

Software para el Espectrofotómetro MiniScan XE Plus usado en el Diagnóstico de Patologías Dermatológicas en Pacientes

Gabriel Núñez*,[¶], Harold Vasquez*, Patricia Guerrero*, Aarón Muñoz^{†,‡}, Freddy Narea^{†,‡}, y Sandra Vivas^{†,§}

*Departamento de Computación, FACYT, Universidad de Carabobo – Edo. Carabobo, Venezuela

[†]Departamento de Física, FACYT, Universidad de Carabobo – Edo. Carabobo, Venezuela

[‡]Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo – Edo. Carabobo, Venezuela

[§]Servicio de Dermatología Ciudad Hospitalaria Dr. Enrique Tejera, Postgrado de Dermatología, Universidad de Carabobo – Edo. Carabobo, Venezuela

[¶]Email: gabriel.nzn@gmail.com

Resumen—El espectrofotómetro de reflexión difusa, denominado MiniScan XE Plus, es un instrumento de medición utilizado por el Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo (CIMBUC), que ayuda a los médicos dermatólogos a establecer diagnósticos sobre patologías en la piel de pacientes, de manera precisa y sin necesidad de realizar biopsias. No obstante, el software comercial disponible para la utilización de tal instrumento es poco amigable, difícil de utilizar, e imposible de modificar y extender. Se desarrolló un software amigable, modificable y extensible, y se realizaron pruebas que determinaron que dicho software se ajusta a las necesidades de los dermatólogos, garantizando un mejor aprovechamiento del instrumento en cuestión.

I. INTRODUCCIÓN

Durante el diagnóstico de enfermedades en la piel, la observación cuidadosa y la evaluación visual del área afectada es siempre el primer paso, y el más importante. La observación visual suele ser subjetiva, por otro lado las técnicas ópticas son a menudo objetivas [1].

La Espectroscopía de Reflectancia Difusa (ERD) es una técnica óptica con la cual es posible estudiar las propiedades bioquímicas y las condiciones estructurales de un tejido biológico, analizando la interacción luz-tejido de una manera no invasiva [2]. Los instrumentos que emplean técnicas como la ERD son de gran ayuda para los dermatólogos, razón por la cual tales instrumentos han tomado suma importancia en el área de la medicina dermatológica.

En este sentido, el Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo (CIMBUC) dispone de un espectrofotómetro de reflexión difusa, denominado MiniScan XE Plus y creado por la empresa HunterLab [3]. El CIMBUC hace uso de este instrumento a través del único software disponible para su utilización, designado HunterLab Universal Software (HLUS) [4].

El HLUS es un software comercial y privativo que fue discontinuado en el año 2008, el cual solo puede ejecutarse en sistemas operativos Windows que ya son obsoletos. Su interfaz gráfica de usuario está en inglés y posee más funciones de las necesarias para manejar el instrumento en estudio, lo que lo hace poco amigable y difícil de entender por los dermatólogos.

También debido a que los resultados generados por dicho software no poseen el formato con el que ellos trabajan, es necesaria la exportación manual de los mismos. Todo esto genera la necesidad de asistencia técnica especializada para su debida utilización, ralentiza las consultas con los pacientes y disminuye el potencial del instrumento en estudio.

Ahora bien, los productos de software tienen cierto número de atributos asociados que reflejan su calidad, los cuales se resumen en mantenibilidad, confiabilidad, eficiencia y usabilidad [5]. Debido a que el HLUS es privativo, su código fuente no está disponible, de manera que este software no puede ser modificado ni adaptado a necesidades específicas, y por lo tanto, no posee el primer atributo esencial para un software de calidad: la mantenibilidad. Por la misma razón, no se puede determinar con certidumbre el segundo atributo: la confiabilidad (madurez del software, nivel de seguridad y tolerancia a fallas). Por último, la usabilidad de este software es baja, ya que la interfaz gráfica de usuario es poco amigable.

Motivado por lo anterior, se desarrolló un software amigable, modificable y extensible, con las funciones que necesitan los dermatólogos para manejar el MiniScan XE Plus, realizar análisis y establecer diagnósticos de patologías en pacientes, empleando el formato con el que trabajan, y siguiendo los lineamientos de ingeniería del software pertinentes.

Por último, se espera fomentar la utilización del MiniScan XE Plus, reducir el tiempo de las consultas con los pacientes, aportar un software sobre el que se puedan desarrollar nuevas investigaciones que conlleven a análisis más complejos, y finalmente, realizar diagnósticos más completos y diversos sobre patologías dermatológicas presentes en pacientes.

El presente artículo está organizado en cuatro secciones después de la introducción (sección I). En la sección II se explican conceptos que sustentan el desarrollo de las funciones que debe ofrecer el nuevo software. En la sección III se describen las metodologías que se utilizaron para llevar a cabo la investigación y el desarrollo del software. En la sección IV se detallan los recursos y las tecnologías utilizadas para el desarrollo del nuevo software. Finalmente, en la sección V se exponen los resultados obtenidos y las conclusiones.

II. ANTECEDENTES

II-A. Antecedentes de la investigación

1) *Índice de eritema*: es utilizado para determinar el nivel inflamatorio de la epidermis de un paciente. La fórmula 1 definida para calcular este índice [6] fue implementada en el nuevo software.

$$E = 100 \cdot [\log(1/R_{verde}) - \log(1/R_{roja})] \quad (1)$$

En donde R_{verde} y R_{roja} son el promedio ponderado de las reflectancias del color verde y rojo, respectivamente.

2) *Coefficiente de absorción de la epidermis*: su objetivo es indicar el nivel de concentración de melanina presente en la epidermis de un paciente. La fórmula 2 empleada para calcular este coeficiente [7] fue implementada en el nuevo software.

$$\mu_{a,epi}(a_0, \lambda) = Ze^{ka_0} 6,6 \cdot 10^{11} \lambda^{-3,3} \quad (2)$$

En donde $Z = 0,2796$, $k = -7,174$, y a_0 es un coeficiente hallado aplicando un ajuste polinomial por series trigonométricas a la curva espectral $R(\lambda)$.

II-B. Observación directa

1) *HunterLab Universal Software (HLUS)*: es un software comercial y privativo de 16 bits diseñado para el sistema operativo Microsoft Windows versión 3.x. Fue creado para la utilización del MiniScan XE Plus, además de otros instrumentos de la empresa HunterLab [4], y descontinuado en el año 2008. Algunas de las funciones de este software fueron desarrolladas en el nuevo software, razón por la cual fue una referencia importante.

2) *Archivo MSXE + OCX*: es una hoja de cálculo habilitada para la ejecución de macroinstrucciones de Microsoft Excel, proporcionada por HunterLab [3] como un ejemplo para acceder a las características comúnmente utilizadas por el MiniScan XE Plus. El código contenido en este archivo se usó como referencia.

II-C. Bases teóricas

1) *Espectroscopía de reflectancia difusa*: también conocida como ERD, es una técnica con la cual se puede estudiar tejido biológico. En el campo de las aplicaciones biomédicas resulta útil para propósitos de diagnóstico, ya que se pueden estudiar tejidos de manera no invasiva [2]. Para llevar a cabo una medición con esta técnica y obtener los datos espectrales de la reflectancia difusa $R(\lambda)$ asociada, es necesaria la utilización del MiniScan XE Plus.

2) *Absorbancia aparente*: es la luz que está siendo absorbida aparentemente por el tejido en estudio, y que no está siendo reflejada de vuelta a la fuente de luz. Debido a que la reflectancia es multiplicada por un factor de 100 por el MiniScan XE Plus al realizarse una medición, la absorbancia fue calculada con la ecuación 3.

$$A(\lambda) = 100 - R(\lambda) \quad (3)$$

3) *Iluminante estándar D65*: es una función desarrollada por la *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) [9] para cuantificar la fuente de luz bajo la cual se observa un objeto. Su propósito es representar la luz de día promedio, y su representación gráfica se puede apreciar en la figura 1.

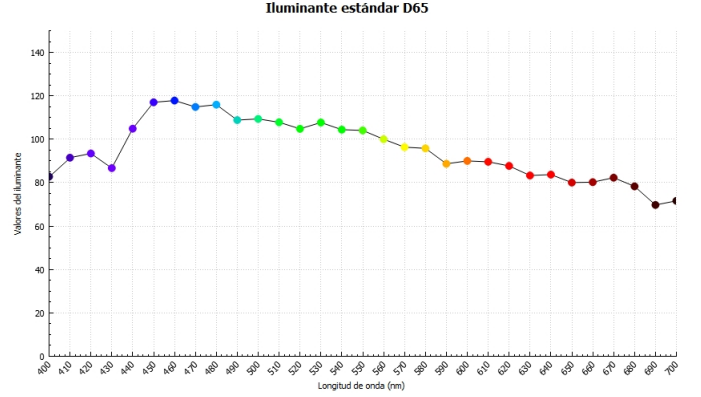


FIGURA 1. Representación gráfica del iluminante estándar D65

4) *Observador estándar de 10 grados*: son funciones desarrolladas por la CIE [9] para estandarizar la percepción del ojo humano con respecto al color, teniéndose un campo de visión de 10 grados. La representación gráfica de estas funciones se puede apreciar en la figura 2.

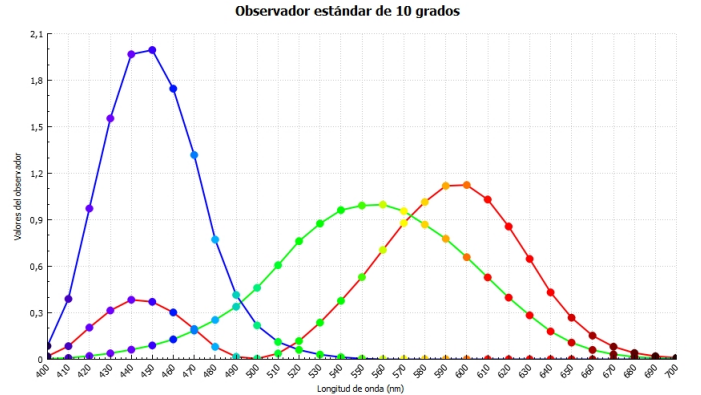


FIGURA 2. Representación gráfica del observador de 10 grados

5) *Coordenadas de cromaticidad CIE xyz*: representan los valores triestímulo de un color, siguiendo el estándar establecido por la CIE en 1964 [10]. El procedimiento utilizado para calcular estas coordenadas [11] fue implementado en el nuevo software.

6) *Coordenadas del espacio CIELAB*: es un sistema definido por la CIE en 1976 [10] para transformar las coordenadas de cromaticidad CIE xyz y volverlas representables en un espacio tridimensional. Las fórmulas definidas para el cálculo de estas coordenadas [11] fueron implementadas en el nuevo software, para determinar propiedades ópticas presentes en la piel de los pacientes.

III. METODOLOGÍAS

III-A. Investigación-Acción

Es un método de investigación que produce resultados altamente relevantes, debido a que se fundamenta en la acción práctica, dirigida a resolver un problema mientras se informa cuidadosamente sobre la teoría [12].

Las actividades de la investigación se realizaron según la representación más habitual de la Investigación-Acción, la cual es descrita en la tabla 1.

TABLA 1. Actividades del proyecto, según la Investigación-Acción

Fases	Actividades
Diagnóstico	Identificar los problemas y limitaciones que presenta el HLUS.
Planificación	Seleccionar la metodología de desarrollo, determinar los requisitos del software y realizar un plan de trabajo.
Acción	Desarrollar el software, tomando en cuenta los requisitos identificados previamente y los lineamientos de calidad del software.
Evaluación	Realizar las pruebas de funcionalidad y de usabilidad al software.
Reflexión	Presentar los resultados y los análisis de las pruebas realizadas.

III-B. SCRUM

Es un marco de trabajo de procesos utilizado para gestionar el desarrollo de productos complejos. SCRUM muestra la eficacia relativa de las prácticas de gestión de productos y las prácticas de desarrollo [13].

Adicionalmente a la utilización de la metodología SCRUM, se incluyeron algunos artefactos de la metodología RUP [14], para así generar suficiente documentación relevante, y asegurar el criterio de mantenibilidad. La configuración de la metodología SCRUM, en conjunto con los artefactos seleccionados de la metodología RUP, se ilustra en la tabla 2.

TABLA 2. Configuración de los artefactos a utilizar de SCRUM y RUP

Artefactos SCRUM
Pila del producto: una lista de todas las tareas que se deben hacer durante el desarrollo.
Pila del sprint: el grupo de tareas que se deben realizar durante un <i>sprint</i> .
Incremento: el producto final de cada <i>sprint</i> . Dicho producto debe ser funcional y permitir implementarse sin restricciones en un ambiente productivo.
Artefactos RUP
Documento de visión: describe el propósito y el alcance en alto nivel del producto.
Glosario: define la terminología empleada en los artefactos.
Requerimientos no funcionales: una lista que especifica los requerimientos que tienen un impacto significativo en la arquitectura y en la satisfacción del usuario.
Modelo de casos de uso: describe los requerimientos funcionales del software en términos de actores y casos de uso.

IV. TECNOLOGÍAS Y RECURSOS

IV-A. Tecnologías

1) *Qt*: es un *framework* de desarrollo de aplicaciones multiplataforma para sistemas de escritorio, sistemas integrados y sistemas móviles [17]. Se utilizó la versión *open source* de este *framework* para el desarrollo del nuevo software.

2) *Visual Studio*: es un entorno integrado de desarrollo (*IDE*) para crear aplicaciones en varias plataformas, como Windows, Android y iOS [18]. Se utilizó la versión gratuita de este *IDE* para desarrollar una librería escrita en Visual Basic .NET, que actúa como intermediaria entre el archivo MSXE.ocx y el *framework* Qt, para así acceder a las características usadas del MiniScan XE Plus en el nuevo software.

3) *PostgreSQL*: es un sistema *open source* multiplataforma de bases de datos relacionales [19]. Posee una arquitectura que se ha ganado una fuerte reputación por confiabilidad, integridad de datos y correctitud. Este sistema se utilizó para desarrollar y administrar la base de datos con la que opera el nuevo software.

4) *Gitlab*: es un servicio de control de versiones que ofrece alojamiento gratuito, tanto público como privado, de repositorios para proyectos [20]. Se utilizó la versión en línea de este servicio para llevar un control de versiones durante el desarrollo del proyecto.

5) *QCustomPlot*: es un *widget open source* para Qt que permite realizar el trazado y la visualización de datos [21]. Este *widget* se utilizó en el nuevo software para visualizar curvas asociadas con los datos espectrales proporcionados por el MiniScan XE Plus.

6) *QtXlsx*: es una librería *open source* para Qt que permite leer y escribir archivos con extensión *xlsx* [22]. Esta librería se utilizó para implementar en el nuevo software la opción de exportar los resultados de una muestra a un archivo portátil.

IV-B. Recursos

1) *Adaptador RS232-USB*: es un cable adaptador que habilita la comunicación de dispositivos que utilizan puerto serial con computadoras que disponen de puertos USB, creando puertos COM virtuales con las mismas mientras se realiza dicha comunicación [16]. Este cable es utilizado como adaptador para el cable de comunicación RS232 DB-9 hembra a RJ-45 del MiniScan XE Plus [4], habilitando su utilización en computadoras que no poseen puerto serial.

2) *MiniScan XE Plus OCX Kit (MSXE.ocx)*: es un archivo diseñado por la empresa HunterLab para controlar y/o realizar mediciones con el MiniScan XE Plus. Su objetivo es proporcionar a los desarrolladores un componente reutilizable de software que de acceso a las características comúnmente utilizadas por el instrumento [15].

3) *MiniScan XE Plus*: es un instrumento de medición del color, creado por la empresa HunterLab, de diseño compacto y portátil [15], que emplea la técnica de ERD, y el cual se puede apreciar en la figura 1. Este instrumento mide la cantidad de luz que refleja una muestra dentro del espectro de luz que va desde 400 hasta 700 nanómetros, generando como resultado 31 puntos espectrales dentro de ese rango, que son el insumo principal del nuevo software.



FIGURA 1. MiniScan XE Plus

V. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

V-A. Resultados

Para establecer la comunicación entre el MiniScan XE Plus y el nuevo software, se recurrió a la documentación del instrumento, en la cual se describe el MSXE.ocx [15], un archivo que implementa las funciones comúnmente utilizadas por dicho instrumento. Se contactó al personal de soporte técnico de HunterLab por correo electrónico, para solicitarle el código fuente de dicho archivo y la documentación relativa a su utilización que se pudiera proporcionar para la investigación.

Si bien el personal no compartió el código fuente del archivo, sí envió la documentación solicitada y un ejemplo de su uso escrito en Visual Basic for Applications (VBA). Primero se intentó cargar el archivo y utilizarlo directamente en Qt; sin embargo, ocurría un error de compatibilidad de datos al invocar algunas de sus funciones. La solución a este problema fue desarrollar una librería escrita en Visual Basic .NET, con la cual se pueden invocar todas las funciones de este archivo sin problema alguno.

Así pues, por medio del cable adaptador RS232-USB, y empleando la librería escrita en Visual Basic .NET, se logró establecer la comunicación entre el nuevo software y el MiniScan XE Plus.

El software resultante, denominado Spectrasoft, se puede apreciar en la figura 2 con datos de ejemplo, así como la gráfica de la curva de reflectancia difusa de dichos datos en la figura 3. Este software resultante dispone de las funcionalidades listadas en la tabla 3.

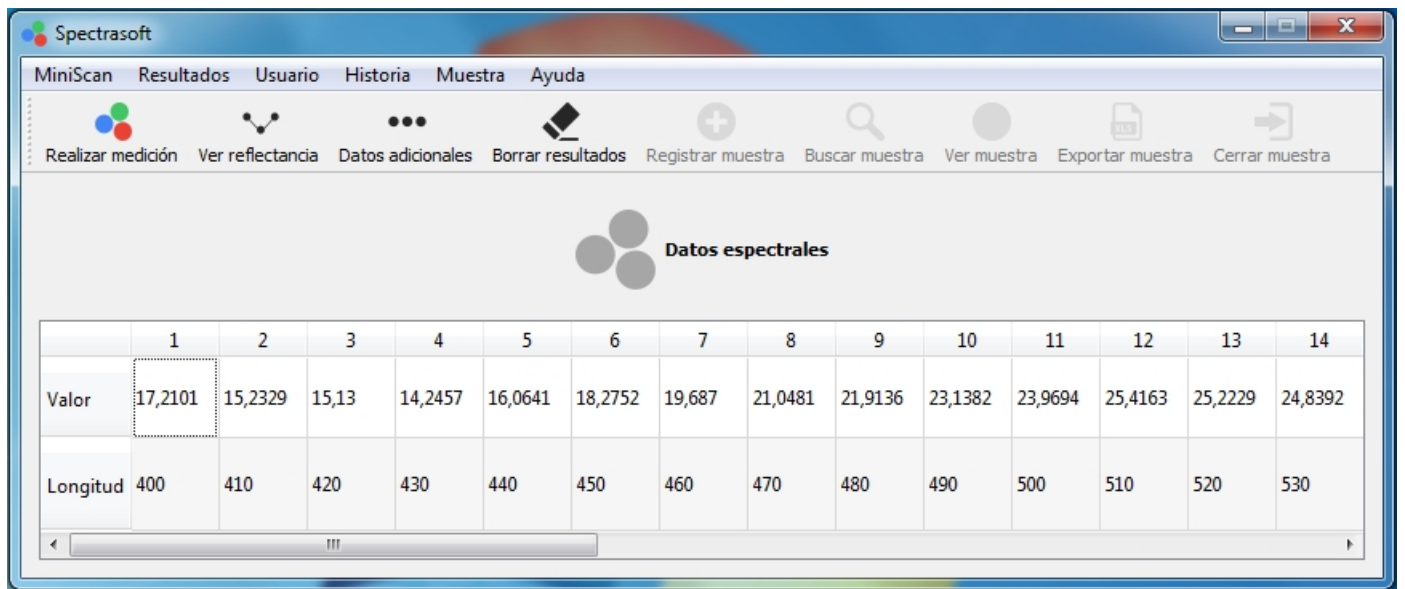


FIGURA 2. Vista principal del Spectrasoft

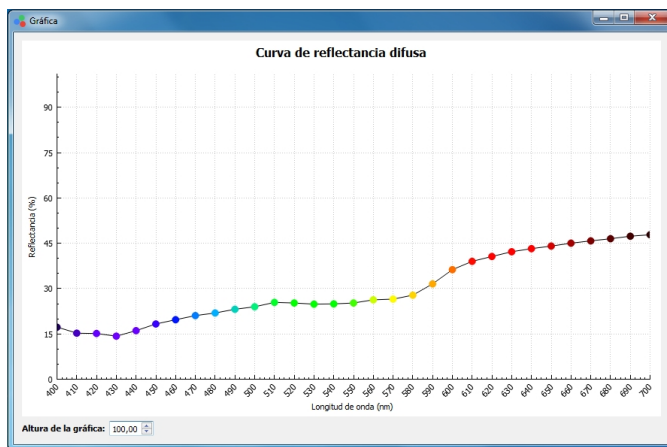


FIGURA 3. Curva de reflectancia difusa del Spectrasoft

TABLA 3. Funcionalidades del Spectrasoft

#	Funcionalidades
1	Conectar, desconectar y calibrar el MiniScan XE Plus.
2	Realizar medición con el MiniScan XE Plus.
3	Mostrar los datos obtenidos de la medición con el MiniScan XE Plus.
4	Graficar las curvas de reflectancia difusa y de absorbancia aparente.
5	Calcular y graficar el coeficiente de absorción.
6	Calcular y mostrar las coordenadas de cromaticidad CIE xyz.
7	Calcular y mostrar las coordenadas del espacio CIELAB.
8	Calcular y mostrar el índice de eritema.
9	Gestionar la creación, consulta, modificación y eliminación de los usuarios.
10	Gestionar la creación, consulta, modificación y eliminación de las historias.
11	Gestionar la creación, consulta, modificación y eliminación de las muestras.
12	Exportar los datos de una muestra a un archivo portátil.

V-B. Conclusiones

La interfaz gráfica de usuario del Spectrasoft es sencilla y está en español, por lo tanto es amigable. Se realizó un manual de usuario para su utilización, que explica detalladamente y con imágenes la permisología de sus usuarios y las funciones que ofrece, por lo que su curva de aprendizaje es baja. Fue desarrollado con herramientas y tecnologías actuales, por lo que puede ejecutarse en sistemas operativos Windows actuales, garantizando su utilización en los equipos disponibles en el CIMBUC. Por último, las funcionalidades que ofrece el Spectrasoft se adaptan a las necesidades de los dermatólogos.

En definitiva, se concluye que el Spectrasoft cumple con el objetivo de ajustarse a las necesidades de los dermatólogos, y garantizará un mejor aprovechamiento del MiniScan XE Plus.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se llevó a cabo gracias a la tutoría de los profesores Harold Vasquez y Patricia Guerrero, la orientación del profesor Freddy Narea, la colaboración del profesor Aarón Muñoz y de la doctora Sandra Vivas, al apoyo de todo el equipo de investigadores que hace vida en el CIMBUC, y finalmente a la ayuda proporcionada por el personal de soporte técnico de HunterLab.

«El hombre encuentra a Dios detrás de cada puerta que la ciencia logra abrir» - Albert Einstein.

REFERENCIAS

- [1] K. S. Bersha, *Spectral Imaging And Analysis Of Human Skin*. Universidad del Este de Finlandia, 2010.
- [2] A. D. Pérez, *Estudio de la Reflexión Óptica Difusa en Tejido Biológico*. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, 2012.
- [3] Hunter Associates Laboratory, *HunterLab, The World's true measure of color*. <http://www.hunterlab.com/about-us.html>.
- [4] *Universal Software Versions 4.10 and Above User's Manual*. Reston, Virginia: Hunter Associates Laboratory, 2001.

- [5] I. Sommerville, *Ingeniería del Software*, 7ma ed. Madrid, España: Pearson Education, 2005.
- [6] J. Wagner et al., *Comparing Quantitative Measures of Erythema, Pigmentation and Skin Response using Reflectometry*. Pigment Cell Res, 2002.
- [7] F. Narea et al., *Recuperación del coeficiente de absorción de la epidermis en la piel humana*. Sociedad Española de Óptica, 2015.
- [8] *Absorption spectrum. (n.d.) Random House Kernerman Webster's College Dictionary*. K Dictionaries LTD, 2010.
- [9] CIE, *CIE 15: Technical Report: Colorimetry, 3rd edition*. Viena, Austria, 2004.
- [10] CIE, *Commission Internationale de l'Eclairage, International Commission on Illumination*. <http://www.cie.co.at/index.php>.
- [11] J. Schanda, *Colorimetry: Understanding the CIE system*. Hoboken, Nueva Jersey: John Wiley & Sons, 2007.
- [12] R. L. Baskerville, *Investigating Information Systems with Action Research*, vol 2. Atlanta, GA: Association for Information Systems, 1999.
- [13] K. Schwaber y J. Sutherland, *The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. <http://www.scrumguides.org/>.
- [14] P. Kroll y P. Kruchten, *The Rational Unified Process Made Easy: A Practitioner's Guide to the RUP*. Addison-Wesley, 2003.
- [15] *MiniScan XE Plus User's Guide Version 2.4*. Reston, Virginia: Hunter Associates Laboratory, 2006.
- [16] Magneto Tech Research, *USB to Serial adapters Wiki*. <http://www.usb-serial-adapter.org/>.
- [17] The Qt Company, *Qt, a Cross-Platform Framework for Application Development*. https://wiki.qt.io/About_Qt.
- [18] Microsoft, *Visual Studio Community, a fully-featured, extensible IDE*. <https://www.visualstudio.com/products/visual-studio-community-vs>.
- [19] PostgreSQL, *PostgreSQL: The world's most advanced open source database*. <http://www.postgresql.org/about>.
- [20] Gitlab, *Gitlab: Create, review, and deploy code together*. <https://about.gitlab.com>.
- [21] QCustomPlot, *A Qt C++ widget for plotting and data visualization*. <http://www.qcustomplot.com/index.php/introduction>.
- [22] QtXlsx, *A Qt library to read and write excel files that can be used in any platform that Qt5 supported*. <http://www.qtxlsx.debao.me>.