the 19th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming systems, languages, and applications (pp. 174–175). ACM.

NOTAS BIOGRÁFICAS



Erick Rafael López Vázquez es actualmente un estudiante en la Maestría en Ciencias de la Computación de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Hermosillo/ Tecnológico Nacional de México. Se encuentra realizando su tesis relacionada con el desarrollo de una aplicación móvil para apoyar en la prevención de la muerte súbita debida a paros cardiorrespiratorios. Tiene como principales gustos, el desarrollo de software con tecnologías web y móviles.



Oscar Mario Rodríguez Elias es Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo, Doctor y Maestría en Ciencias en Ciencias de la Computación por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Actualmente es profesor investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Hermosillo del Tecnológico Nacional de México. Cuenta con el reconocimiento del Sistema Nacional de Investigadores como Investigador Nacional por el CONAHCYT y cuenta con el reconocimiento del Programa de Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) desde 2011. Sus áreas de investigación comprenden las áreas de Ingeniería de Software, y desarrollo de soluciones con nuevas tecnologías de software como el cómputo en la nube, las aplicaciones móviles, internet de las cosas y la inteligencia artificial.



Eduardo Antonio Hinojosa Palafox obtuvo el grado de Doctor en Ciencias de la Ingeniería, y el de Maestría en Ciencias en Ciencias de la Computación por el Instituto Tecnológico de Hermosillo/ Tecnológico Nacional de México. Posee también el grado de Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad Autónoma de Coahuila. Actualmente es profesor titular de tiempo completo en el departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Hermosillo. Su trabajo de investigación incluye las áreas de Ciencia de Datos y Aprendizaje Máquina, donde realiza investigación aplicada para el desarrollo de soluciones tecnológicas.



Rosalía del Carmen Gutiérrez Urquidez es Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica por el Instituto Politécnico Nacional, (IPN), Maestra en Ciencias en Ciencias de la Computación por el Instituto Tecnológico de Hermosillo, y Doctora en Ciencias de la Ingeniería por el Instituto Tecnológico de Tijuana. Actualmente es docente de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Hermosillo del Tecnológico Nacional de México, en los programas de la Maestría en Ingeniería Electrónica y Maestría en Ciencias de la Computación. Cuenta con el reconocimiento del Programa de Desarrollo Profesional Docente (PRODEP). Sus áreas de investigación incluyen los Sistemas de control inteligente y la inteligencia artificial.



Hazael Gómez Encinas es Ingeniero en Sistemas Computacionales, egresado del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo, donde también obtuvo una Maestría en Ciencias en Ciencias de la Computación. Actualmente, desempeña el rol de profesor de tiempo parcial en los niveles de licenciatura y posgrado en el Instituto Tecnológico de Hermosillo, donde contribuye activamente a la formación académica y profesional de nuevos talentos en el campo de la tecnología. En el ámbito profesional, cuenta con amplia experiencia en el desarrollo web, destacándose en la creación de aplicaciones web dinámicas y la implementación de soluciones tecnológicas innovadoras.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.

La Evaluación de las Emociones y la Satisfacción del Usuario en el Contexto de la Interacción Humano Computadora: Un Mapeo Sistemático

The Assessment of Emotions and User Satisfaction in the Context of Human-Computer Interaction: A Mapping Study

Alma Rosa Galindo Monfil¹
almgalindo@uv.mx

José Rafael Rojano Cáceres¹
rrojano @uv.mx

Carmen Mezura Godoy¹
cmezura@uv.mx

¹ Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.

Resumen

En el presente artículo se realiza un mapeo sistemático aplicando la metodología de Petersen, con el objetivo de proporcionar un panorama general de la relación emoción y satisfacción de usuario y cómo es que esta relación se evalúa. Para ello, se considera el periodo de la década de enero 2014 a enero 2024, donde los estudios primarios se centren en estas dos variables, concretamente en el ámbito de la Interacción Humano Computadora. La búsqueda se efectúa en cinco bases de datos científicas, el análisis se realiza con base en la frecuencia de publicaciones por área de aplicación, las contribuciones de las investigaciones, además del tipo de evaluación y los instrumentos utilizados; lo que permite responder a las cuatro preguntas de investigación planteadas. Los resultados demuestran que las emociones y la satisfacción del usuario son temas de interés actual para los investigadores, especialmente en el área de la Inteligencia Artificial. Las contribuciones que se han realizado son principalmente herramientas, mientras que la mayoría de los trabajos evaluaron las emociones y la satisfacción de manera independiente, siendo el instrumento más utilizado para este propósito el cuestionario.

Palabras Clave: *Emociones; Satisfacción del usuario; Evaluación; Usabilidad; Experiencia de usuario; Mapeo Sistemático.*

Abstract

In this article a systematic mapping is performed applying Petersen's methodology, with the objective of providing an overview of the relationship between emotion and user satisfaction and how this relationship is evaluated. For this purpose, the period of the decade from January 2014 to January 2024 is considered where the primary studies focus on these two variables, specifically in the field of Human Computer Interaction. The search is carried out in five scientific databases, the analysis is performed based on the frequency of publications by area of application, research contributions, in addition to the type of evaluation and the instruments used, which allows answering the four research questions posed. The results show that emotions and user satisfaction are topics of current interest to researchers, especially in Artificial Intelligence. The contributions that have been made are mainly tools, while most of the works evaluated emotions and satisfaction independently, the most used instrument for this purpose being the questionnaire.

Keywords: *Emotions; User Satisfaction; Evaluation; Usability; User Experience; Systematic Mapping.*

1. Introducción

Aunque el uso de las computadoras inició en los años 40's, no fue hasta los 80's que se concreta la Interacción Humano Computadora (IHC) como un área de investigación interdisciplinaria, que trata sobre el diseño, implementación y evaluación de sistemas interactivos en el contexto de ciertas actividades del usuario (Castro & Rodríguez, 2018). Con el crecimiento de su campo de estudio, surgieron conceptos como: usabilidad, diseño centrado en el usuario, experiencia de usuario, accesibilidad, entre otros.

La interacción entre el usuario y el producto generalmente se centra en dos conceptos importantes: usabilidad y experiencia del usuario (Hassan & Galal-Edeen, 2017). La norma ISO 9241-11 señala que la usabilidad se refiere a la medida en que un producto puede ser utilizado por los usuarios para alcanzar sus objetivos con eficacia, eficiencia y satisfacción. En cuanto a la Experiencia de Usuario (UX, por sus siglas en inglés) señala que trata sobre las percepciones y respuestas (emociones, creencias, preferencias, comodidad, comportamientos y logros) del usuario que resultan del uso de un sistema, producto o servicio (ISO 9241-11:2018(en), Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts, s/f).

Las emociones tienen un papel muy relevante en el ámbito de la IHC, (Gómez-Carmona et al., 2024) menciona que la conexión emocional de un usuario influye en el compromiso, el cual está alineado con la voluntad de continuar usando un sistema. (Gulati & Garg, 2018) destaca que las emociones impactan el aprendizaje, el compromiso y los logros en el entorno en línea. Para (O'Brien et al., 2018) los usuarios tienen reacciones emocionales hacia el sistema, el contenido u otros usuarios que operan dentro del espacio de interacción. (Dix, 2003) señala que "la emoción involucra eventos tanto físicos como cognitivos. Nuestro cuerpo responde biológicamente a un estímulo externo y eso lo interpretamos de alguna manera como una emoción particular. Esa respuesta biológica (afecta) cambia la forma en que abordamos diferentes situaciones y esto tiene un impacto en la forma en que interactuamos con los sistemas informáticos".

Por su parte, mejorar la satisfacción del usuario final conduce a una mayor adopción de los productos, lo que de acuerdo con (Zwakman et al., 2021) ha sido verificado, entre otros, por la Teoría de Confirmación de Expectativas (Oliver, 1980), SERVQUAL (Parasuraman et al., 1985) y los modelos de Confirmación de Expectativas (Bhattacharjee, 2001). Mientras que (Borchert et al., 2020) menciona que las empresas muestran un interés cada vez mayor en métricas para cuantificar la experiencia y satisfacción de sus clientes. Sin embargo, en diversas investigaciones (Agudelo et al., 2018; Chanchi et al., 2019; Shin et al., 2021) se advierte que la satisfacción es el atributo más subjetivo y también el más difícil de evaluar.

Por lo anterior, se considera relevante realizar un mapeo sistemático para obtener una visión general de la investigación de años recientes, referentes a la evaluación de las emociones y la satisfacción del usuario en el ámbito de la IHC, que permita detectar vacíos de conocimiento y posicionar investigaciones futuras.

El resto del artículo se compone de las siguientes secciones: en la sección 2 se muestra la metodología de la investigación donde se aborda la estrategia de búsqueda y selección, así como el esquema de clasificación empleado. En la sección 3 se presenta el resultado del mapeo dando respuesta a las preguntas de investigación. En la sección 4 se aborda la discusión, en la sección 5 se mencionan las limitaciones y por último en la sección 6 se presentan las conclusiones.

2. Método de investigación

Para realizar el mapeo se utilizó la metodología propuesta por (Petersen et al., 2008). Haciendo una modificación en la etapa de la extracción de palabras clave, ya que la búsqueda se hizo no sólo en los resúmenes, sino en la introducción y conclusiones. En la Figura 1 se presentan las distintas etapas de esta metodología.

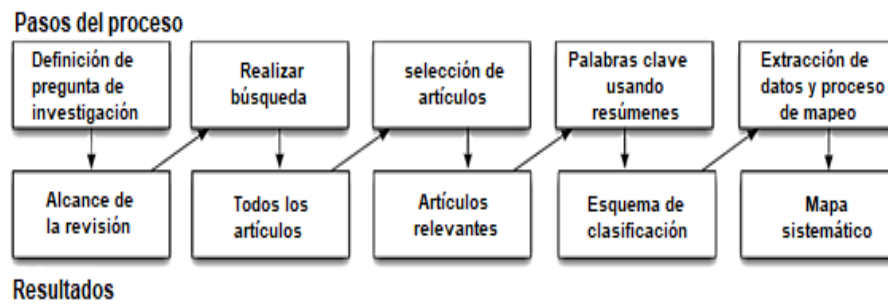


Figura 1. Proceso de mapeo sistemático (Fuente: adaptada de (Petersen et al., 2008))

Las preguntas de investigación a las que se desea dar respuesta son las siguientes:

- PI1: ¿En qué áreas dentro del contexto de IHC, se han abordado la evaluación de las emociones y la satisfacción del usuario en el periodo enero 2014 – enero 2024?
- PI2: ¿Qué contribuciones presentan los artículos?
- PI3: ¿En la evaluación se relacionaron las emociones y la satisfacción del usuario?
- PI4: ¿Qué instrumentos se utilizaron para la evaluación?

2.1. Estrategia de Búsqueda y Selección

La cadena de búsqueda utilizada para identificar la literatura para el mapeo se definió a partir de la población y la intervención. La población comprende el dominio de la Interacción Humano Computadora y la intervención se ocupa de la evaluación de la satisfacción del usuario considerando sus emociones. La cadena de búsqueda resultante es: ("Human Computer Interaction" OR "HCI") AND ("Evaluation" OR "Assessment") AND ("User satisfaction") AND (Emotion*).

En la Tabla 1 se muestran las bases de datos en las que se realizaron las búsquedas, los artículos identificados en cada una y el total de artículos.

Nombre de la BB.DD.	ACM Digital Library	IEEE Digital Library	ISI Web of Science	Science Direct	Springer Link	Total
Número de artículos	163	19	9	520	3173	3884

Tabla 1. Artículos identificados por base de datos

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión: pertenece a una base de datos científica/académica, es un artículo, publicado, no mayor a 10 años, escrito en inglés, evalúa las emociones y la satisfacción del usuario, se tiene acceso al texto completo. Los criterios de exclusión fueron la negación de los criterios de inclusión, además que el artículo estuviera duplicado.

Al momento de la búsqueda se aplicaron diversos filtros en las bases de datos de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión, por ejemplo, la búsqueda se realizó para el periodo enero 2014 - enero 2024. Se continuaron aplicando los criterios de inclusión y exclusión a los artículos resultantes, examinando el título y el resumen, en caso de duda se revisaron otros apartados como la introducción y conclusiones. En la Figura 2 se aprecia la fase de ejecución completa. Los artículos fueron marcados como aceptados o rechazados utilizando la herramienta Parsifal (Perform Systematic Literature Reviews, s/f).

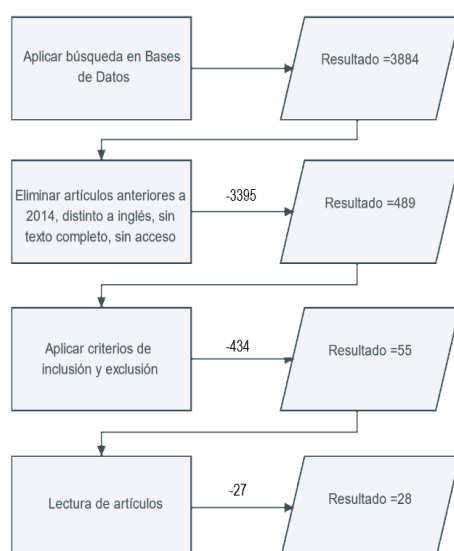


Figura 2. Fase de ejecución completa

Después del proceso de lectura quedaron un total de 28 artículos relevantes a los cuales se les asignó una clave “A” de artículo y dos dígitos secuenciales como identificadores (ver Tabla 2).

ID	Título	Año	DOI
A01	A Quality of Experience Model for Haptic Virtual Environments	2014	10.1145/2540991
A02	Emotionally Oriented Analysis of the Experiences of Visually Impaired People on Facebook	2018	10.1145/3230739
A03	Intelligent Interface for Textual Attitude Analysis	2014	10.1145/2535912
A04	Intensifying Emotional Reactions via Tactile Gestures in Immersive Films	2017	10.1145/3092840
A05	Validation of the GUESS-18: a short version of the game user experience satisfaction scale (GUESS)	2020	10.5555/3532747.3532752
A06	Emotions for Virtual Learning Environments	2021	10.1109/RITA.2021.3125902
A07	Evaluation of Emotional Satisfaction Using Questionnaires in Voice-Based Human-AI Interaction	2021	10.3390/app11041920
A08	Induced Emotion-Based Music Recommendation through Reinforcement Learning	2022	10.3390/app122111209
A09	Learning Recency and Inferring Associations in Location Based Social Network for Emotion Induced Point-of-Interest Recommendation	2017	10.6688/JISE.2017.33.6.15
A10	User Experience Evaluation in Intelligent Environments: A Comprehensive Framework	2021	10.3390/technologies9020041
A11	A Secured Cognitive Agent based Multi-strategic Intelligent Search System	2018	10.1016/j.jksuci.2016.06.005
A12	App types, user psychological and instrumental needs, and user experience in the sharing economy: An empirical research	2022	10.1016/j.entcom.2021.100467

A13	Design and Analysis of an Automatic UI Adaptation Framework from Multimodal Emotion Recognition using an RGB-D Sensor	2020	10.1016/j.procs.2020.03.011
A14	Influence of online E-commerce interaction on consumer satisfaction based on big data algorithm	2023	10.1016/j.heliyon.2023.e18322
A15	The role of expectations in service evaluation: A longitudinal study of a proximity mobile payment service	2017	10.1016/j.ijhcs.2016.09.011
A16	Understanding the joint effects of internal and external anthropomorphic cues of intelligent customer service bot on user satisfaction	2023	10.1016/j.dim.2023.100047
A17	An opinion mining methodology to analyse games for health	2022	10.1007/s11042-022-14070-w
A18	Automated comprehensive evaluation approach for user interface satisfaction based on concurrent think-aloud method	2018	10.1007/s10209-018-0610-z
A19	E m o A s s i s t: emotion enabled assistive tool to enhance dyadic conversation for the blind	2016	10.1007/s11042-016-3295-4
A20	End-user satisfaction of technology-enabled assessment in higher education: A coping theory perspective	2021	10.1007/s10639-020-10401-2
A21	Exploring seniors' continuance intention to use mobile social network sites in China: a cognitive-affective-conative model	2022	10.1007/s10209-020-00762-3
A22	Exploring the determinants of students' academic performance at university level: The mediating role of internet usage continuance intention	2021	10.1007/s10639-021-10453-y
A23	Model-based adaptive user interface based on context and user experience evaluation	2018	10.1007/s12193-018-0258-2
A24	Sustainable usage through emotional engagement: a user experience analysis of an adaptive driving school application	2017	10.1007/s10111-017-0406-6
A25	Touch-less interactive augmented reality game on vision-based wearable device	2015	10.1007/s00779-015-0844-1
A26	Usability Evaluation of Artificial Intelligence-Based Voice Assistants: The Case of Amazon Alexa	2021	10.1007/s42979-020-00424-4
A27	User Personality and User Satisfaction with Recommender Systems	2017	10.1007/s10796-017-9782-y
A28	Using emotion recognition technologies to teach children with autism spectrum disorder how to identify and express emotions	2021	10.1007/s10209-021-00818-y

Tabla 2. Artículos incluidos en el mapeo sistemático

2.2. Esquema de Clasificación

Se partió de la lectura de los resúmenes, pero cuando estos no tenían información suficiente, se revisaron otras secciones como la introducción, resultados y conclusiones buscando palabras clave y conceptos que reflejaran el contexto de la investigación, la contribución del artículo, tipo de evaluación e instrumentos empleados. Las palabras clave se agruparon y combinaron para formar categorías. Los artículos se clasificaron en función de cuatro facetas diferentes. Cada faceta consta de un conjunto de categorías a las que se pueden asignar los artículos, las facetas y sus categorías se describen a continuación.

- Contexto de investigación. ¿En qué área de aplicación (dominio de la intervención) se centra el artículo?, a través del proceso de palabras clave, se identificaron 11 categorías que son: a) accesibilidad, b) aplicaciones móviles, c) Comercio electrónico, d) Evaluación automatizada, e) Inteligencia artificial, f) Realidad aumentada, g) Realidad virtual, h) Redes sociales, i) Sistemas de información, j) Tecnología educativa y k) Videojuegos.
- Tipo de contribución. ¿Qué se desarrolló para lograr avances en el área?, las posibles contribuciones fueron siete: a) estudio empírico, b) herramienta, c) marco, d) método, e) metodología, f) metodología y herramienta y g) modelo
- Tipo de evaluación. ¿Cómo se evaluaron las emociones y la satisfacción del usuario?, de acuerdo con el análisis realizado fueron dos formas: vinculada, es decir se relacionaron las emociones con la satisfacción del usuario y separada, tratando de forma independiente las emociones y la satisfacción del usuario
- Tipo de instrumentos. ¿Qué instrumentos fueron empleados para la evaluación? En este mapeo se encontraron cuatro instrumentos principales: a) cuestionario, b) observación, c) herramientas de autoevaluación (ejemplo maniquí SAM) y c) análisis de contenido y comportamiento (implica análisis automático, por ejemplo: análisis de texto, expresiones faciales, postura corporal, datos de sensores).

3. Resultado

En las siguientes secciones se muestra el mapeo, primero se presentan los resultados del contexto de investigación y tipo de contribución, después se describen las facetas del tipo de evaluación y tipo de instrumentos, con lo que se dará respuesta a las preguntas de investigación en el orden PI1, PI2, PI3 y PI4 respectivamente.

3.1. PI1: ¿En qué áreas dentro del contexto de IHC, se han abordado la evaluación de las emociones y la satisfacción del usuario en el periodo enero 2014 – enero 2024?

En cuanto al contexto de investigación, como se puede apreciar en la Tabla 3, el área de inteligencia artificial es donde se publicaron más artículos (un total de 12), en segundo lugar está el área de tecnología educativa con 4 artículos; las áreas de accesibilidad, realidad virtual y video juegos ocupan el tercer lugar con 2 artículos cada una y por último las áreas de aplicaciones móviles, comercio electrónico, evaluación automatizada, realidad aumentada, redes sociales y sistemas de información, tienen el cuarto lugar con 1 artículo cada una.

Por otra parte, el año con más publicaciones es 2021 con 7 artículos y se observa que no existe ninguna publicación en 2019 ni en 2024 (enero).

Área	2014	2015	2016	2017	2018	2020	2021	2022	2023	Total
Inteligencia Artificial	A03			A09, A27	A11, A23	A13	A07, A10 A26, A28	A08	A16	12
Tecnología Educativa				A24			A06, A20, A22			4
Accesibilidad			A19		A02					2
Realidad Virtual	A01			A04						2
Videojuegos						A05		A17		2
Aplicaciones móviles								A12		1
Comercio electrónico									A04	1
Evaluación automatizada					A18					1
Realidad aumentada		A25								1
Redes sociales								A21		1
Sistemas de información				A15						1
Total	2	1	1	5	4	2	7	4	2	28

Tabla 3. Contexto de investigación

3.2. PI2: ¿Qué tipos de contribuciones presentan los artículos?

Respecto a las contribuciones de las investigaciones, en la Tabla 4 se observa que la mayoría de los artículos plantean herramientas (9), seguido por estudios empíricos (6), marcos y modelos tienen el tercer lugar (5) y lo que menos proponen son metodología y metodología con herramienta (1).

Tipo de contribución	Artículos	Total
Herramienta	A03, A05, A06, A08, A19, A25, A26, A27, A28	9
Estudio empírico	A02, A12, A14, A16, A20, A22	6
Marco	A04, A10, A11, A13, A18	5
Modelo	A01, A09, A15, A2, A24	5
Método	A07	1
Metodología	A17	1
Metodología y herramienta	A23	1

Tabla 4. Contribuciones

3.3. PI3: ¿En la evaluación se relacionaron las emociones y la satisfacción del usuario?

Como se aprecia en la Tabla 5, la mayoría de las investigaciones evaluaron de forma separada las emociones y la satisfacción del usuario (19 artículos), mientras que en 9 artículos se hizo de manera vinculada, es decir, en la evaluación se relacionaron las emociones con la satisfacción del usuario.

Tipo de evaluación	Artículos	Total
Separada	A01, A02, A03, A04, A08, A09, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A23, A25, A27, A28	19
Vinculada	A05, A06, A07, A16, A18, A21, A22, A24, A26	9

Tabla 5. Tipo de evaluación

3.4. PI4: ¿Qué instrumentos se utilizaron para la evaluación?

En la Tabla 6 se muestran los instrumentos utilizados en las investigaciones para la evaluación, cabe mencionar que un artículo puede aparecer en más de un instrumento. Como se puede observar el cuestionario es el instrumento más utilizado (22 artículos), seguido del análisis de contenido y comportamiento (9 artículos), las herramientas de autoevaluación fueron empleadas en 6 artículos y la observación fue menos empleada (4 artículos).

Instrumento	Artículos	Total
Cuestionario	A01, A02, A03, A04, A05, A06, A07, A08, A10, A12, A14, A15, A16, A19, A20, A21, A22, A23, A25, A26, A27, A28	22
Análisis de Contenido y Comportamiento	A03, A09, A10, A11, A13, A14, A17 A18, A28	9
Herramientas de autoevaluación	A01, A04, A11, A18, A19, A24	6
Observación	A01, A19, A24, A25	4

Tabla 6. Instrumentos empleados para la evaluación

4. Discusión

De acuerdo con (Cota et al., 2014) existe una clara tendencia a extender el concepto de usabilidad a una visión más holística de la interacción entre humanos y sistemas, a lo que se denomina experiencia de usuario, donde se consideran aspectos como diversión, estética, emociones, estimulación o atractivo que no están relacionados directamente con las tareas que los usuarios realizan con el producto y a los que se les denomina aspectos hedónicos.

En la presente investigación se estructura y organiza la información de artículos de la década de enero 2014 a enero 2024, que han abordado el tema de la evaluación de las emociones y la satisfacción del usuario en el ámbito de la IHC. Con base en la información recabada de los artículos relevantes se señala que:

La inteligencia artificial es el área con mayor número de publicaciones, donde se han realizado trabajos relacionados con computación afectiva (A03, A08, A13, A23, A28), sistemas inteligentes basados en voz (A07, A26), bots de atención a clientes (A16), sistemas de recomendación (A09, A27), entre otros. En esta área los investigadores están interesados en poder detectar, inducir, analizar y evaluar las emociones y la satisfacción del usuario. En el ámbito de la educación también se han interesado sobre el tema, específicamente en: entornos virtuales de aprendizaje (A06), evaluación basada en tecnología (A20), integración de diferentes factores en el rendimiento académico de los estudiantes (A22) y aplicaciones de aprendizaje móvil (A24).

En las contribuciones de los artículos se identifican principalmente el diseño de herramientas, a continuación, se describen brevemente algunas: en A03 se presenta una herramienta computacional para el análisis de actitudes detalladas (emociones, juicios y apreciaciones) expresadas en texto. A05 propone una versión más corta (GUESS de 18 ítems), de la Escala de Satisfacción de la Experiencia del Usuario de Juegos (GUESS de 55 ítems). En A06 se evalúan Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) y su impacto en la experiencia del usuario, aportando un listado de emociones validado por expertos. A08 propone Moodify un sistema de recomendación musical basado en el aprendizaje por refuerzo, se enfoca en inducir emociones en los usuarios para diversos escenarios de interacción.

En A19 el objetivo principal del sistema es brindar acceso a más opciones de comunicación no verbal a personas ciegas o con discapacidad visual. A25 presenta cuestionarios diseñados para evaluar la facilidad de uso de once gestos dinámicos con manos y pies, la evaluación de la carga de trabajo, las emociones de los usuarios y su satisfacción. A28 expone EmoTEA que es un juego serio desarrollado como aplicación móvil diseñado para ayudar a los niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) a mejorar y desarrollar sus habilidades emocionales en relación con el reconocimiento de emociones, ya sean las propias o las expresadas por otra persona.

En cuanto a la forma en que se evaluaron las emociones y la satisfacción, se observa que en la mayoría de los artículos se realizó de manera independiente. Sólo en nueve trabajos se relacionan las emociones con la satisfacción del usuario (A05, A06, A07, A16, A18, A21, A22, A24, A26), por ejemplo: en A07 se utilizó la ingeniería Kansei para medir la satisfacción emocional del usuario durante la interacción con un VIS (Voice-based Intelligent System).

Con respecto a los instrumentos de evaluación, el cuestionario es el más utilizado en las investigaciones, se observa que en la mitad de los artículos incluidos en este mapeo (A02, A05, A06, A07, A08, A12, A15, A16, A20, A21, A22, A23, A26, A27) fue el único instrumento empleado; sin embargo, en seis investigaciones (A09, A11, A13, A17, A18, A24) no se empleó ningún cuestionario. Además, en varios artículos combinan diferentes instrumentos, por ejemplo: en A19 además del cuestionario, utilizan la observación y el maniquí de autoevaluación (SAM).

Una ventaja del mapa sistemático es que la información proporcionada, puede ser explorada y utilizada de acuerdo con los intereses de los investigadores.

5. Limitaciones

La principal limitación de la presente investigación es el hecho de que sólo se incluyeron artículos en los que se tuvo acceso al texto completo.

6. Conclusiones

A través del mapeo sistemático realizado, se encontró que las emociones y la satisfacción del usuario han mantenido un interés constante dentro de la Interacción Humano Computadora en la última década, destaca el interés desde la inteligencia artificial y la educación. Se advierte que la investigación sobre ambas variables se estudia en mayor medida de forma separada, es decir, cada una sin afectar a la otra. Esto resulta de gran interés para los autores en virtud de identificar trabajo de investigación futura. También se señala que a la fecha el cuestionario es el mecanismo más utilizado para la evaluación, teniendo como área de oportunidad, que muy pocas investigaciones llevan a cabo la evaluación automática de las emociones y de la satisfacción del usuario de forma vinculada. Se observa que en los casos que se aplica el análisis automático, se emplea análisis de texto, visión por computadora para el análisis de expresiones faciales y postura corporal, así como la aplicación de sensores. Notando que en algunos casos el cuestionario se intercala con algún método automático. En el ámbito de las contribuciones, se destaca que principalmente se han desarrollado herramientas de software, que entre otras cosas llevan a cabo: la inducción de emociones, la generación de listas de recomendación basadas en emociones, o bien para el análisis de emociones que se expresan en texto u otras formas. No obstante, también se tienen contribuciones como escalas de evaluación y cuestionarios.

Referencias

- Agudelo, D. M. D., Timaná, D. F. G., Golondrino, G. C., & Villalba, K. M. (2018). Propuesta de una herramienta para la estimación de la satisfacción en pruebas de usuario, a partir del análisis de expresión facial. *Revista Colombiana de Computación*, 19(2), 6–15.
- Bhattacharjee, A. (2001). Understanding information systems continuance: An expectation-confirmation model. *MIS Quarterly*, 25(3), 351–370.
- Borchert, K., Seufert, A., Gamboa, E., Hirth, M., & Hoßfeld, T. (2020). In vitro vs in vivo: Does the study's interface design influence crowdsourced video QoE? *Quality and User Experience*, 6, 1–16.
- Castro, L. A., & Rodríguez, M. D. (2018). *Interacción Humano-Computadora y Aplicaciones en México*. Academia Mexicana de Computación.
- Chanchi, G. E. G., Campo, W. Y. M., & Sierra, L. M. M. (2019). Estudio del atributo satisfacción en pruebas de usabilidad, mediante técnicas de análisis de sentimientos. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, E23, 340–352.
- Cota, M. P., Thomaschewski, J., Schrepp, M., & Gonçalves, R. (2014). Efficient measurement of the user experience: A Portuguese version. *Procedia Computer Science*, 27, 491–498. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.02.053>
- Dix, A. (2003). *Human-computer interaction*. Pearson Education.
- Gómez-Carmona, O., Casado-Mansilla, D., López-de-Ipiña, D., & García-Zubia, J. (2024). Human-in-the-loop machine learning: Reconceptualizing the role of the user in interactive approaches. *Internet of Things*, 25, 101048.
- Gulati, N., & Garg, A. (2018). A secured cognitive agent-based multi-strategic intelligent search system. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 30(2), 206–222. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.06.005>
- Hassan, H. M., & Galal-Edeen, G. H. (2017). From usability to user experience. 2017 International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIIBMS), 216–222.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 9241-11:2018. Ergonomics of human-system interaction—Part 11: Usability: Definitions and concepts. Recuperado el 29 de mayo de 2024, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>
- O'Brien, H. L., Cairns, P., & Hall, M. (2018). A practical approach to measuring user engagement with the refined user engagement scale (UES) and new UES short form. *International Journal of Human-Computer Studies*, 112, 28–39.
- Oliver, R. L. (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *Journal of Marketing Research*, 17(4), 460–469.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of Marketing*, 49(4), 41–50.
- Parsifal. (s/f). *Perform systematic literature reviews*. Recuperado el 29 de mayo de 2024, de <https://parsif.al/>
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., & Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE).
- Shin, J.-G., Choi, G.-Y., Hwang, H.-J., & Kim, S.-H. (2021). Evaluation of emotional satisfaction using questionnaires in voice-based human–AI interaction. *Applied Sciences*, 11(4), 1920.
- Zwakman, D. S., Pal, D., & Arpnikanondt, C. (2021). Usability evaluation of artificial intelligence-based voice assistants: The case of Amazon Alexa. *SN Computer Science*, 2(1), 28. <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00424-4>

NOTAS BIOGRÁFICAS



Alma Rosa Galindo Monfil es Licenciada en Informática y Maestra en Ingeniería de Software por la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana-UV, actualmente es estudiante en el Doctorado en Ciencias de la Computación por la misma institución. Se desempeña como académica del Programa de Sistemas Computacionales Administrativos de la UV y cuenta con el reconocimiento del Programa de Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) desde 2018. Dentro de sus áreas de interés se encuentran Ingeniería de Software, Interacción Humano Computadora, Informática Educativa, Emprendimiento, entre otras. ORCID 0009-0007-8885-2521.



José Rafael Rojano Cáceres Doctor en Ciencias Computacionales por el ITESM campus Cuernavaca. Profesor de la Universidad Veracruzana a nivel Licenciatura Maestría y Doctorado. Lleva a cabo investigación en el área de Interacción Humano-Computadora, particularmente en el desarrollo de soluciones para personas con discapacidad. ORCID 0000-0002-3878-4571.



Dra. Carmen Mezura Godoy. Profesora de la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana-UV. Doctora en Informática por la Universidad de Savoie, Francia, Maestra en Inteligencia Artificial por la UV y Licenciada en Informática por el ITT. Docente de los programas de Lic. en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información, de la Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario y del Doctorado en Ciencias de la Computación. Sus áreas de interés son: Experiencia de Usuario, Interacción humano computadora, Sistemas Colaborativos, Cómputo Consciente del Contexto y Sistemas Multiagentes. ORCID 0000-0002-5386-107X



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.

Mejorando la calidad de los requisitos al escribir casos de uso: Una revisión sistemática de la literatura

Improving the quality of requirements when writing use cases: A systematic literature review

Lic. Kevin Adrian Avelino Sánchez¹
zS20019099@estudiantes.uv.mx

Martínez Moreno Patricia¹
pmartinez@uv.mx

Dr. Javier Pino Herrera¹
jpino@uv.mx

Mtro. Luis Antonio Morales Velázquez¹
luismorales04@uv.mx

¹ Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Veracruzana Coatzacoalcos, Veracruz, México

Resumen

Los casos de uso son una herramienta de levantamiento de requerimientos muy popular, sin embargo, al no contar con un estándar para la redacción del contenido, han surgido un sinnúmero de propuestas dispersas en la literatura. Por ello se propone un estilo de casos de uso con base a las propuestas, a fin de garantizar la simplicidad y reducir la complejidad del diseño. Para lograrlo se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura propuesta por Kitchenman, con el objetivo de realizar una adecuada recopilación de la literatura. Se hallaron 16 artículos a fines al tema, donde se encontraron anti patrones, guías y criterios de calidad.

Palabras clave: Caso de uso, Ingeniería de Software, Requisitos de Software, Revisión sistemática de la literatura.

Abstract

Use cases are a widely popular requirement elicitation tool; however, due to the lack of a standardized format for content creation, numerous disparate proposals have emerged in the literature. Therefore, the intention is to propose a style of use cases based on existing proposals, aiming to ensure simplicity and reduce design complexity. To achieve this, a systematic literature review following Kitchenman's approach was conducted to gather relevant literature adequately. Sixteen articles related to the topic were identified, revealing anti-patterns, guides, and quality criteria.

Keywords: Use case, Software Engineering, Software Requirements, Systematic Literature Review.

1. Introducción

Los casos de uso fueron desarrollados por Ivar Jacobson alrededor del año 1986 mientras trabajaba en la compañía Ericsson. Y presentado al mundo en un artículo para el OOPSLA del 87 (Jacobson, 2004).

Los casos de uso son un conjunto de escenarios que describen un objetivo común de un usuario (Fowler & Scott, 2000), por ejemplo, iniciar sesión. Un escenario es una secuencia de pasos que describen la interacción entre el usuario y el sistema. Todo expresado en un lenguaje intermedio que pueda entender tanto el usuario como los ingenieros de software. Que en conjunto representan una vista externa del sistema sin entrar en tanto detalle.

Debido a su caracterizada facilidad como simplicidad de entender, los casos de uso han sido y son una gran herramienta eficaz para la captura de los requerimientos de un software, también en la planeación y control de un proyecto iterativo. Debido a la anterior no parece sorprender su adopción en todo el mundo tal y como comenta (Jacobson, 2001). Pues más de 1000 empresas hacen uso de esta herramienta de modelado (Armour & Miller, 2001)

Sin embargo, ante tanto uso UML no provee de algún estándar a seguir a la hora de redactar los casos de uso (Fowler & Scott, 2000). Tampoco existe algún estándar externo que solucione tal situación. UML únicamente provee un pequeño conjunto de notaciones gráficas, de ahí todo lo demás se rige por una gran cantidad de lenguaje natural (El-Attar & Miller, 2012) por ello, a priori, cualquiera puede entenderlos fácilmente sin conocimiento técnico previo, ya depende mucho de la redacción del caso de uso.

Dicho lo anterior, hay una gran libertad en el estilo a seguir durante la redacción. Lo cual puede provocar algunas dudas como las siguientes ¿cómo se puede saber cuándo un caso de uso está bien hecho?, ¿cómo se sabe si es fácil de entender/leer? ¿Qué elementos debe contener? ¿Cuántos casos de uso son necesarios?

Se podría pensar que es algo bueno, pero ante tanta variedad hay una gran probabilidad de ir arrastrando contenido innecesario o poco útil que dificulte la lectura de estos, en especial para alguien sin experiencia.

Además, como los casos de uso en su mayoría están redactados en lenguaje natural puede dar a lugar a pobres descripciones como ambiguas, inconsistente y/o incompletas, así como requisitos faltantes (Seki et al., 2019).

Prueba de ello son la existencia de artículos como el elaborado por (Seki et al., 2019) donde se detallan un catálogo de malos olores similar a los malos olores código, pero relacionado con los casos de uso. También el artículo de (Lilly, 1999) donde se muestra un listado de 10 dificultades y problemas relacionados con los casos de uso obtenidos a partir de la observación de varios proyectos reales. Así como un artículo de anti-patrones elaborado por (El-Attar & Miller, 2010).

Estos problemas de inconsistencia y ambigüedad pueden ir arrastrándose a etapas avanzadas del ciclo de vida del software, donde su corrección elevaría los costos del proyecto (El-Attar & Miller, 2010).

Por suerte una gran cantidad de autores se han percatado de esta necesidad y han propuesto una gran cantidad de literatura relacionada como guías, plantillas, cualidades de calidad, revisiones sistemáticas, entre otros. Por mencionar algunos tenemos el checklist de calidad de casos de uso elaborado por (Phalp, et al., 2007); la revisión sistemática por (El-Attar & Miller, 2012); El conjunto de patrones lingüísticos de (Da Silva, 2021); la guía y patrones elaborada por (Tjong et al., 2006). Ante tal situación actual, en vez de determinar quién presenta las mejores ideas, lo más apropiado es analizar cada una de ellas y determinar los puntos en común entre los autores. Enfocando la mayor atención en los elementos que debe poseer un caso de uso, la estructura que se debe cumplir, buenas prácticas, así como malas prácticas, para poder responder adecuadamente a la pregunta ¿Cómo escribir casos de uso?

1.1. Justificación.

Los casos de uso son una herramienta muy útil para las empresas por su facilidad de uso, pues no requiere de conocimientos técnicos para su entendimiento, esto explica su amplio uso en proyectos reales como detalla un estudio realizado por (X. Franch, et al., 2023) donde el 33% de los entrevistados utiliza los casos de uso como herramienta para especificar los requerimientos.

Sin embargo, esta simplicidad se obtiene del poco formalismo del UML para los casos de uso, pues no existe un estándar definido para la elaboración de casos de uso (Fowler & Scott, 2000), (El-Attar & Miller, 2010).

Lo cual deja a merced del lenguaje natural y los problemas que éste acarrea a las empresas. Dando lugar a descripciones de casos de uso ambiguas, inconsistentes e incompletas, lo que a su vez puede resultar en requisitos faltantes (Seki et al., 2019), (Tjong et al., 2006). En proyectos grandes no se pueden dar el lujo de tales problemas, pues múltiples profesionales deben trabajar en conjunto bajo la misma idea, cualquier malentendido puede arrastrarse a etapas avanzadas del ciclo de vida del software (El-Attar & Miller, 2010), elevando los costos para la corrección de futuros errores.

Además, una investigación realizada por (Lilly, 1999) ha identificado otros problemas durante la elaboración de los casos de uso, como la creación de casos de uso excesivamente extensos, descripciones desde la perspectiva del sistema y confusiones por parte de los usuarios, entre otros.

Se han elaborado una gran cantidad de artículos tratando de atender esta problemática. Hay suficiente literatura para realizar un análisis significativo de la misma.

Por tanto, el objetivo del presente trabajo es identificar y sintetizar los elementos esenciales de los casos de uso, las buenas prácticas, malas prácticas, guías y formatos. Así se proveería de una guía para los profesionales como a neófitos en el uso de los casos de uso, para mejorar la calidad de estos y reducir el impacto negativo del lenguaje natural.

Para alcanzar este propósito, existen diversas fuentes de información relacionadas con guías, buenas prácticas, anti-patrones y revisiones sistemáticas. Todas presentes en base de datos como: IEEE Explore, Springer Link, EBSCO Host a los que se tiene acceso.

1.2. Antecedentes

En la literatura podemos encontrar una variedad de artículos donde tratan de resaltar los puntos más útiles y repetidos de las diferentes propuestas de cómo describir el contenido de un caso de uso o del propio caso de uso.

El primero de ellos tiene como título “A systematic literature review of use case specifications research” elaborado por (Tiwari & Gupta, 2015). Tal como el título sugiere, en este artículo se realizó un análisis sistemático de la literatura desde 1992 hasta febrero de 2014, sobre la evolución de los casos de uso, sus aplicaciones, evaluación de la calidad, cuestiones pendientes y orientaciones futuras. En él descubrieron que se han propuesto alrededor de veinte plantillas de casos de uso desde descripciones textuales semiformales hasta una estructura de plantillas más formal que facilita la extracción de información para las diferentes etapas del ciclo de vida del software.

El segundo artículo fue elaborado por (Da Silva, 2021) con título “Linguistic Patterns, Styles, and Guidelines for writing Requirements Specifications: Focus on use cases and scenarios”. En este artículo se proponen una serie de patrones y estilos para mejorar la redacción de los casos de uso y sus escenarios, a partir de los resultados de otro estudio de patrones y estilos lingüísticos identificados en la documentación de los requerimientos. Además, muestra resultados positivos después de evaluar con veinticuatro sujetos los patrones propuestos por el mismo autor.

El tercer artículo encontrado en la literatura es el elaborado por (El-Attar & Miller, 2012) con título “Constructing high quality use case models: a systematic review of current practices.” En este artículo los autores realizaron una revisión sistemática de la literatura relacionada con la elaboración de casos de uso de alta calidad (directrices, sugerencias, técnicas, etc.). Y sintetizaron toda la información en una serie de 21 antipatrones.

El cuarto artículo lleva por nombre “Designing with scenarios: A critical review of current research and practice” elaborado por (Filippidou, 1998) realiza una revisión de la eficacia de las prácticas basadas en escenarios. Ofrece una clasificación de naturaleza y usos de los escenarios en el estado actual de la práctica. Además, distingue las características básicas que identifican los escenarios y cómo se enfrentan a ellos los distintos enfoques.

Por último, tenemos el artículo desarrollado por (Cortés Bravo et al., 2016) con nombre “Propuesta de un Catálogo de Patrones de Escenario para la Definición de Requisitos” en él los autores proponen por una parte patrones de escenarios y por otra un catálogo de formatos para la elaboración de escenarios en el dominio de la telemática, para lograr una descripción clara y precisa de los requisitos.

1.3. Objetivo general

Proponer un estilo de casos de uso con base a las propuestas de diferentes autores, buenas y malas prácticas descritas en la literatura, a fin de garantizar la simplicidad de los casos de uso y reducir la complejidad del diseño.

2. Materiales y métodos.

Para realizar la presente investigación se siguió la Revisión Sistemática de Literatura desarrollada por (Kitchenham & Charters, 2007). Este enfoque permite un análisis exhaustivo de la literatura relacionada con la escritura de casos de uso. Para ello, la RSL identifica, evalúa y sintetiza estudios relevantes aplicando criterios claros de inclusión y exclusión, asegurando consistencia y profundidad para responder preguntas específicas sobre mejores prácticas y patrones en la redacción de casos de uso.

Este método consta de 3 fases: Planeamiento, Ejecución y Reporte.

- **Planeamiento:** En el planeamiento se definen las preguntas de Investigación, cadenas de búsqueda, y se determinan las bases de datos donde se implementarán dichos elementos, así como los criterios de Inclusión y exclusión.
- **Ejecución:** Durante la ejecución se lleva a cabo la búsqueda de la información, identificando y seleccionando la literatura obtenida al buscar en las bases de datos las cadenas de búsquedas establecidas en el planeamiento. De ahí se realiza un filtrado de toda la literatura que cumpla con los criterios de inclusión y exclusión definidos con anterioridad. Con toda esa literatura filtrada, se realiza la síntesis de información, respondiendo las preguntas de investigación (Velásquez, 2015).
- **Reporte:** Por último, el reporte consiste en mostrar al mundo los resultados encontrados, elaborando un documento que puede ser presentado en conferencias, páginas web, artículos de revistas, capítulos de tesis o disertaciones de doctorados (Velásquez, 2015).

A continuación, se detalla en qué consistió la fase de planeamiento y posteriormente la fase de ejecución, sin mencionar los resultados obtenidos, pues se encuentra descrito en el apartado de Resultados y discusión.

2.1. Planteamiento

Preguntas de investigación. El resultado de la revisión sistemática de la literatura pretende responder las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué elementos se repiten en la escritura de los casos de uso?
2. ¿Qué se debe evitar en la escritura de los casos de uso?
3. ¿Cuál es la mejor forma de escribir casos de uso?
4. ¿Qué determina la calidad de un caso de uso?
5. ¿Qué dificulta o facilita la comprensión de los casos de uso?

Cadena de búsqueda. Para realizar la búsqueda de la información en las bases de datos y responder las preguntas de investigación se requiere de una cadena de búsqueda adecuada al tema de investigación, en ese sentido se determinaron siguientes términos de búsquedas que se ven en la Tabla 1:

Concept	Search term
Use Case	Use case, use case model, use case specification, use case style, use case scenario, use case description
Writing	Writing, technique, pattern, guideline, template, approach, problems, pitfalls, best practice, bad smell, bad practice, novice problems, antipatterns OR anti-patterns OR templates

Tabla 1. Conceptos y terminología de búsqueda

Dada los términos de búsqueda se logró crear la siguiente cadena de búsqueda: (“use case” AND (“model” OR “specification” OR “style” OR “scenario” OR “description”) AND (“writing” OR “technique” OR “pattern” OR “guideline” OR “using” OR “template” OR “approach” OR “problems” OR “pitfalls” OR “best practice” OR “bad smell” OR “bad practice” OR “novice problems” OR “antipatterns” OR “anti-patterns” OR “templates”)) OR (“caso de uso” OR “casos de uso”) AND (“modelo” OR “especificación” OR “estilo” OR “escenario” OR “descripción”) AND (“redacción” OR “técnica” OR “patrón” OR “directriz” OR “plantilla” OR “enfoque” OR “problemas” OR “escollos” OR “mejor práctica” OR “mal olor” OR “mala práctica” OR “problemas de novatos” OR “anti-patrones” OR “antipatrones” OR “plantillas”)).

Como se logra ver, se agregó su monologo en español para obtener resultados en ambos idiomas.

Criterios de inclusión y exclusión. Los siguientes criterios de inclusión y exclusión pretenden filtrar aquella literatura que no se considera relevante para la investigación.

Criterios de inclusión:

1. La literatura está escrita en inglés o español.
2. La literatura fue publicada desde el año 1986 hasta la fecha actual.
3. La literatura proporciona propuestas, recomendaciones o pautas relacionadas con la redacción de casos de uso.
4. La literatura proporciona ejemplos.
5. La literatura muestra los errores, problemas, malas prácticas o anti-patrones en la redacción de los casos de uso.
6. La literatura se relaciona con temáticas de ingeniería de casos de uso, requerimientos de software, ingeniería de requerimientos, ingeniería de software, UML o especificación de requerimientos de software.

7. *Criterios de exclusión:*

8. La literatura habla sobre casos de estudio.
9. La literatura se centra en otros aspectos que no están relacionados con la redacción de casos de uso.
10. La literatura se enfoca en la notación gráfica de los casos de uso.
11. La literatura hace referencia a literatura del mismo autor o de otros autores de los cuales ya se tiene información.
12. La literatura muestra ejemplos erróneos.
13. La literatura se encuentra parcialmente.

Bases de datos. Para llevar a cabo la revisión sistemática de la literatura se seleccionaron las bases de datos: Ebsco Host, IEEE Explorer y Springer Link.

2.2. Ejecución

Se llevó a cabo la búsqueda en las bases de datos, de ahí al obtener los resultados en cada base datos, se realizó un filtrado compuesto por tres etapas siguiendo los criterios de inclusión y exclusión. Por último, se evaluó la calidad de los artículos hallados. Los resultados encontrados se describen en el apartado Resultados y discusión.

Para la primera base de datos Ebsco Host se obtuvo en un inicio un total de 1,458 artículos. Posteriormente al aplicar los criterios de inclusión y exclusión, la cifra se redujo a tan solo dos artículos.

Etapas	Criterios	Resultados
0	Sin criterios	1,458
1	CI6	42
	CI1	41
	CE6	14
	CE1	14
	CE2	2
	CE3	2
2	CI2	2
	CI3	2
	CI4	2
3	CI5	2
	CE4	2
	CE5	2

Tabla 2. Filtrado de la base de datos Ebsco Host

Para la siguiente base de datos IEEE Explorer se obtuvo un total de 2,795 artículos después de consultarla. Al aplicar los criterios de inclusión y exclusión se redujo a tan solo 8 artículos.

Etapas	Criterios	Resultados
0	Sin criterio	2,795
1	CI6	309
	CI1	309
	CE6	309
	CE1	271
	CE2	33
	CE3	33
2	CI2	33
	CI3	8
	CI4	8
3	CI5	8
	CE4	8
	CE5	8

Tabla 3. Filtrado de la base de datos IEEE Explorer

En la última base de datos Springer Link inicialmente se encontraron 728 artículos. Después del filtrado únicamente 6 cumplieron con los criterios.

Etapas	Criterio	Resultados
0	Sin criterio	728
1	CI6	160
	CI1	160
	CE6	39
	CE1	36
	CE2	7
	CE3	6
2	CI2	6
	CI3	6
	CI4	6
3	CI5	6
	CE4	6
	CE5	6

Tabla 4. Filtrado de la base de datos Springer Link

Entre las tres bases de datos se obtuvieron alrededor de 16 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión definidos.

Posterior a ello, de acuerdo con (Kitchenham & Charters, 2007), se definieron 7 criterios para evaluar la calidad de los 16 estudios finales por analizar. Para la evaluación de cada estudio, la escala aplicada fue: Sí = Y, No= N.

No.	Criterios
1	¿Están claramente especificados los objetivos en el estudio?
2	¿El método empleado en el estudio está documentado?
3	¿Se describen adecuadamente el proceso del estudio realizados?
4	¿Se describen adecuadamente los hallazgos recopilados?
5	¿Se presentan resultados negativos (si los hay)?
6	¿Los hallazgos contribuyen a dar respuesta a las preguntas de investigación?
7	¿Es clara la relación entre los hallazgos, la interpretación y las conclusiones?

Tabla 5. Criterios de comprobación de calidad

En la siguiente tabla se detallan los resultados de llevar a cabo la evaluación de la calidad.

ESTUDIOS	EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE CALIDAD						
	1	2	3	4	5	6	7
1	Y	N	N	N	N	Y	Y
2	Y	N	N	N	N	Y	Y
3	Y	N	N	N	N	Y	Y
4	Y	N	Y	N	Y	Y	Y
5	Y	N	N	N	N	Y	Y
6	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y
7	Y	N	N	N	N	Y	Y
8	Y	Y	N	N	N	Y	Y
9	Y	N	N	N	N	Y	Y
10	Y	Y	N	N	N	Y	Y
11	Y	Y	N	Y	N	Y	Y
12	Y	N	Y	Y	N	Y	Y
13	Y	N	Y	Y	N	Y	Y
14	Y	Y	N	N	N	Y	Y
15	Y	Y	Y	N	N	Y	Y
16	Y	Y	Y	N	N	Y	Y

Tabla 6. Evaluación de calidad en los estudios.

Todo artículo con un puntaje mayor o igual que cinco con respuesta “Y” se consideró con valor potencial para la revisión sistemática de la literatura. Dando como resultado solamente nueve artículos (56%) que se encontraron dentro del rango de calidad como se indica en la tabla 5. Por lo que, de los 9 estudios que cumplieron con los criterios de calidad, se usaron 6 por su relevancia directa para responder a las preguntas de investigación. Los otros 3, junto con los estudios restantes de los 16 identificados, complementan el marco teórico y estudios previos.

3. Resultados y discusión

3.1. Análisis de los datos

Se realizó un análisis de los resultados obtenidos en las bases de datos y del filtrado para comprender mejor la información recabada.

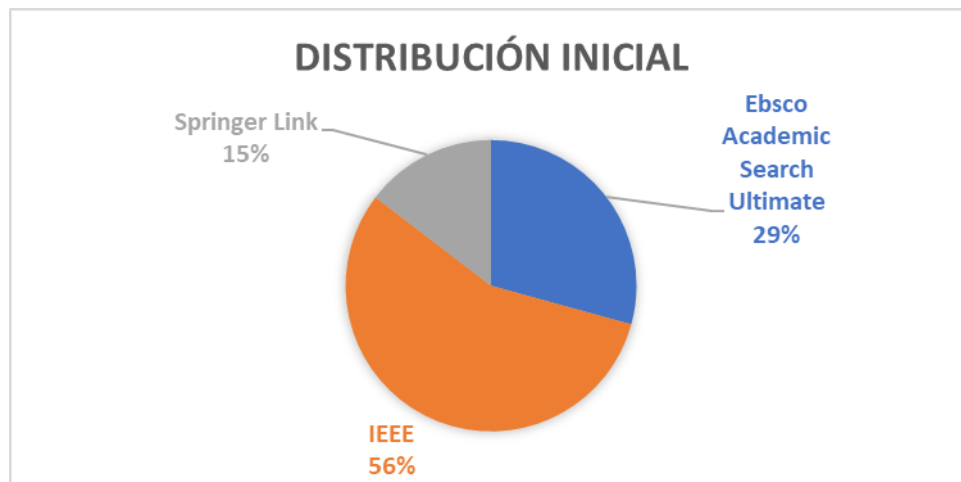


Figura 1. Literatura inicial por base de datos.

En la Fig. 1 se aprecia la distribución inicial de la literatura en las bases de datos antes de aplicar los criterios de inclusión y exclusión. Se logra apreciar que la base de datos IEEE posee más información a diferencia de las otras bases de datos.

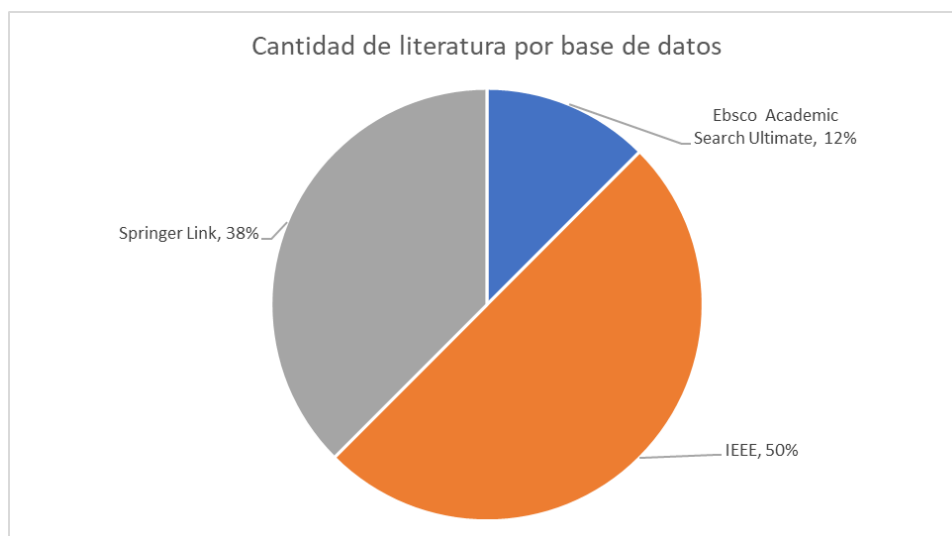


Figura 2. Literatura inicial por base de datos.

En la Fig. 2 se logra visualizar el tamaño que abarca cada base de datos después del filtrado. Se puede apreciar que la base de datos IEEE sigue teniendo la mayor cantidad de literatura.



Figura 3. Literatura final por base de datos.

Por último, la Fig. 3 muestra claramente el filtrado de toda la literatura por etapa. Empezando por la etapa uno hasta la tres. Concluyendo con un total de 16 documentos.

3.2. Preguntas de investigación.

En esta sección se da respuesta a las preguntas de investigación con ayuda de los artículos encontrados.

1. ¿Qué elementos se repiten en la escritura de los casos de uso?

En general los casos de uso están descritos por el nombre, los actores asociados, la descripción (El-Attar & J. Miller, 2008) o escenario (Da Silva, 2021) donde se incluye el flujo principal y el alternativo. Por último, puntos de extensión, precondiciones y post condiciones (Aballay et al., 2013).

2. ¿Qué se debe evitar en la escritura de los casos de uso?

Evitar nombrar los casos de uso con verbos genéricos o débiles como: Make, Report, Use, Organize, Record, Find, otros (Da Silva, 2021). También se debe evitar asignar un identificador al camino principal, común o feliz.

Por otra parte, tenemos los anti-patrones descritos por (El-Attar & Miller, 2012), estos son la repetición de una acción, proceso o estructura que causa deficiencias en el modelo de casos de uso. Según su estudio encontraron alrededor de 21 anti patrones en la literatura. Por mencionar uno, está el anti patrón “Too many UCs”, básicamente indica que se debe evitar la elaboración de muchos casos de uso, aunque igual depende del dominio del problema, pero en general se debe tener la menor cantidad posible.

Otro antipatrón es usar a un caso de uso como extensión e inclusión de otros casos de uso.

3. ¿Cuál es la mejor forma de escribir casos de uso?

Nombrar los casos de uso con la estructura VERBO + SINONIMO (Da Silva, 2021). Al redactar los escenarios, determinar un camino feliz o común para el actor, cualquier otro camino se detallará después mediante caminos alternos o excepcionales. Escribir los pasos de los escenarios como una serie de pasos secuenciales ordenados cronológicamente, ser consistentes en como iniciar y terminar los escenarios. Por último, asignar un identificador único a cada caso de uso.

(Cruz et al., 2014) recomienda detallar de forma refinada los casos de uso hasta que estos sean, concretos, cortos y fácil de entender.

4. ¿Qué determina la calidad de un caso de uso?

Según (El-Attar & Miller, 2010) existen 5 atributos que determinan la calidad de un caso de uso. Estos atributos son: Correctness, Consistency, Analytical y Understandability.

Un caso de uso posee Correctness cuando representan con precisión los requisitos.

Consistency cuando todos los componentes del modelo de casos de uso manejan los mismos conceptos y representar una vista coherente de los requisitos.

Analytical cuando se los casos de uso describen lo que el sistema necesita lograr en lugar de como lo conseguirá. Sin mencionar aspectos de la interfaz gráfica, implementación o decisiones de diseño.

Por último, un caso de uso posee el atributo Understandability cuando este es inequívoco y legible. Es decir, todos los involucrados son capaces de entender el caso de uso y estar de acuerdo comúnmente.

5. ¿Qué dificulta o facilita la comprensión de los casos de uso?

Lo que mejora la comprensión de los casos de uso, es la consistencia entre todos los casos de uso.

Pues en una entrevista llevada por (Da Silva, 2021) descubrió que el 90% de los participantes determinó mejores los estilos de escritura: CNL-B y RSL. Ambos, son estilos de lenguajes formales controlados para especificar casos de uso. Debido a su formalidad, mantienen la consistencia en todos los casos de uso.

4. Conclusiones

La realización de la revisión sistemática de la literatura sobre la escritura de casos de uso ha permitido alcanzar una comprensión profunda y estructurada de la investigación existente en este campo específico. Siguiendo un enfoque metodológico riguroso, se ha seguido cada paso del proceso de revisión sistemática, desde la definición de palabras clave hasta el análisis y síntesis de los resultados.

El propósito inicial de esta investigación fue abordar las preguntas y necesidades específicas en torno a la escritura de casos de uso. La necesidad de una revisión sistemática se fundamenta en la importancia de recopilar de manera exhaustiva la literatura relevante para obtener una visión completa y actualizada del tema.

Los resultados obtenidos de este estudio ofrecen una visión integral de las investigaciones existentes sobre la escritura de casos de uso, destacando patrones, brechas y tendencias emergentes en la literatura revisada. Este análisis crítico contribuye no solo a consolidar el conocimiento existente, sino también a señalar áreas de oportunidad para investigaciones futuras. Una de estas áreas es la evaluación empírica de las guías y patrones propuestos en distintos contextos de desarrollo, como el desarrollo ágil. Investigaciones adicionales podrían explorar cómo estas prácticas pueden mejorar la claridad de los requisitos y ayudar a reducir errores en fases avanzadas del desarrollo de software.

References

- Jacobson, I. (2004). Use cases – Yesterday, today, and tomorrow. *Software and Systems Modeling*, 3(3), 210–220. <https://doi.org/10.1007/s10270-004-0060-3>
- Fowler, M., & Scott, K. (2000). *UML Distilled: A brief guide to the standard object modeling language*. Addison-Wesley.
- Armour, F., & Miller, G. (2001). *Advanced case modeling: Software Systems*. Addison-Wesley Professional.
- El-Attar, M., & Miller, J. (2012). Constructing high quality use case models: A systematic review of current practices. *Requirements Engineering*, 17(3), 187–201. <https://doi.org/10.1007/s00766-011-0129-1>
- Seki, Y., Hayashi, S., & Saeki, M. (2019). Detecting Bad Smells in Use Descriptions. 2019 IEEE 27th International Requirements Engineering Conference (RE), 98-108. <https://doi.org/10.1109/RE.2019.00020>
- Lilly, S. (1999). Use case pitfalls: Top 10 problems from real projects using use cases. *Proceedings of Technology of Object-Oriented Languages and Systems - TOOLS 30* (Cat. No.PR00278), 174-183. <https://doi.org/10.1109/TOOLS.1999.796489>
- El-Attar, M., & Miller, J. (2010). Improving the quality of use case models using antipatterns. *Software and Systems Modeling*, 9(2), 141–160. <https://doi.org/10.1007/s10270-009-0101-8>
- Phalp, K., Vincent, J., & Cox, K. (2007). Assessing the quality of use case descriptions. *Software Quality Journal*, 15(1), 69–97. <https://doi.org/10.1007/s11219-006-9000-8>
- Da Silva, A. R. (2021). Linguistic Patterns, Styles, and Guidelines for Writing Requirements Specifications: Focus on Use Cases and Scenarios. *IEEE Access*, 9, 143506-143530. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3119171>
- Tjong, S. F., Hallam, N., & Hartley, M. (2006). Improving the Quality of Natural Language Requirements Specifications through Natural Language Requirements Patterns. *The Sixth IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT'06)*, 199-199.
- Franch, X., Palomares, C., Quer, C., Chatzipetrou, P., & Gorschek, T. (2023). The state-of-practice in requirements specification: An extended interview study at 12 companies. *Requirements Engineering*, 28(3), 377–409. <https://doi.org/10.1007/s00766-023-00425-4>
- Tiwari, S., & Gupta, A. (2015). A systematic literature review of use case specifications research. *Information & Software Technology*, 67, 128-158. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.06.004>
- Filippidou, D. (1998). Designing with scenarios: A critical review of current research and practice. *Requirements Engineering*, 3(1), 1–22. <https://doi.org/10.1007/BF02736689>
- Cortés Bravo, C. A., Abud Figueroa, M. A., Romero Torres, C., Juárez Martínez, U., & Pelaez Camarena, G. (2016). Propuesta de un Catálogo de Patrones de Escenario para la Definición de Requisitos. *ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 5(1).
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report EBSE-2007-01.
- Velásquez, J. D. (2015). Una Guía Corta para Escribir Revisiones Sistemáticas de Literatura Parte 3. *Dyna*, 82(189), 9-12.

El-Attar, M., & Miller, J. (2008). Producing robust use case diagrams via reverse engineering of use case descriptions. *Software and Systems Modeling*, 7(1), 67-83. <https://doi.org/10.1007/s10270-007-0053-2>

Aballay, L. N., Introini, S. C., Lund, M. I., & Ormeño, E. G. (2013). UCEFlow: A syntax proposed to be structuring the event flow of use cases. 2013 8th Computing Colombian Conference (8CCC), 1-6.

Cruz, E. F., Machado, R. J., & Santos, M. Y. (2014). On the Decomposition of Use Cases for the Refinement of Software Requirements. 2014 14th International Conference on Computational Science and Its Applications, 237-240. <https://doi.org/10.1109/ICCSA.2014.45>



Recibido 26 Ene. 2025

ReCIBE, Año 14 No. 1, Mzo. 2025

Aceptado 1 Mzo. 2025

Prototipo Para la Medición de la Luz en Laboratorios y Aulas (PMLLA)

Prototype for Light Measurement in Laboratories and Classrooms (PMLLA)

Francisco Javier Quintanilla Moreno¹

francisco.quintanilla@academicos.udg.mx

Jose Juan Meza Espinosa¹

jose.mespinosa@academicos.udg.mx

Blanca Lorena Reynoso Gomez¹

blanca.reynoso@academicos.udg.mx

¹ Universidad de Guadalajara. Centro universitario de ciencias exactas e ingenierías

Resumen

La iluminación en los espacios de trabajo es un tema que ha despertado el interés de los grupos de estudio debido a su impacto en diversos aspectos, que van desde el consumo de energía hasta la productividad, seguridad, salud y educación. En el ámbito educativo, se ha demostrado que la iluminación contribuye un 21% más al progreso de los estudiantes en comparación con otros factores ambientales. En ese sentido, en este trabajo se presenta el desarrollo de un prototipo innovador denominado Prototipo para la Medición y Monitoreo de la Luz en Laboratorios y Aulas (PMLLA). Este prototipo utiliza componentes electrónicos de última generación, como el ESP32, el sensor de temperatura BH1750, la pantalla OLED SSD1306, el teclado matricial 4x4 y el módulo de memoria microSD. El PMLLA ofrece una solución para medir de manera precisa, confiable e intuitiva la intensidad de la luz en entornos de trabajo como laboratorios y aulas. Además, el prototipo facilita el almacenamiento de datos, posibilitando análisis y evaluación continuo de los niveles de iluminación de los datos en entornos de laboratorios y aulas.

Palabras clave: Prototipo, Medición de luz, Laboratorios, Aulas, ESP32, Sensor de temperatura BH1750, Pantalla OLED SSD1306, Teclado matricial 4x4, Módulo de memoria micro SD Card, Micropython.

Abstract

Lighting in workspaces is a topic that has attracted the interest of think tanks due to its impact on various aspects, ranging from energy consumption to productivity, safety, health, and education. In the educational field, it has been shown that lighting contributes 21% more to student progress compared to other environmental factors. In that sense, this paper presents the development of an innovative prototype called Prototype for Measuring and Monitoring Light in Laboratories and Classrooms (PMLLA). This prototype uses state-of-the-art electronic components, such as the ESP32, the BH1750 temperature sensor, the SSD1306 OLED display, the 4x4 matrix keyboard and the microSD memory module. The PMLLA offers a solution to measure light intensity accurately, reliably and intuitively in working environments such as laboratories and classrooms. In addition, the prototype facilitates data storage, enabling continuous analysis and evaluation of lighting levels in laboratory and classroom environments.

Key words: Prototype, Light measurement, Laboratories, Classrooms, ESP32, BH1750 temperature sensor, OLED SSD1306 display, 4x4 matrix keypad, Micro SD Card module, Micropython.

Introducción

En la actualidad, la iluminación y la medición de la luz son importantes en diversos entornos, como ejemplo laboratorios y aulas, donde se requiere un control de la iluminación. Contar con herramientas eficientes y accesibles para llevar a cabo estas mediciones es de vital importancia poder guardar la información para medir que tan adecuada es la luminosidad para los académicos y los estudiantes.

En este artículo se presentará el desarrollo de un prototipo denominado Prototipo para la Medición de la Luz en Laboratorios y Aulas (PMLLA), el cual utiliza componentes electrónicos de última generación para brindar una solución en el ámbito de la medición de la iluminación.

El PMLLA se basa en el ESP32, un microcontrolador que tiene capacidades de conectividad y procesamiento de datos. Esta plataforma nos permite integrar diversos componentes y facilita la interacción con el prototipo a través de una interfaz intuitiva.

El sensor de temperatura BH1750, presente en el PMLLA, ayuda para medir la intensidad de la luz de manera precisa. Esto resulta fundamental en entornos donde se requiere un control estricto de la iluminación, como en laboratorios y aulas de estudio.

La pantalla OLED SSD1306 proporciona una visualización de los resultados obtenidos.

El teclado matricial 4x4 permite una interacción sencilla y práctica con el prototipo.

Para el almacenamiento de datos, el PMLLA cuenta con un módulo de memoria micro SD Card, el cual ofrece la capacidad necesaria para el registro de las mediciones de la iluminación.

En resumen, el PMLLA representa una solución para la medición de la iluminación en laboratorios y aulas. Su utilización de componentes electrónicos avanzados, como el ESP32, el sensor de temperatura BH1750, la pantalla OLED SSD1306, el teclado matricial 4x4 y el módulo de memoria micro SD Card ayudan a obtener mediciones para su posterior tratamiento.

A lo largo de este artículo se explorará en detalle el diseño, la programación y la implementación así como las funcionalidades del PMLLA, este prototipo aportará beneficios significativos y a un bajo costo a aquellos que requieren un control riguroso de la iluminación en laboratorios y aulas.

Trabajos Relacionados

En esta sección se resumen algunos de los trabajos tomados como ejemplo en los cuales algunas de sus partes fueron importantes a ser tomados en cuenta para el desarrollo del presente prototipo. Un medidor de consumo de luz, utilizando esp32 [1] nos muestra el proceso y desarrollo de un prototipo para medir el consumo de luz, además del asp32 utiliza un sensor SC-013 no invasivo, el propósito es mostrar el consumo de energía y que este sirva de base para un plan de ahorro, también utiliza un display para mostrar los valores obtenidos, de este artículo fue útil observar el uso de diferentes sensores en eps32, la diferencia es que utilizo el IDE de Arduino para el desarrollo del software.

En [2] nos muestra el desarrollo de una arquitectura IoT para la obtención y análisis de variables climáticas, de este cabe destacar el uso de diferentes sensores utilizados de forma explícita para este artículo y como la información obtenida es almacenada en una base de datos a través de un proceso de diferentes capas en la obtención de la información, en este caso la parte relevante es el proceso de almacenamiento de la información, en este caso se utiliza Arduino en hardware y software de la tarjeta embebida, en la cual están conectados diferentes sensores entre ellos un sensor wifi compatible con la tarjeta de desarrollo y que permite la comunicación con otras plataformas para el tratamiento de la información.

En su artículo [3] nos muestra el proceso de un sistema de monitoreo y obtención de datos de consumo y voltaje de datos de bajo costo, los cuales son transmitidos por un protocolo Message Queuing Telemetry Tansport (MQTT), el cual por medio de WiFi recibe información para almacenarla en una base de datos la cual es utilizada para monitorear y supervisar dicha información para tal efecto, utiliza un servidor con un Raspberry Pi con una base de datos Postgress y una terminal para la adquisición de datos con un esp32 y con sensores conectados al mismo, cabe destacar que de este artículo se tomó la parte de la información que se muestra en una pantalla Oled.

En este artículo [4] muestran el desarrollo de un sistema para mejorar la eficiencia en el consumo de luz en un ambiente interior, en el cual se resalta la importancia de tener el control del consumo de luz, y como a través del uso de IoT se puede lograr este propósito, la parte que tiene más relevancia es como utiliza módulos LDR para la adquisición de datos y como estos datos son procesados mediante comparaciones de parámetros, además el control de la iluminación se puede hacer mediante un teléfono celular con una aplicación desarrollada para este fin, de este artículo se puede tomar el desarrollo y medición de un ambiente de luz artificial y como compara el consumo con focos convencionales y como se logra reducir significativamente con el uso de focos LED y como se toma en cuenta los requerimientos de iluminación para en mejor medioambiente.

En su artículo [5] nos detalla el desarrollo y prueba de un prototipo no invasivo para la diabetes tipo 2, sin duda un desarrollo muy interesante y de actualidad, sin embargo para el desarrollo de este prototipo me pareció la parte del uso de una pantalla oled y el uso de una batería recargable, con lo cual el dispositivo se convierte en uno portátil, para así poder desplazarlo de lugar sin necesidad de una conexión, otra parte relevante fue la muestra de los resultados de la implementación y la justificación del algoritmo adoptado en este artículo.

Descripción del Sistema

La propuesta de desarrollo de un Prototipo para la Medición de la Luminosidad en Laboratorios y Aulas (PPMLLA) de bajo costo basado en el Internet de las Cosas (IOT), utilizando una arquitectura Esp32 en conjunto con diversos sensores que nos ayuden a lograr el desarrollo de dicho prototipo. El objetivo final será utilizar el prototipo en una aula o laboratorio sin necesidad de conectarlo a una toma de luz, al tomar la medida en luxes, se muestre el valor y esos valores los guarde en una microsd para su posterior tratamiento.

Componentes usados en el prototipo

Dentro de la familia de los esp32, existen diferentes modelos, solo se referenciara al modelo a ser usado en el prototipo:

Esp32 devkit V1

En el sitio <https://www.redgps.com/dispositivos-iot/doit-esp32>, nos menciona que esta placa es desarrollada por una empresa llamada DOIT, la cual incluye soporte Wifi, Bluetooth, entre otras características:

Modulo Sensor de Luz BH1750

Este sensor permite realizar mediciones de iluminancia en lux, a través de un bus de I2C, en su página: [6] nos describe las diferentes características del BH1750.

Información

El BH1750 es fabricado por la empresa Rohm Semiconductor, posee un conversor inverso de 16 bits, y entrega una salida digital en formato I2C.

La luminosidad del BH1750 se mide en Lux (lx), que es una unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación que equivale a un lumen /m². Se usa en fotometría y es un modelo estándar a la sensibilidad del ojo humano.

Teclado Matricial 4x4 (Tipo membrana)

De acuerdo a [6] está fabricado de botones de plástico y formado por una matriz de filas (L1, L2, L3, L4) y columnas (C1, C2, C3, C4), las teclas solo necesitan 8 pines digitales de conexión. Este teclado será útil para indicar la fuente, en este caso se puede capturar desde 0 hasta la palabra D, la cual pudiera indicar por ejemplo si a un salón se le denomina 0, eso indicaría todas las lecturas del mismo.

Pantalla Oled SSD1306

Referenciando a [6] Es una pequeña pantalla Imagen 4 de 128*64 , pixeles que permite controla cada pixel de forma individual, se puede usar en tipo SPI e I2C trabajar directamente con 5V, se recomienda utilizar un controlador de al menos 1K de RAM.

Módulo de Memoria Micro sd card

Almacena y puede leer información de una micro sd, lo hace mediante el modo SPI, soporta micro sd y micro SDHC, compatible con micro controladores y tarjetas de desarrollo.

Software

Para el desarrollo del programa se decidió utilizar Micropython en conjunto con el software Thonny, este lenguaje además de su gran aceptación en diferentes ámbitos, es utilizado cada día más en desarrollo de prototipos para diferentes áreas del conocimiento y en el uso de placas de desarrollo en conjunto con diversos componentes.

Armado del prototipo

Además de los componentes antes descritos de utilizaran dos protoboard.
En la siguiente figura realizada en fritzing, se puede observar la ubicación y conexión del prototipo.

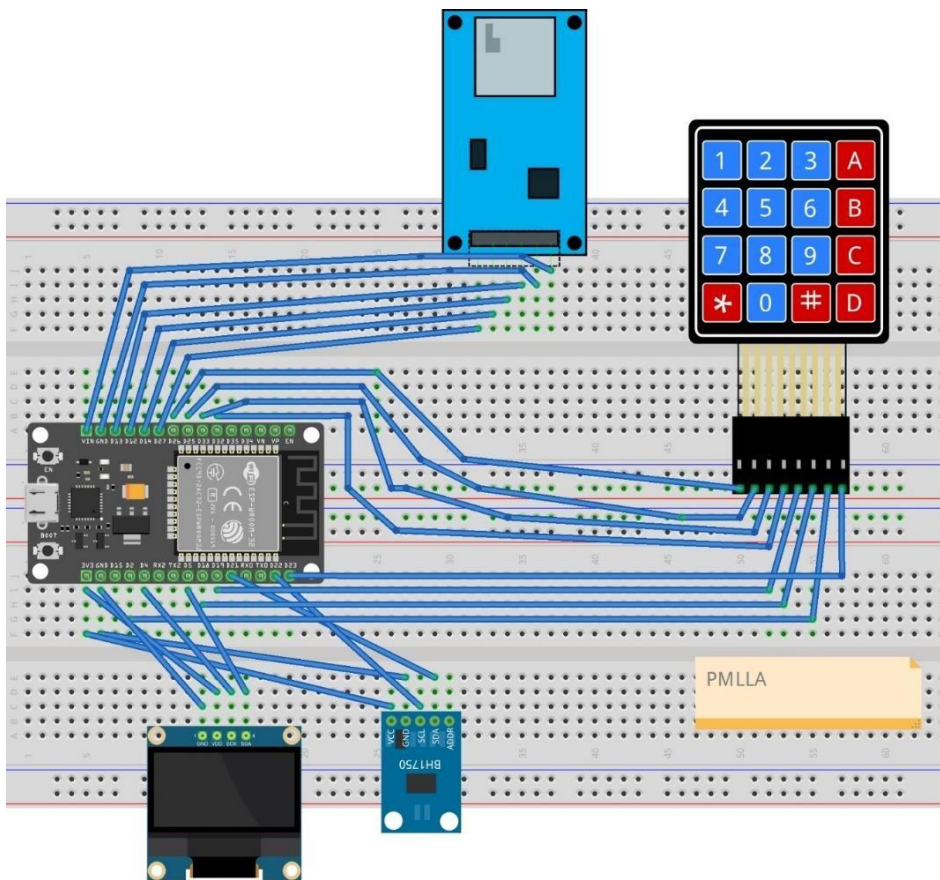


Imagen 1.- Prototipo para la Monitorización de Luz en Laboratorios y Aulas

Para el prototipo además de los componentes antes señalados, se utilizar además dos protoboard y cables tipo dupont para las conexiones.

En la imagen 1 se puede observar el armado de cada uno de los sensores, sin embargo antes de proceder al armado del prototipo, primero se armó cada componente aparte para probar su funcionamiento.

Armado y pruebas:

Se configuro Esp32 para que se pudiera utilizar Micropython, Para tal efecto se utilizó como apoyo el IDE Thonny el cual se encuentra disponible en: <https://thonny.org/>, en el sitio se encuentra para su descarga para Windows, Mac y Linux, en este caso se utilizara la versión de Thonny para Windows.

Una vez descargada e instalada se procederá a la configuración de esp32 para grabarle el software necesario para poder ejecutar Microphyton, el cual se encuentra un tutorial para tal efecto en: <https://www.youtube.com/watch?v=3YI2hgGaKy0>

Es solo uno de los videos que nos apoyan a configurar esp32 con el software para poder trabajar con Micripython y Thonny. La búsqueda en internet para tal efecto fue “configurando esp3 con Thonny”. Para poder configurar correctamente se debe de conocer la versión de esp32, para que la carga y el funcionamiento sea adecuado.

Como primera prueba para asegurarnos la funcionalidad se podrá utilizar el siguiente código:

```
1 #Inicio de código
2 # Librerias de necesarias
3 from machine import Pin
4 from time import sleep
5
6 #El Pin del led es el 2 que corresponde al GPIO2 de acuerdo con el
7 esp32 utilizado, ya que algunos no lo incluyen se podría conectar un
8 led al pin.
9
10 ledpin=2
11
12 # Se asigna a pinled la clase que se llamó al inicio con los
13 parámetros y se le indica que es de salida.
14
15 pinled = Pin(ledpin, Pin.OUT)
16
17 # Se crea un ciclo, que dejara de funciona mientras esté conectado
18 nuestro esp32
19
20 while True:
21 # Se enciende el led al enviar el calor 1
22 pinled.value(1)
23
24 # Se da un tiempo de espera de 1 mls.
25 sleep(1)
26 # Se apaga el led enviando el valor 0
27 pinled.value(0)
28 # Se da un tiempo de espera de 1 mls.
29 sleep(1)
30 #Fin de código
```

Código 1.- Prueba de funcionalidad inicial del prototipo

ESP32 y el sensor BH1550

Cuando se realizaron las pruebas individuales, ya se tenía armando el prototipo final, por lo tanto para las pruebas individuales se utilizaron otros sensores, en el caso del BH1750, al intentar en forma individual, la librería envió un error, después de estar observando se investigó y se encontró que existen hasta el momento de hacer pruebas dos tipos de sensores: El GY-30 y el GY-302, y cada uno funciona con su propia librería:

```
1 //inicia codigo
2 from machine import Pin, I2C from utime import sleep from bh1750302 import BH1750
3 i2c0_sda = Pin(21)
4 i2c0_scl = Pin(22)
5 i2c0 = I2C(0, sda=i2c0_sda, scl=i2c0_scl) bh1750 = BH1750(0x23, i2c0)
6 while True:
7     print(bh1750.measurement) sleep(1)
8 //termina código
9
10
11
12
```

Código 2.- Prueba del sensor de luz

ESP32 y Teclado Matricial 4x4 (Tipo membrana)

En las siguientes líneas se puede observar el código con el que se probó el teclado matricial:

```
1 // Inicia codigo
2 from kb4x4 import kb4x4 import time
3 kb = kb4x4()
4 while True:
5     x, is_long = kb.readkey() print('Boton: ', x) time.sleep(.2)
6 //Termina código
7
8
9
```

Código 3.- Prueba del teclado matricial

Pantalla Oled SSD1306 y esp32

Código de prueba para la pantalla Oled:

```
1// Inicia Código
2//Llamado a las librerías necesarias
3from machine import Pin, I2C
4from ssd1306 import SSD1306_I2C
5import time, esp32
6//Se carga en la variable la configuración de los pines del sensor
7i2c=I2C(sda=Pin(5), scl=Pin(4))
8//Se llama en la variable el objeto con la configuración
9oled=SSD1306_I2C(128, 32, i2c)
10while True:
11//Se imprime en la pantalla
12print('Prueba Oled SSD1306: ')
13oled.fill(0)
14oled.text('Prueba Oled ', 0,25)
15oled.show()
16//Tiempo de espera
17time.sleep(.5)
18//Fin del código
```

Código 4.- Prueba de la pantalla Oled

Esp32 y módulo de memoria MicroSD

Código de prueba para la tarjeta MicroSD:

```
1//Inicia Código
2//Llamado de librerías
3import os, time
4from machine import Pin, SoftSPI
5from sdcard import SDCard
6//Se le asigna a la variable la información de llamado del sensor con
7sus pines
8spi=SoftSPI(-1, miso=Pin(13), mosi=Pin(12), sck=Pin(14))
9cs=Pin(27)
10// Se llama al objeto en la variable
11sd=SDCard(spi, cs)
12vsf=os.VfsFat(sd)
13//Se abre el sensor
14os.mount(vsf, '/sd')
15//Se lista de la microsd el directorio de archivos
16print('D. raiz:{}'.format(os.listdir()))
17//Fin del Código
```

Código 5.- Prueba de memoria MicroSD

Durante las pruebas individuales se usaron los mismo pines que será utilizado en el prototipo en conjunto.

Prueba de esp32 y PMLLA

```
1from machine import Pin, SoftI2C, Timer, RTC, SoftSPI
2from bh1750 import BH1750
3from ssd1306 import SSD1306_I2C
4import time, os, esp32, freesans20
5from sdcard import SDCard
6from writer_minimal import Writer
7from kb4x4 import kb4x4
8led=Pin(2, Pin.OUT)
9i2c1=SoftI2C(sda=Pin(4), scl=Pin(5))
10oled=SSD1306_I2C(128, 64, i2c1)
11#fondo=Writer (oled, freesans20)
12Spi=SoftSPI(-1, miso=Pin(13), mosi=Pin(12), sck=Pin(14))
13Cs=Pin(27)
14Sd=SDCard(spi, cs)
15vsf=os.VfsFat(sd)
16kb = kb4x4()
17os.mount(vsf, '/sd')
18i2c = SoftI2C(scl=Pin (22), sda=Pin(21))
19rtc=RTC()
20s = BH1750(i2c)
21kb=kb4x4()
22fecha=rtc.datetime()
23fecha1= str(fecha[0])+str(fecha[1])+str(fecha[2])+'+'+str(fecha[4])+':
24'+str(fecha[5])
25
26while True:
27s.set_mode(0x21)
28luminous=s.luminance(0x21)
29if int(luminos) > 299 and int(luminos) < 300:
30nl='DR'
31else:
32nl='FR'
33
34led.on()
35x, is_long = kb.readkey()
36pasow = x+ '+'+fecha1+' '+str(int (luminos))+'+'+nl
37print(pasow)
38f=open('lux.txt', 'a')
39f.write('\r\n {} \r\n'.format(pasow))
40oled.fill(0)
41oled.text(x, 0,0)
42oled.text(fecha1, 0,20)
43oled.text(str(int (luminos)), 0,30)
44oled.text(nl, 0,40)
45oled.show()
46time.sleep(.5)
47led.off()
48break
```

Código 6.- Prueba en ESP32 del PMLLA

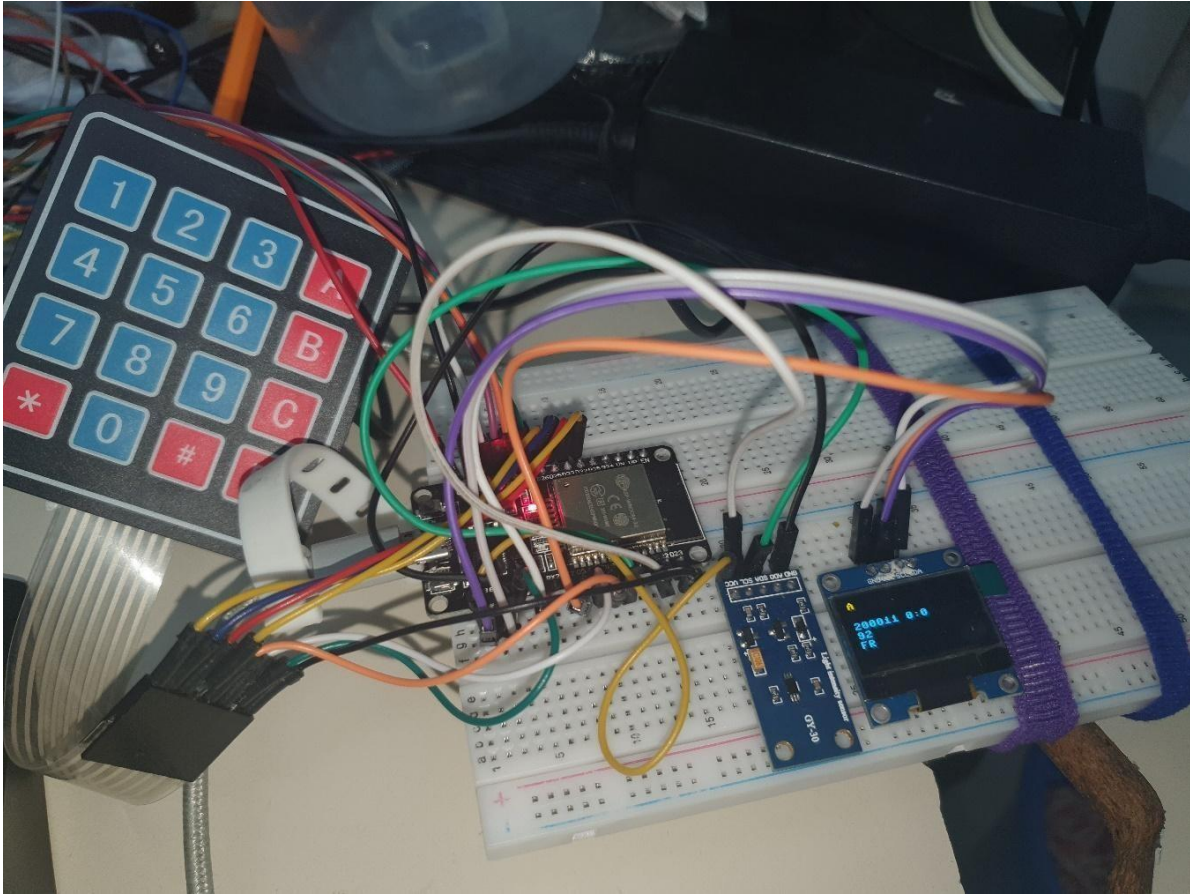
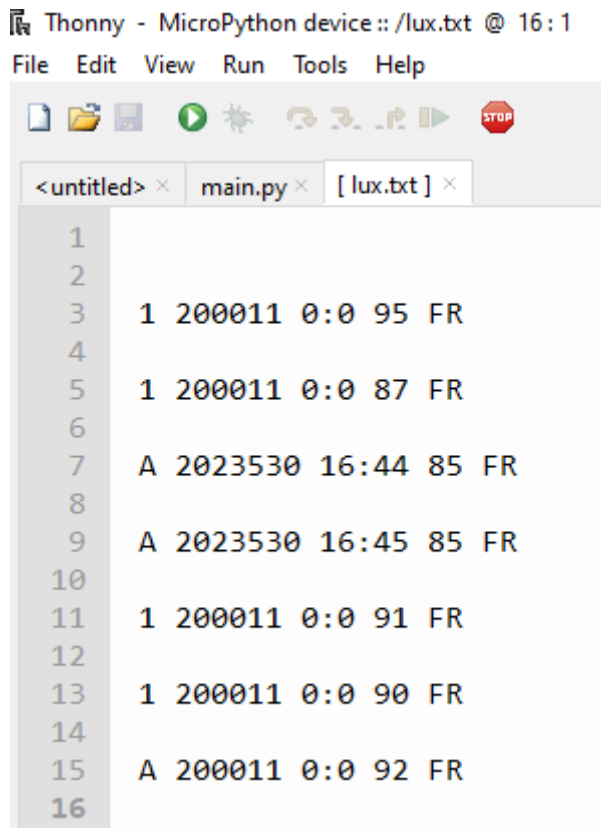


Imagen 2.- Pruebas del PMLLA

En la imagen 2 se puede observar el prototipo PMLLA funcionando, en el código 6 se encuentra el código de implementación, se hace mención porque para que pueda auto arrancar cuando se encienda el esp32, deberá tener el nombre de main.py.

Otro aspecto relevante a destacar es que es muy importante al momento de estar conectando los pines a haga de manera correcta, de lo contrario se correrá el peligro de dañar los sensores.



```
Thonny - MicroPython device :: /lux.txt @ 16:1
File Edit View Run Tools Help

<untitled> x main.py x [ lux.txt ] x

1
2
3 1 200011 0:0 95 FR
4
5 1 200011 0:0 87 FR
6
7 A 2023530 16:44 85 FR
8
9 A 2023530 16:45 85 FR
10
11 1 200011 0:0 91 FR
12
13 1 200011 0:0 90 FR
14
15 A 200011 0:0 92 FR
16
```

Imagen 3.- Ejemplo de la información que se graba al momento de ejecutar el programa en esp32 y se guarda la microSD.

En la imagen 3 se puede observar cómo se graba la información obtenida del programa. Prueba comparativas del PMLLA con el luxómetro PYLE modelo PLMT15, este último es un modelo comercial que se utiliza para hacer pruebas en otras investigaciones:

Prueba 1:

Esta prueba se realizó en un cuarto de 4 x 3 Mts, las mediciones se tomaron a una altura de 1.5, 3.00 de lo ancho en y de 1 del otro extremo y de frente 40 cms de la parte trasera y 2.6 de la parte delantera 1.9, en el cubículo w2-A, donde no existe luz natural.

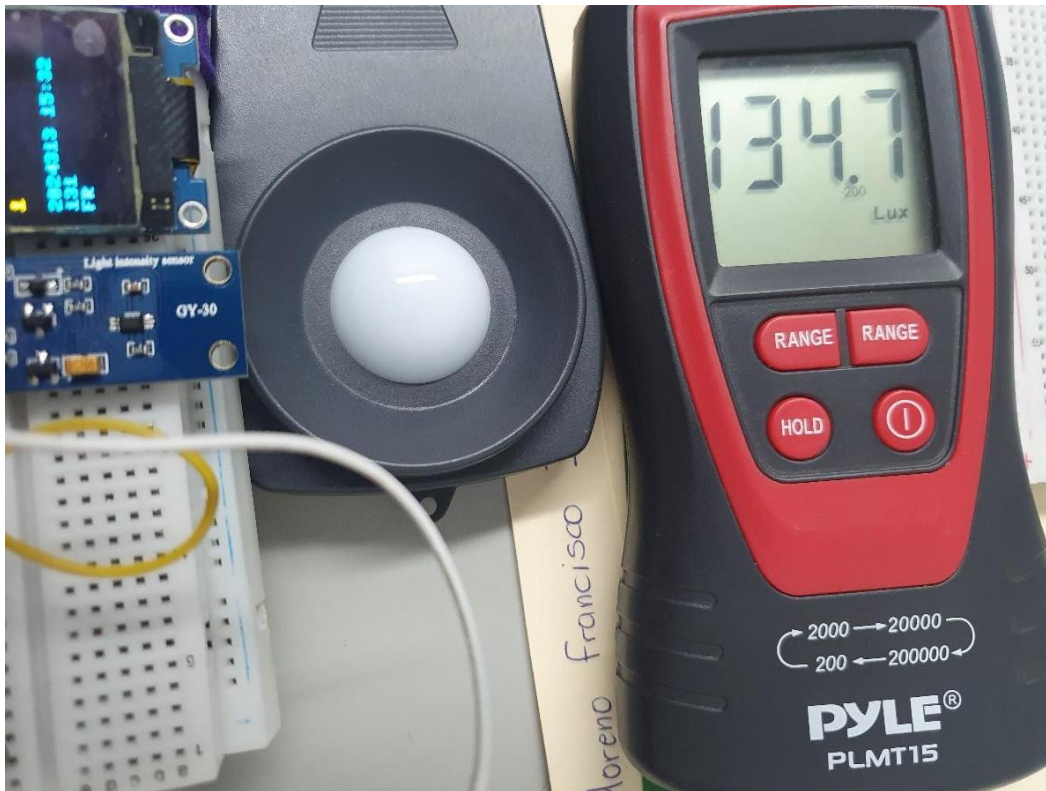


Imagen 4.- Prueba 1 PMLLA vs PLMT15

Como se puede observar en la Imagen 4 Prueba 1, en el luxómetro PLMT15 dio una medición de 134.7 y el prototipo PMLLA 131.

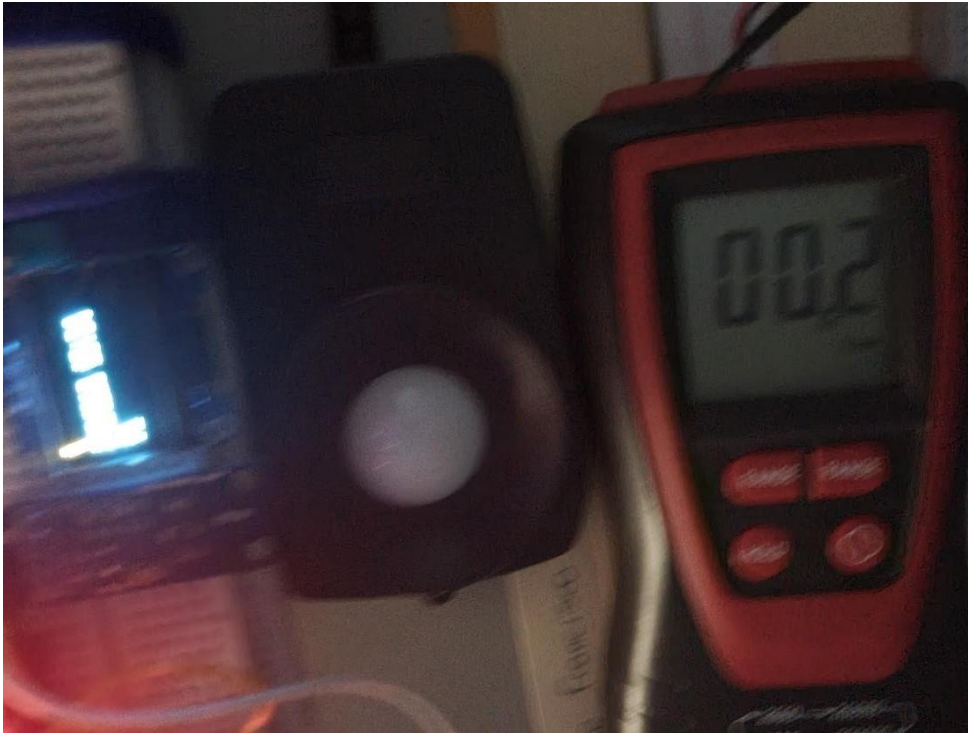


Imagen 5.- Prueba 2 PMLLA vs PLMT15

En la imagen 5, la foto se tomó en total oscuridad, por lo que la pantalla oled no es clara, en el caso de PLMT15 nos indica un lux de .2 y en el caso de PMLLA nos de 0, esta fue tomada en el mismo cuadrante de la primera.

En la Imagen 6 Prueba 3 PMLLA vs PLMT15, esta prueba se realizó en un cuadrante 1m x 3m x 1m de alto, ancho y largo. Del otro extremo y de frente 50 cm de la parte trasera y 2.6 m de la parte delantera 1.5 m.

En el siguiente texto se puede observar las mediciones que se guardaron en la microSD del prototipo.

1 2024313 15:32 131 FR

1 2024313 15:34 0 FR

1 2024313 15:37 127 FR

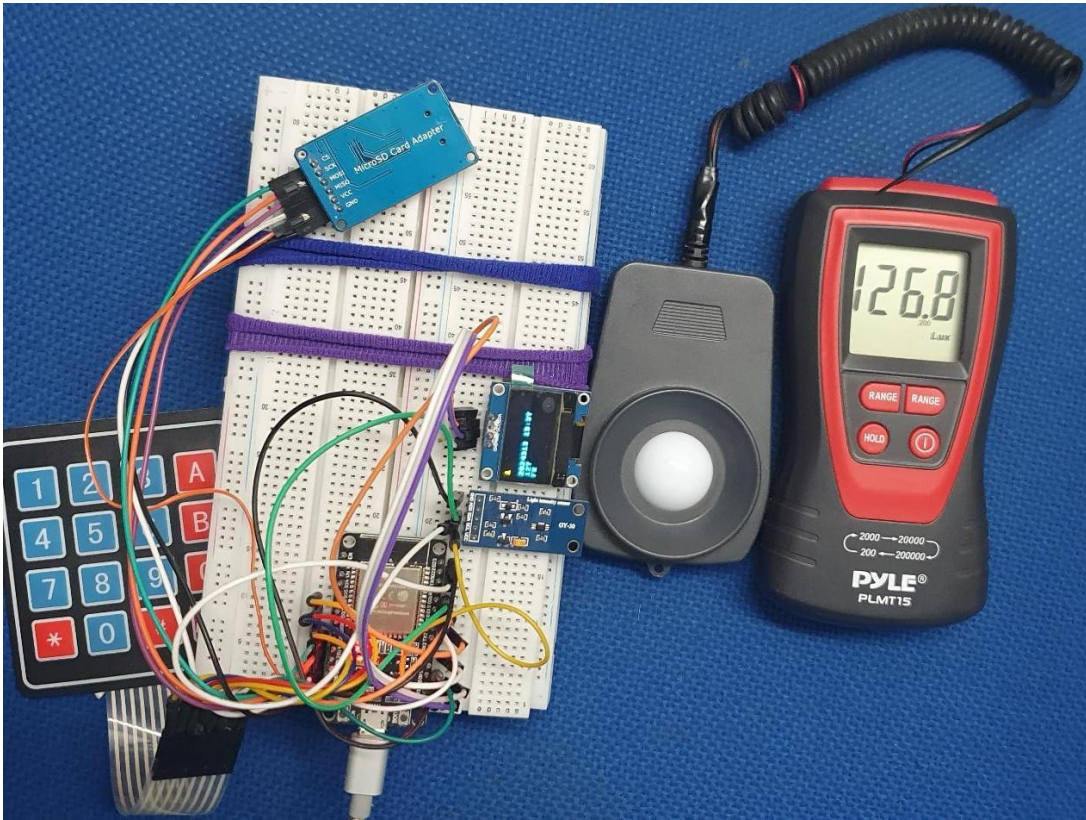


Imagen 6 .- Prueba 3 PMLLA vs PLMT15

Conclusión

El desarrollo del prototipo para la medición de la luz en laboratorios o aulas (PMLLA) utilizando el ESP32, el sensor de temperatura BH1750, la pantalla OLED SSD1306, el teclado matricial 4x4 y el módulo de memoria microSD Card apoyara en la medición a bajo costo en la medición de la luminosidad. Este prototipo ofrece una solución para medir la luz en entornos de laboratorio y salones de manera sencilla. El sensor de temperatura BH1750 nos proporciona mediciones de la intensidad de la luz. La pantalla OLED SSD1306 nos permite visualizar los resultados de manera clara y legible para la visualización de los datos obtenidos. El teclado matricial 4x4 ofrece una forma sencilla de interactuar con el prototipo. El módulo de memoria microSD nos brinda la capacidad de almacenar datos, lo que resulta especialmente útil para su posterior tratamiento.

En resumen, el prototipo para la medición de la luz en laboratorios y salones (PMLLA) utilizando el ESP32, el sensor de temperatura BH1750, la pantalla OLED SSD1306, el teclado matricial 4x4 y el módulo de memoria microSD es una herramienta que apoyara en la medición de la luminosidad.

En base a las dos últimas pruebas donde se procuró no tener ningún tipo de sombra que pudiera distorsionar la medición, que las medidas del PMLLA y del PLMT15 tiene poca variante, lo cual no afectaría en un caso de estudio usando PMLLA.

Trabajos futuros

Una vez desarrollado el prototipo faltaría afinarlo, por ejemplo perfeccionar la programación para que se obtenga la información de manera cíclica, ya que actualmente solo tiene una medición a la vez, configurar para que la información grabada tenga el formato para que sea trasladada a otra aplicación, por ejemplo una hoja de cálculo para realizar corridas estadísticas, una vez obtenida la información configurar un algoritmo para ver el estado de la luminosidad en laboratorios y aulas.

Otro desarrollo a futuro aplicando el prototipo sería el crear un prototipo de aula inteligente, donde de acuerdo a la variación de luz, la luminosidad se adapte automáticamente para que sea adecuada a los parámetros recomendados.

Bibliografía

- [1] D. T. Paul Stone Macheso, «ESP32 Based Electric Energy Consumption Meter,» *International Journal of Computer Communication and Informatics*, pp. 23-56, 2022.
- [2] E. A. Montoya Quiroga, «Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de,» *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, pp. 39-55, 2017.
- [3] M. T. I. Lawrence O. Aghenta, «Design and implementation of a low-cost, open source IoT-based SCADA,» *Electronic and Electrical Engineering*, pp. 57-86, 2019.
- [4] M. Y. Rafika Rizky Ramadhani, «Smart Room Lighting System for Energy Efficiency,» *International Journal of Artificial Intelligence & Robotics* (, pp. 48-58, 2022.
- [5] C. G. J. F. e. al, «Noninvasive Prototype for Type 2 Diabetes Detection,» *Hindawi*, vol. 2021, p. 12, 2021.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.