

Desarrollo de una aplicación móvil tipo luxómetro considerando los niveles mínimos de iluminación establecidos en la Norma Oficial Mexicana 025 STPS 2008

Development of a mobile application luxometer-type considering the minimum lighting levels established in the Official Mexican Standard 025 STPS 2008

José Ignacio Aguilar Carrasco*

Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución (TecNM),
Baja California Sur, México

jose.ac@cdconstitucion.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5498-5752>

Oswaldo Moisés Cuevas Torres

Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución (TecNM),
Baja California Sur, México

183110248@cdconstitucion.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0007-7672-6560>

Isaac Felipe García López

Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución (TecNM),
Baja California Sur, México

isaac.gl@cdconstitucion.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0004-8387-2791>



Licencia
Creative
Commons

Attribution 4.0 International License
(CC BY 4.0)

*Autor de correspondencia

Sección: Artículo de investigación

Fecha de recepción: 25/01/2023 | Fecha de aceptación: 10/03/2023

Referencia del artículo en estilo APA 7ª. edición:

Aguilar Carrasco, J. I., Cuevas Torres, O. M., & García López, I. F. (2023). Desarrollo de una aplicación móvil tipo luxómetro considerando los niveles mínimos de iluminación establecidos en la Norma Oficial Mexicana 025 STPS 2008.

Transdigital, 4(7), 1–23. <https://doi.org/10.56162/transdigital183>

Resumen

México cuenta con la Norma Oficial Mexicana 025 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social del año 2008, cuyo objetivo es establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo y con ello proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores. En este sentido, la iluminación se puede medir con un instrumento llamado luxómetro, pero en ocasiones no se dispone de uno de manera regular en los centros de trabajo. En esta investigación se desarrolló una aplicación móvil para dispositivos Android que permite tomar mediciones de iluminación, como lo hace un luxómetro. Además, los resultados que ofrece esta aplicación indican si el nivel es adecuado según lo establecido en la mencionada norma. Se empleó la metodología de desarrollo Kanban y el entorno de desarrollo integrado (IDE) *Android Studio* con lenguajes de programación *Java*, *Python (TensorFlow)* y *PHP*. Para asegurar la calidad de los resultados se tomó una muestra de lecturas ($n=21$) obtenidas con la aplicación y de forma similar con un luxómetro comercial. Posteriormente, se comprobó su normalidad a través de la prueba Ryan-Joyner y se realizó una prueba t para muestras independientes ($\alpha=0.05$). Los resultados confirmaron la normalidad de los datos y el *no rechazo* de la hipótesis de igualdad de medias en la prueba t de muestras independientes. Por lo tanto, los resultados de la muestra obtenida con la aplicación no tienen diferencia media significativa con los obtenidos de la muestra del luxómetro comercial.

Palabras clave: aplicación móvil, Android, luxómetro, Android Studio

Abstract

Mexico has the Official Mexican Standard 025 of the Ministry of Labor and Social Welfare of 2008, whose aim is to establish the lighting requirements in work centers and provide a safe and healthy environment for workers to perform their tasks. Lighting can be measured with an instrument called a luxmeter, but these are not always available in the workplace. This research developed a mobile application for Android devices that allows lighting measurements to be taken, like a commercial luxmeter. The results of the application also indicate whether the level is adequate as established in the standard. The Kanban development methodology and the *Android Studio* integrated development environment (IDE) with *Java*, *Python (TensorFlow)* and *PHP* programming languages were used. To ensure the quality of the results, a sample of readings ($n=21$) obtained with the application and a commercial luxmeter was taken. Subsequently, its normality was verified through the Ryan-Joyner test and a t-test for independent samples ($\alpha=0.05$) was performed. The results confirmed the normality of the data and the *non-rejection* of the hypothesis of equality of means in the t-test of independent samples. Therefore, the results of the sample obtained with the application did not have a significant mean difference with those obtained from the commercial luxmeter sample.

Keywords: mobile application, Android, luxmeter, Android Studio

1. Introducción

Desde sus inicios, el ser humano tuvo la necesidad de comunicarse entre sus semejantes. Muestra de ello se puede encontrar en las pinturas rupestres alrededor del mundo, cuyo propósito era transmitir información de forma gráfica y permanente. Los medios de comunicación evolucionaron hasta la aparición del teléfono, en 1876, cuando A. G. Bell lo convirtió, de una especulación teórica a un aparato comercial (Calvo, 1998) que sirvió como medio de comunicación entre personas empleando tecnología alámbrica.

El constante desarrollo de nuevas tecnologías originó una transformación en la telefonía. En el siglo XIX, R. Hertz descubrió que la información podría ser transmitida por ondas de radio y, en consecuencia, a través de largas distancias sin la necesidad de una conexión alámbrica que conectara los dispositivos de comunicación. Posteriormente, en la década de los cuarenta se desarrolló un sistema de radio móvil. Y el concepto básico de telefonía celular surgió en 1947, gracias a los investigadores de los laboratorios Bell (Rodríguez et al., 2005). En abril de 1973 apareció el primer teléfono celular, cuyas características se asemejaba a los actuales. Esta invención se le acreditó a Martin Cooper, investigador de Motorola. Su invención, el *DynaTac*, medía tres pulgadas de largo, cinco de ancho y un espesor de 1.75 pulgadas; ofrecía 35 minutos para hablar y su tiempo de recarga era de 10 horas (Ruelas, 2010); carecía de comunicación vía escrita y no contaba con una pantalla, por lo que sólo ofrecía la opción de realizar llamadas a teléfonos fijos o similares.

Durante la década de los noventa inició la transición hacia la tecnología digital, donde el uso de la telefonía celular se expandió a nivel mundial. Cada vez más, estos dispositivos estuvieron al alcance de cualquier usuario, se incorporaron nuevas funciones, siendo los mensajes de texto el cambio más significativo. A partir del uso de la tecnología 3G convergen en los teléfonos celulares los servicios de voz, datos con acceso a internet inalámbrico, aplicaciones multimedia y nuevas funciones. Se logró así una eficiencia espectral en la primera década del año dos mil (Naranjo et al., 2016).

Posteriormente, en el 2007, surgió el *iPhone*. Sus características físicas y tecnológicas revolucionaron el mercado de la telefonía celular, surgiendo un nuevo concepto: el teléfono móvil inteligente (*smartphone*), que Polanco y Taibo (2011) definen como un dispositivo electrónico de pequeñas dimensiones que cumple con las funciones similares a las de una computadora personal. Su evolución no se limitó a la transferencia de voz, sino que también implicó un gran número de funciones como reproducir material multimedia, navegar por internet, orientación GPS, utilización de redes sociales, cámara fotográfica, etc. Con el paso de los años se incorporaron nuevas funciones multimedia y una mejor conectividad a internet de manera inalámbrica, abriendo nuevas oportunidades para el desarrollo de software libre que puede encontrarse en estos dispositivos.

Dentro del campo de los teléfonos inteligentes surgieron diversos tipos de sistemas operativos, siendo los más comerciales Android e iOS. El primero se considera el de mayor alcance entre los mexicanos ya que en la

actualidad el precio promedio de los dispositivos que cuentan con este sistema es de \$3,716; los dispositivos con el sistema operativo iOS es de \$7,212 (Ciuró et al., 2020). El sistema operativo Android surgió oficialmente en el mercado de los teléfonos móviles en 2008, cuando la compañía HTC fabricó el primer dispositivo móvil inteligente que incorporó la primera versión del sistema operativo Android. Para muchos, el principal atractivo fue su capacidad de personalización, ya que el usuario prácticamente podía moldearlo a su gusto (Herraiz, 2012), personalizando las aplicaciones, cambiando el orden como aparecían, eliminando cualquiera que no consideraba necesaria y agregando nuevas que surgían en el mercado. En este sentido, Android ofreció nuevas posibilidades de programación para desarrolladores, brindando herramientas para el desarrollo de software móvil similar a un programa de computadora personal al alcance del bolsillo.

Las aplicaciones Android generalmente están escritas en lenguaje de programación *Java*. Una vez instaladas en el dispositivo, el sistema operativo las aloja aislando sus procesos. De esta manera se pueden ejecutar aplicaciones de forma independiente, por lo que cada aplicación Android solo tiene acceso a los componentes que necesita para su trabajo. Además, el usuario puede revocar los permisos que la aplicación solicita inicialmente (Robledo, 2016). Por lo tanto, se les considera aplicaciones seguras. Las funcionalidades que ofrecen las aplicaciones son tan diversas que día con día su uso se incrementa al mismo ritmo que evoluciona la tecnología en telefonía celular, gracias a la incorporación de nuevas funciones, convirtiendo al *smartphone* en una herramienta versátil multifuncional.

Actualmente, la mayoría de las personas utilizan un *smartphone* para realizar múltiples tareas empleando aplicaciones que van desde actividades laborales hasta pasatiempos sociales y, gracias a la amplia variedad de modelos que existen en el mercado, prácticamente cada persona cuenta con uno. Esto lo convierte en una herramienta que puede solucionar diversos problemas en diferentes situaciones. En México, en 2020, se estimó que el 91.8% de los usuarios de telefonía celular tiene un equipo tipo *smartphone* (INEGI, 2021). Por lo tanto, la mayoría de la población mexicana tiene acceso a múltiples aplicaciones que funcionan como herramientas digitales y se encuentran disponibles en cualquier momento.

En la actualidad existe mucha variedad de aplicaciones móviles relacionadas al ámbito laboral que incluyen diversos propósitos, como la búsqueda de empleo, la administración de proyectos, la calendarización de actividades, la administración de recursos, la organización de la seguridad ocupacional, el uso de herramientas de medición, etc. En el contexto de la seguridad ocupacional, las aplicaciones móviles que se pueden encontrar en *Google Play Store* están relacionadas al uso adecuado de equipo de protección personal y a las buenas prácticas para mantener un entorno laboral seguro. Este tipo de aplicaciones integran un gran número de herramientas que pueden fomentar la seguridad en el centro de trabajo, así como la medición de las condiciones físicas ambientales que pueden perjudicar la salud y seguridad en el trabajo. Por ejemplo, se pueden descargar aplicaciones que miden niveles de iluminación y niveles de ruido en cualquier lugar, gracias a las múltiples funciones que integran el teléfono inteligente.

La importancia de considerar el uso de aplicaciones para mantener un entorno organizacional seguro y saludable radica en la reducción de consecuencias negativas en la salud del personal mediante el cumplimiento de las regulaciones relacionadas a los riesgos laborales en salud ocupacional (Guillén, 2006). La seguridad industrial o seguridad en el trabajo se define como aquellas normas y procedimientos que sirven para crear un ambiente seguro de trabajo a fin de evitar pérdidas personales o materiales (Kayser, 2007). Por ello, su implementación debe considerar los lineamientos internos de cada centro de trabajo, así como la normativa aplicable en cada país. En este sentido, el uso de aplicaciones móviles puede apoyar a las organizaciones en múltiples actividades involucradas en este contexto.

En México existen diversas normativas obligatorias en relación a la salud y seguridad ocupacional, siendo las normas oficiales mexicanas las primeras que se tienen que considerar en cualquier organización. Un ejemplo es la Norma Oficial Mexicana 025 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social 2008 (NOM-025-STPS-2008) *Condiciones de iluminación en los centros de trabajo*, cuyo objetivo está relacionado con mantener los niveles mínimos de iluminación adecuados en un centro de trabajo, ya que las consecuencias negativas de una deficiente iluminación se relacionan con bajo rendimiento laboral, incremento de errores por falta de visión, cambios en el estado de ánimo, tensión y fatiga muscular (Cabeza y Cabeza, 2010). Esta norma hace énfasis en medir los niveles de iluminación para comprobar su cumplimiento. Por lo tanto, los centros de trabajo deben de realizar esta actividad empleando instrumentos de medición adecuados, siendo el luxómetro el indicado, gracias a su capacidad de medir la incidencia de la iluminación en cualquier zona donde se requiera.

En esta investigación se describe el desarrollo y puesta en marcha de la aplicación móvil Luxómetro 025 para *smartphone* Android, cuya función principal es medir los niveles de iluminación en distintas áreas. Este propósito no presenta ninguna novedad, ya que existen aplicaciones que cumplen con esta misma función. Sin embargo, se distingue del resto porque en su interfaz se indica cuáles son los niveles de iluminación mínimos requeridos por la NOM-025-STPS-2018. Esta característica puede ser de mucha ayuda para que cualquier persona que cuente con un dispositivo móvil Android, realice mediciones de niveles de iluminación en centros de trabajo, obteniendo así un diagnóstico que pueda apoyar a la toma de decisiones para mejorar los niveles mínimos de iluminación que marca la norma.

2. Método de investigación

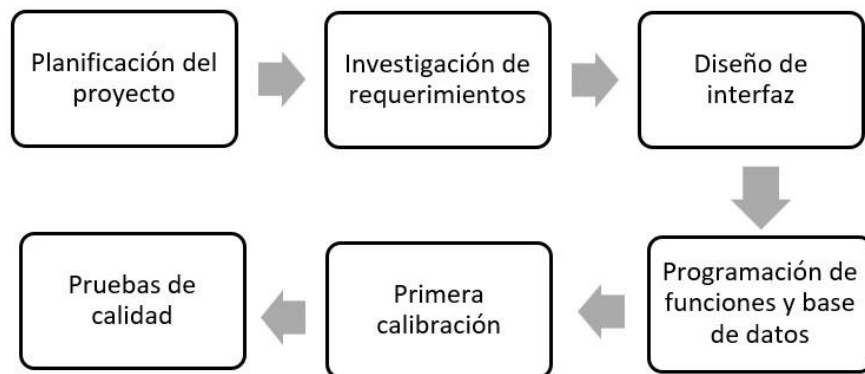
El objetivo de la investigación fue desarrollar un software móvil para medir los niveles de iluminación en interiores. Posteriormente, para comprobar la calidad de sus resultados, las mediciones obtenidas se contrastaron con las de un luxómetro comercial empleando una prueba t para muestras independientes. Por lo tanto, se trata de un proceso de investigación cuantitativo no experimental que requiere de la formulación de la hipótesis: no existe diferencia media significativa entre los valores obtenidos de la aplicación y el luxómetro comercial. En caso de aceptarse la hipótesis, los investigadores pueden tomar la decisión de continuar con la distribución de la aplicación en

plataformas digitales; de lo contrario, serán necesarias nuevas pruebas de calidad hasta lograr un emparejamiento similar entre los resultados de ambos dispositivos.

Una parte fundamental y necesaria en el desarrollo de la aplicación es el método, el cual se recomienda sea ágil, ya que así se evitan o reducen los cuellos de botella, disminuye el tiempo de iteraciones en las actividades y se mejora la calidad de desarrollo de los procesos. Un método que cumple con lo anterior es Kanban. Este método se puede desarrollar de manera manual o automatizada con el apoyo de herramientas como *Bitrix24* o *KanbanFlow*, entre otras. A continuación, en la Figura 1, se muestra el proceso de implementación de la metodología utilizada para el desarrollo de la aplicación móvil.

Figura 1

Diagrama Kanban para el desarrollo del proyecto



Para el desarrollo de la metodología, los docentes y estudiantes involucrados utilizaron las instalaciones del laboratorio de software libre dentro del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución, ubicado en el Estado de Baja California Sur, México. Una vez obtenida la primera versión de la aplicación fue necesario realizar una calibración y, posteriormente, la puesta en marcha de las pruebas de calidad para comprobar la hipótesis anteriormente planteada. Con los resultados obtenidos, se realizó una base de datos con 21 mediciones de iluminación realizadas de manera aleatoria con un luxómetro comercial y la aplicación, respectivamente. Posteriormente, a través de software *MiniTab* se comprobó su normalidad empleando la prueba de Ryan-Joyner y la herramienta prueba t para muestras independientes con la intención de establecer si existió diferencia media significativa entre ellos con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$).

De manera adicional, y para complementar la utilidad de la aplicación, se realizó una exploración de la NOM-025-STPS-2018. Se identificaron los niveles mínimos de iluminación para diferentes áreas de trabajo. Esta información se configuró para ser mostrada al momento en que la aplicación realizara las mediciones e indicara si el resultado obtenido cumplía con lo estipulado en la mencionada norma mexicana.

2.1 Plataforma de desarrollo

Se eligió *Android Studio* como plataforma de desarrollo (Hohensee, 2014), debido a que es un entorno de desarrollo integrado orientado a aplicaciones móviles. Además, permite actualizar las versiones de la aplicación, otorgando la posibilidad de agregar nuevas funciones en caso de ser necesario. Otra ventaja adicional de esta plataforma es su usabilidad; no existe costo por exportar proyectos, tiene similitudes con diversos IDE, y permite visualizar la estructura de la aplicación conforme se desarrolla, así como la indicación de errores en la misma.

2.2 Creación de clases

Para facilitar el manejo y organización de la información, se crearon clases con sus respectivos atributos para operar las principales funciones de la aplicación (Tabla 1).

Tabla 1
Clases y sus atributos para la aplicación

Clase	Atributos
Análisis	id_analisis medidas id_area fecha_analisis
Áreas	id_area tipo_area nombre_area
Sonido	activo
Teléfono	id_telefono archivo telefono
Usuarios	id_usuarios Correo nombre password
ValoresGrafica	valor
Luxometro	tipoArea valorMaximo valorMinimo valorDividir descripción

En la Tabla 2 se muestran las clases creadas para realizar consultas, inserciones, actualizaciones y eliminaciones en la base de datos.

Tabla 2

Clases creadas para la base de datos y sus funciones

Clases para base de datos	Funciones
DbAnalysis	Insertar análisis Sincronizar datos Mostrar análisis por área Mostrar análisis sin sincronizar Mostrar los análisis a eliminar
DbAreas	Insertar áreas Sincronizar datos Mostrar áreas almacenadas Mostrar áreas sincronizadas Mostrar áreas no sincronizadas Mostrar áreas eliminadas Ver áreas
DbTelefono	Insertar teléfono para ser calibrado Mostrar teléfono
DbUsuario	Insertar nuevo usuario Mostrar usuario actual
BdHelper	Crear base de datos Borrar registros

2.3 Creación de funciones e interfaces

Se creó una interfaz de inicio de sesión donde el usuario puede acceder a su cuenta y guardar en el servidor todo el historial de las mediciones de iluminación realizadas. Aquí, el servidor recibe el formulario y comprueba que las credenciales sean correctas. Posteriormente, devuelve la información del usuario en un formato de texto tipo *JavaScript Object Notation*. Si las credenciales fueron validadas correctamente en el servidor, se verifica que exista

un usuario que haya iniciado sesión previamente; si no se encontró un usuario, se muestra un mensaje advirtiendo que si inicia sesión se perderá el historial que hizo el usuario en la aplicación, ya que se sincronizaran los datos del usuario que inicia sesión.

Se creó la interfaz de análisis de áreas donde el usuario podrá realizar mediciones y comprobar si el área cuenta con el mínimo de iluminación, según lo establecido por la norma NOM-025-STPS-2008. Para ello, se empleó el sensor óptico del dispositivo y se creó la función *sensor funcionando* con la cual primero se consulta si el *smartphone* cuenta con un sensor óptico. Si es así, se activa su uso y con la función *on sensor changed* se espera un cambio en la lectura del sensor sobre la iluminación para ejecutar el código que se encuentra en él. Esto lo hace en un ciclo infinito. Si alguna de las dos variables está en activo procede a entrar a la función *encender* o *encender promedio*.

Cuando la interfaz se prepara para realizar un nuevo análisis, se oculta cada uno de los componentes que no se necesitan y se muestran los botones para promediar o detener análisis; se activa la variable *encender* para empezar con el análisis, después se accede a tres funciones: detener, promediar y encender.

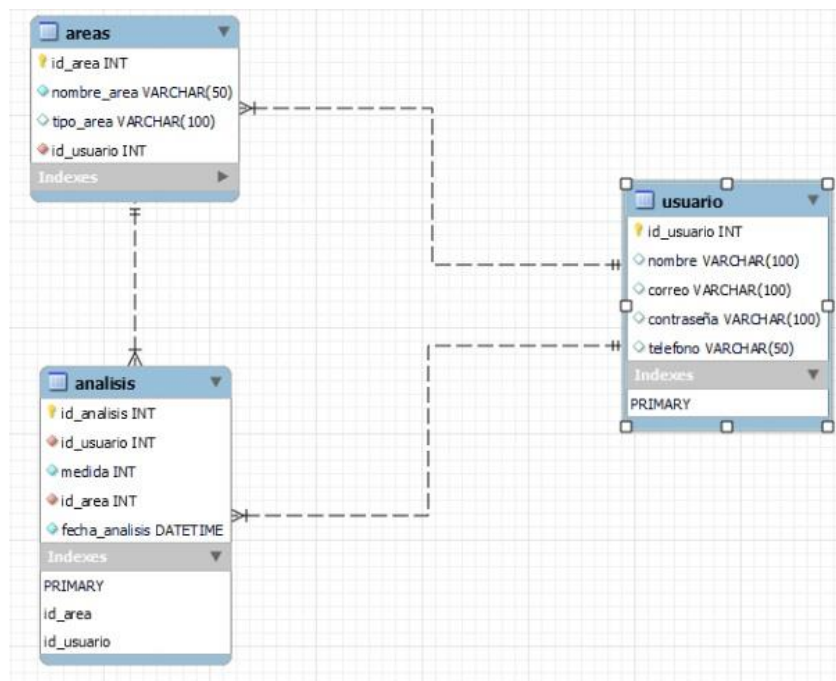
Se toma un valor registrado por el sensor de iluminación. Si el dispositivo fue calibrado, entonces actualiza el valor. La información se muestra en una barra de progreso y se envía a graficar, se comprueban los máximos y mínimos que ha leído el sensor y se verifica si los niveles de iluminación son adecuados conforme la norma. En la función *detener*, la variable *encender* se actualiza como inactiva, la cual ya no permite que se muestren las lecturas del sensor. En la función *promedio* se prepara la interfaz para iniciar con el cálculo promedio de los valores de las lecturas tomadas ocultando cada uno de los componentes que no se necesitan y actualizando los textos para empezar a imprimir nueva información. Se declara el tiempo de inicio para poder crear un periodo y la variable *encender promedio* se actualiza como activo e ingresa a la función *encender sensor promedio* a través de la función *sensor funcionando*. La función *finalizar* termina con el análisis y crea un promedio del nivel de iluminación que se registró en el periodo de tiempo.

2.4 Creación de base de datos

Para mejorar la experiencia del usuario, se creó una base de datos empleando los sistemas de administración *MySQL* y *SQLite* con la misma estructura para facilitar su sincronización (Figura 2). Esto, con el objetivo de almacenar un historial sobre las mediciones de iluminación realizadas por el usuario en diversas áreas y disponer de ellas cuando lo consideré necesario.

Figura 2

Diagrama de estructura de base de datos



Cuando el usuario ingresa a la interfaz principal o realiza una actualización en la base de datos como un nuevo registro o eliminación de área o análisis, se realiza una sincronización con el servidor. Se reciben las áreas y análisis registrados en la aplicación, se sincronizan con la base de datos de *MySQL* y se envían de regreso a la aplicación con su nueva identificación en un formato de texto tipo *JSON*. Posteriormente, se recibe una respuesta del servidor y se registran todas las áreas y análisis nuevas.

2.5 Calibración y pruebas

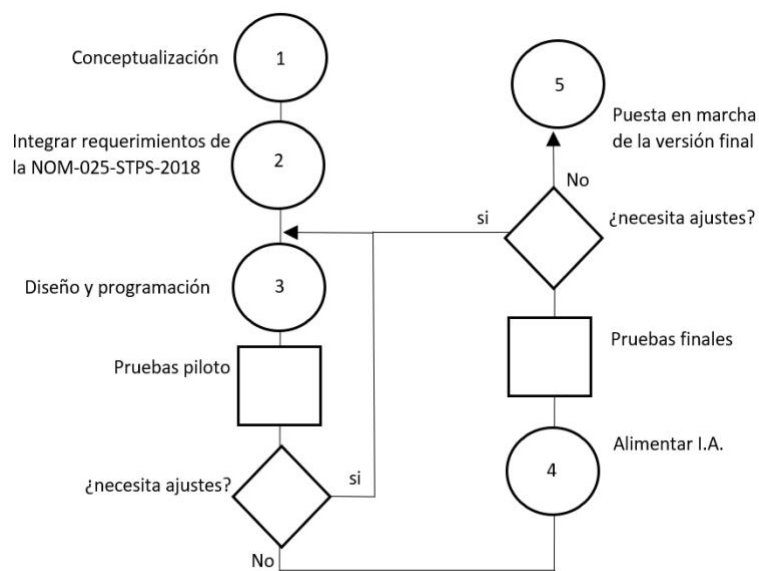
Se realizó una primera calibración de la aplicación empleando el dispositivo móvil donde se desarrolló y se tomó como referencia un luxómetro comercial. Con las librerías *TensorFlow*, *NumPy* y *Sklearn*, se creó un modelo de inteligencia artificial en el cual se introdujo un arreglo de valores obtenidos en las mediciones realizadas con el dispositivo y otro arreglo de valores obtenido del luxómetro comercial. Esto ayudó al ajuste los valores del sensor del dispositivo. Una vez ajustados los valores se procedió a realizar una prueba final de calidad considerando 21 mediciones realizadas al interior de aulas seleccionadas al azar dentro del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución, Baja California Sur, México.

Durante este procedimiento se ubicaron ambos dispositivos de manera simultánea, uno al lado del otro y a la misma distancia de la luminaria para eliminar factores que pudieran afectar el resultado de la lectura. Con los dos conjuntos de datos obtenidos se determinó su normalidad a través de la prueba Ryan-Joyner. Posteriormente, se realizó una prueba t para muestras independientes para comprobar si existía diferencia media significativa entre ambos grupos. Estos análisis estadísticos se llevaron a cabo empleando software *Minitab*.

Por último, los resultados de las diferentes mediciones realizadas alimentaron la inteligencia artificial de la aplicación una vez que se demostró la normalidad de los datos y la comprobación de la hipótesis de igualdad de medias en la prueba t para muestras independientes. En general, el proceso de desarrollo de la aplicación se puede resumir en la Figura 3.

Figura 3

Diagrama de flujo para el desarrollo de la aplicación Luxómetro 025



3. Resultados

El diseño de las pantallas de inicio de sesión y registro de nuevo usuario se muestran en la Figura 4. En ellas se solicita el nombre, correo electrónico, generación de una contraseña y aceptación de los términos y condiciones de uso de la aplicación.

Figura 4

Pantallas de inicio para registrar usuario

The figure displays two side-by-side screenshots of the LUXÓMETRO mobile application interface. Both screens have a dark blue background with the LUXÓMETRO logo (an orange bracket icon) at the top left. The left screenshot is the login screen, featuring two white input fields labeled 'Correo electrónico' and 'Contraseña', a link that says '¿No tienes cuenta? Registrarse' in orange, and an orange 'ENTRAR' button at the bottom. The right screenshot is the registration screen, featuring four white input fields labeled 'Nombre', 'Correo electrónico', 'Contraseña', and 'Confirmar contraseña', a checkbox labeled 'Acepto Términos y condiciones' in orange, and an orange 'REGISTRAR' button at the bottom.

Nota. Se muestran los requerimientos para registro y posterior inicio de sesión.

Considerando que, además de medir y mostrar de manera cuantitativa el nivel de iluminación obtenido, la aplicación indica si este cumple o no con el nivel mínimo, según el área donde se toma la medición. Esto, considerando los parámetros de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo establecidos por la NOM-025-STPS-2008 (Tabla 3).

Tabla 3

Niveles mínimos de iluminación establecidos por la NOM-025-STPS-2008

Tarea visual del puesto de trabajo	Area de trabajo	Niveles mínimos de iluminación (lux)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales exteriores: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500

Tabla 3

Niveles mínimos de iluminación establecidos por la NOM-025-STPS-2008

Tarea visual del puesto de trabajo	Area de trabajo	Niveles mínimos de iluminación (lux)
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos.	Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino.	1000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Áreas de proceso de gran exactitud.	2000

Nota. Tabla obtenida de la NOM-STPS-025-2008.

En este sentido, en el menú de opciones se muestra el tipo de área que se desea medir como interiores o exteriores, la opción luxómetro y el área donde se registraron resultados de mediciones hechas con anterioridad (Figura 5).

Figura 5

Pantalla de opciones para iniciar actividades de medición



Nota. Se muestran las opciones que Usuario puede seleccionar.

Si el usuario selecciona la opción *Luxómetro*, el código asigna el nombre del área que tendrá la interfaz *análisis de áreas*, pero sin ningún parámetro de máximos y mínimos ya que no desea analizar un área correspondiente a las establecidas en la NOM 025 y se desea usar solamente el Luxómetro empleando el sensor óptico del dispositivo.

Con la librería de *Hellocharts* se creó una gráfica con el número mínimo de luxes obtenidos y se crean dos líneas adicionales. Una de ellas de color verde, que representa el nivel mínimo de iluminación; otra color naranja, que representa el valor que está leyendo el sensor en el momento (Figura 6). Además de mostrar numéricamente esta misma cantidad, teniendo la opción de almacenar el resultado en la base de datos.

Figura 6

Pantalla de resultados del proceso de medición



Nota. Se muestran las graficas obtenidas del proceso de medición.

En el menú principal (Figura 5) se muestran las opciones de interiores y exteriores. Si el usuario selecciona cualquiera de ellas, se mostrará la interfaz de análisis de áreas y se ajusta el nombre del tipo de área y su valor mínimo de iluminación según la norma. Cada vez que esta hace un análisis, la función *maxAndMin* muestra los valores máximos y mínimos, hace una lectura sobre todos los valores obtenidos que se muestran en la gráfica, y hace una comparación para saber cuáles son los valores máximos y mínimos. Además, se agregan a la gráfica para calcular el promedio e indica si el nivel de iluminación es adecuado, según lo establecido por los criterios de la Tabla 3 de la mencionada Norma Oficial Mexicana, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

Pantalla de resultados donde se indican máximos y mínimos obtenidos de los resultados del proceso de medición



Nota. Se muestra el mensaje de forma cualitativa para expresar el cumplimiento de nivel de iluminación.

La interfaz de áreas de trabajo muestra una lista de las diferentes áreas de trabajo donde el usuario registró y almacenó mediciones. Además, puede acceder a cada una de ellas, registrarlas y eliminarlas, en caso de ser necesario. Asimismo, se incluye un historial de áreas almacenadas la cual cuenta con tres vistas, cuyo propósito es ver el comportamiento de los niveles registrados en forma gráfica (Figura 8).

Figura 8

Pantalla de resultados de la gráfica obtenida de las mediciones realizadas



Nota. Se muestran de forma grafica las mediciones realizadas en determinado horizonte de tiempo.

Para almacenar un documento en el dispositivo, se deben comprobar los permisos con los que cuenta la aplicación. Una vez comprobados los permisos, se procede a acceder a la función *crear carpeta*. Posteriormente, se guarda la información del historial de análisis del área en una hoja de cálculo de Excel (Figura 9).

Figura 9

Pantalla con cuadro de diálogo mostrado después de almacenar los resultados obtenidos del proceso de medición



Nota. Se muestran el cuadro de aviso cuando se guarda un registro.

Para las pruebas de calidad se obtuvieron dos conjuntos de datos de mismo tamaño ($n=21$). Con ellos se realizó la prueba de normalidad de Ryan-Joyner. Los resultados mostraron para el conjunto de datos obtenidos con el luxómetro comercial un $p\text{-value}=0.1$ y para el conjunto de datos obtenidos con la aplicación un $p\text{-value}=0.1$. Por lo tanto, ambos casos al ser mayores al valor de la significancia previamente establecido ($\alpha=0.05$), cumplen con la aceptación de la hipótesis nula. Es decir, ambos conjuntos de datos tienden a una distribución normal (Figuras 9 y 10).

Figura 9

Resultados de la prueba de normalidad Ryan-Joyner para los resultados obtenidos del luxómetro comercial

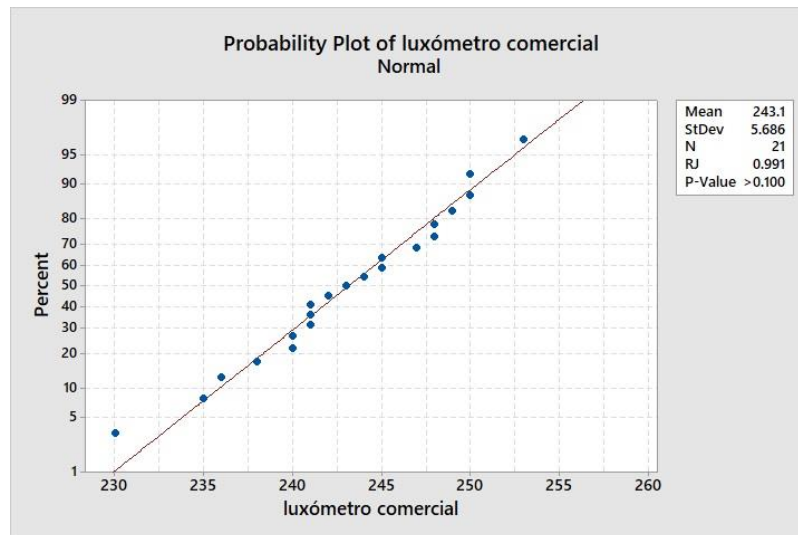
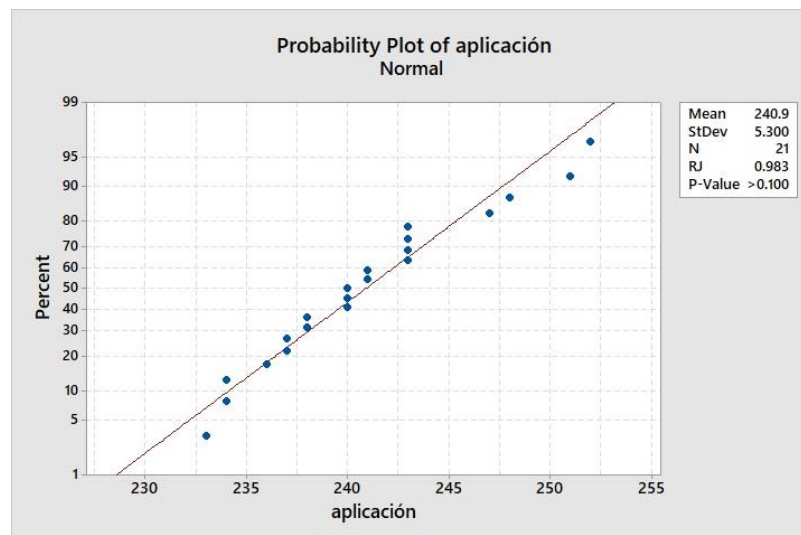


Figura 10

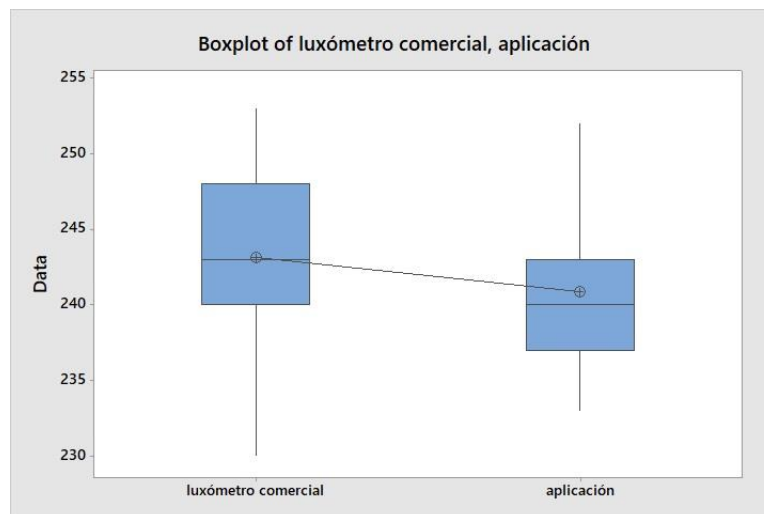
Resultados de la prueba de normalidad Ryan-Joyner para los resultados obtenidos de la aplicación



Una vez comprobada la normalidad de los datos, se realizó la prueba t para muestras independientes con el objetivo de asegurar la calidad de las mediciones. El resultado obtenido a través del software *Minitab* mostró un $p\text{-value}=0.195$. Por lo tanto, con una significancia preestablecida ($\alpha=0.05$) no se rechaza la hipótesis nula o hipótesis de igualdad de medias, lo que indica que no existen diferencias medias significativas entre las mediciones realizadas entre ambos dispositivos al ser mayor el $p\text{-value}$ que la significancia. En la Figura 11 se muestra el gráfico de cajas entre ambos conjuntos de datos.

Figura 11

Gráfico de cajas para puntuaciones entre el luxómetro comercial y la aplicación



4. Conclusiones

Las pruebas de calidad arrojaron resultados positivos al demostrar una nula diferencia media significativa entre las mediciones consideradas en los dispositivos involucrados. Sin embargo, para fortalecer el potencial de la aplicación se recomienda aumentar la cantidad de muestras y realizar nuevas pruebas con diferentes dispositivos comerciales para evitar diferencias entre la variedad de dispositivos en los cuales la aplicación se puede utilizar. Además, el resultado obtenido durante el proceso de medición hecho por la aplicación demuestra exitosamente si el nivel en la lectura se apega a los mínimos establecidos en la NOM-025-STPS-2018. Esto es útil para el encargado de la seguridad industrial en el centro de trabajo, ya que puede realizar los cambios pertinentes en las luminarias antes de realizar las pruebas de verificación por la entidad competente.

La aplicación desarrollada queda a disposición para futuras actualizaciones y calibraciones hasta alcanzar mayor eficiencia en los resultados. Es importante mencionar que la versión creada en la presente investigación es susceptible de mejoras. Sin embargo, puede ser útil para realizar mediciones de iluminación para actividades académicas universitarias y diagnósticas en cualquier área de trabajo.

Se demostró que el lenguaje de programación *Android Studio* y la creación de base de datos a través de *MySQL* pueden ser una combinación exitosa para realizar registros y almacenarlos de manera segura, estando siempre disponible para su consulta en cualquier momento que el usuario lo requiera.

El desarrollo tecnológico es parte fundamental para la correcta integración de las herramientas que pueden ayudar a mantener un entorno físico adecuado en los centros de trabajo. Para ello, los expertos en preservar la salud industrial deben apegarse a la normativa oficial vigente. En el caso de México, las normas oficiales mexicanas constituyen los lineamientos de las condiciones óptimas de los centros de trabajos para mantener la productividad y salud de su personal. Gracias a los avances tecnológicos en telefonía celular, es posible desarrollar software móvil que integre una variedad de funciones aprovechando las capacidades del dispositivo. El alcance de esto puede ser tan grande que, prácticamente, cualquier usuario de telefonía móvil puede hacer uso de esta tecnología y desarrollar aplicaciones que faciliten tanto actividades cotidianas como socializar y hacer compras, hasta realizar análisis minuciosos como mediciones de iluminación, vibraciones o cálculos matemáticos avanzados.

Referencias

- Cabeza, M. y Cabeza, M. (2010). Evaluación de los Riesgos por Iluminación en los Puestos de Trabajo de Oficinas PDVSA a través de un Programa de Computación. *SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427739443009>
- Calvo, A. (1998). El teléfono en España antes de Telefónica (1877-1924). *Revista de historia industrial*. 58-91.
- Ciuró, J., Jiménez, J., Moura, L. y Camargos, G. (2020). Impacto Económico y social de Android en México. *Bain & Company*. <https://www.bain.com/contentassets/a9200a057a0241b8963c05a9b09e33fe/impacto-economico-y-social-de-android-en-mexico-1.pdf>
- Guillén, M. (2006). Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional. *Revista cubana de enfermería*. 22(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192006000400008
- Herraiz, G. (2012). Android. *Historia de la informática. Universidad Politécnica de Valencia*. <https://histinf.blogs.upv.es/files/2012/12/ANDROID-Gabriel-Herraiz-Ant%C3%B3n.pdf>
- Hohensee, B. (2014). *Introducción a Android Studio. Incluye proyectos reales y el código fuente*. Babelcube Inc.
- INEGI. 2021. Comunicado de prensa No. 352/21. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/OtrTemEcon/ENDUTIH_2020.pdf
- Kayser, B. (2007). Higiene y seguridad industrial. Atlantic Internacional University. <https://www.aiu.edu/spanish/publications/student/spanish/180-207/PDF/Higiene-y-seguridad-Industrial.pdf>
- Naranjo, D., Buenaño, D. C. y Mejía, I. T. (2016). Evolución de la tecnología móvil. Camino a 5G. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*. <http://www.eumed.net/rev/cccss/2016/04/5G.html>
- NOM-025-STPS-2008, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Ciudad de México, DOF, 31 de Diciembre de 2008, citado el 06-01-2023. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5076393&fecha=30/12/2008
- Polanco, K., & Taibo, J. L. (2011). Android el sistema operativo de Google para dispositivos móviles. *Negotium*, 7(19). <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP18117.pdf&area=E>
- Rodríguez, O., Hernández, R., Torno, L., García, L. y Rodríguez, R. (2005). Telefonía móvil celular: origen, evolución, perspectivas. *Ciencias Holguín*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181517913002>
- Ruelas, A. (2010). El teléfono celular y las aproximaciones para su estudio. *Nueva época*, 14. <http://www.scielo.org.mx/pdf/comso/n14/n14a6.pdf>
-
- Aguilar Carrasco, J. I., Cuevas Torres, O. M., & García López, I. F. (2023). Desarrollo de una aplicación móvil tipo luxómetro considerando los niveles mínimos de iluminación establecidos en la Norma Oficial Mexicana 025 STPS 2008. *Transdigital*, 4(7), 1–23. <https://doi.org/10.56162/transdigital183>