

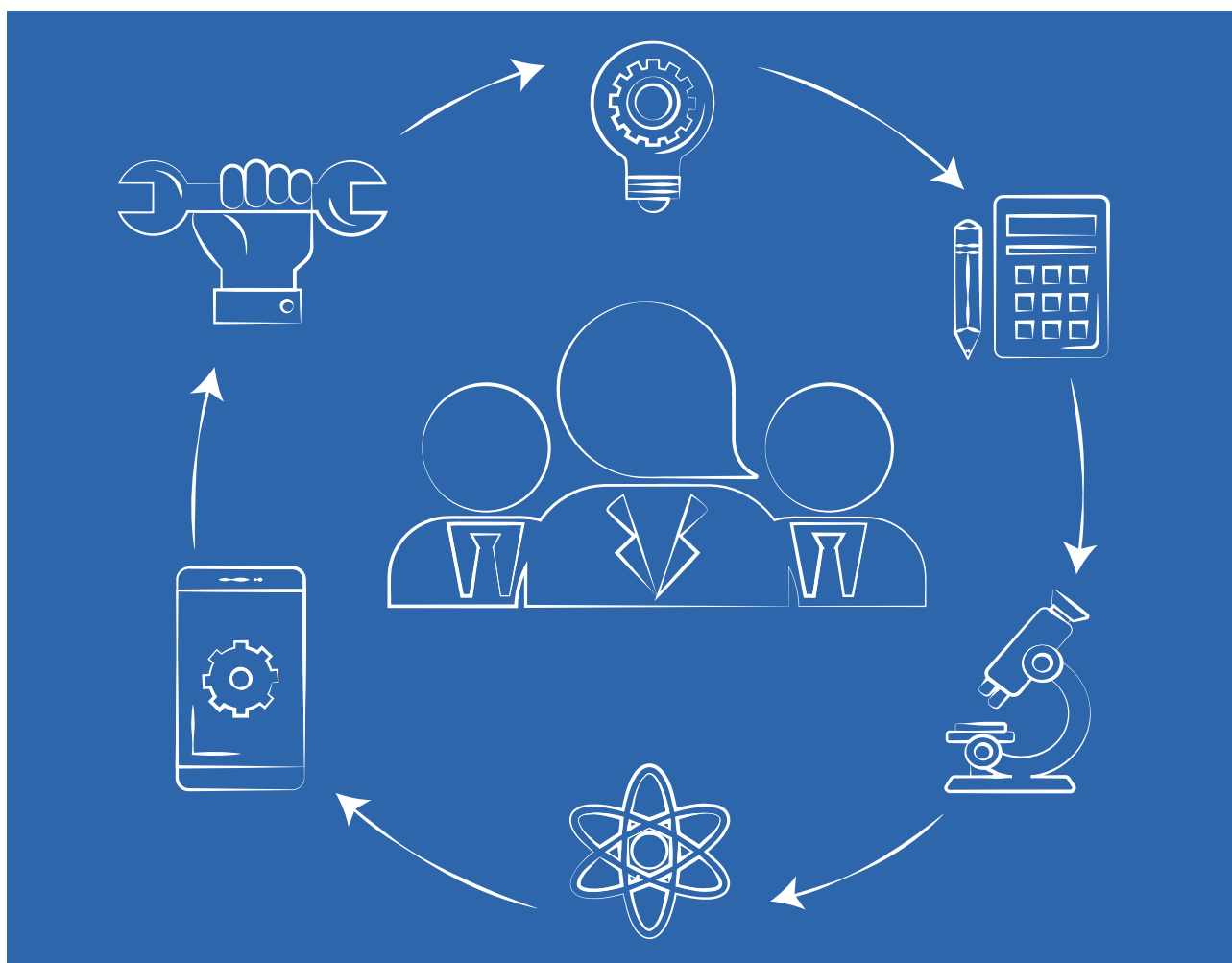


# tecnología

Glosas de innovación aplicadas a la pyme

Ed. 38\_Vol. 10\_N.º 2  
Junio\_Septiembre 2021

Publicación trimestral  
ISSN: 2254 – 4143



### **3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme.**

Periodicidad trimestral. *Quarterly periodicity.*

Edición 38, Volumen 10, Número 2 (Junio - Septiembre 2021).

*Edition 38, Volume 10, Issue 2 (June - September 2021).*

Tirada nacional e internacional. *National and internacional circulation.*

Artículos revisados por el método de evaluación de pares de doble ciego.

*Articles reviewed by the double blind peer evaluation method.*

ISSN: 2254 – 4143

Nº de Depósito Legal: A 268 – 2012

DOI: <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n2e38>

Edita:

Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

C/Alzamora 17, Alcoy, Alicante (España)

Tel: 965030572

[info@3ciencias.com](mailto:info@3ciencias.com) \_ [www.3ciencias.com](http://www.3ciencias.com)



Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos citando la fuente y el autor.

*This publication may be reproduced by mentioning the source and the authors.*

Copyright © Área de Innovación y Desarrollo, S.L.



## CONSEJO EDITORIAL EDITORIAL BOARD

---

Director	Víctor Gisbert Soler
Editores adjuntos	María J. Vilaplana Aparicio Maria Vela Garcia
Editores asociados	David Juárez Varón F. Javier Cárcel Carrasco

## CONSEJO DE REDACCIÓN DRAFTING BOARD

---

Dr. David Juárez Varón. *Universitat Politècnica de València (España)*  
Dra. Úrsula Faura Martínez. *Universidad de Murcia (España)*  
Dr. Martín León Santiesteban. *Universidad Autónoma de Occidente (México)*  
Dra. Inmaculada Bel Oms. *Universitat de València (España)*  
Dr. F. Javier Cárcel Carrasco. *Universitat Politècnica de València (España)*  
Dra. Ivonne Burguet Lago. *Universidad de las Ciencias Informáticas (La Habana, Cuba)*  
Dr. Alberto Rodríguez Rodríguez. *Universidad Estatal del Sur de Manabí (Ecuador)*

## CONSEJO ASESOR ADVISORY BOARD

---

Dra. Ana Isabel Pérez Molina. *Universitat Politècnica de València (España)*  
Dr. Julio C. Pino Tarragó. *Universidad Estatal del Sur de Manabí (Ecuador)*  
Dra. Irene Belmonte Martín. *Universidad Miguel Hernández (España)*  
Dr. Jorge Francisco Bernal Peralta. *Universidad de Tarapacá (Chile)*  
Dra. Mariana Alfaro Cendejas. *Instituto Tecnológico de Monterrey (México)*  
Dr. Roberth O. Zambrano Santos. *Instituto Tecnológico Superior de Portoviejo (Ecuador)*  
Dra. Nilda Delgado Yanes. *Universidad de las Ciencias Informáticas (La Habana, Cuba)*  
Dr. Sebastián Sánchez Castillo. *Universitat de València (España)*  
Dra. Sonia P. Ubillús Saltos. *Instituto Tecnológico Superior de Portoviejo (Ecuador)*  
Dr. Jorge Alejandro Silva Rodríguez de San Miguel. *Instituto Politécnico Nacional (México)*

## CONSEJO EDITORIAL EDITORIAL BOARD

---

Área financiera	Dr. Juan Ángel Lafuente Luengo <i>Universidad Jaime I (España)</i>
Área textil	Dr. Josep Valdeperas Morell <i>Universitat Politècnica de Catalunya (España)</i>
Ciencias de la Salud	Dra. Mar Arlandis Domingo <i>Hospital San Juan de Alicante (España)</i>
Derecho	Dra. María del Carmen Pastor Sempere <i>Universidad de Alicante (España)</i>
Economía y empresariales	Dr. José Joaquín García Gómez <i>Universidad de Almería (España)</i>
Estadística y Investigación operativa	Dra. Elena Pérez Bernabeu <i>Universitat Politècnica de València (España)</i>
Ingeniería y Tecnología	Dr. David Juárez Varón <i>Universitat Politècnica de València (España)</i>
Organización de empresas y RRHH	Dr. Francisco Llopis Vañó <i>Universidad de Alicante (España)</i>
Sinología	Dr. Gabriel Terol Rojo <i>Universitat de València (España)</i>
Sociología y Ciencias Políticas	Dr. Rodrigo Martínez Béjar <i>Universidad de Murcia (España)</i>
Tecnologías de la Información y la Comunicación	Dr. Manuel Llorca Alcón <i>Universitat Politècnica de València (España)</i>

# POLÍTICA EDITORIAL

## OBJETIVO EDITORIAL

---

La Editorial científica 3Ciencias pretende transmitir a la sociedad ideas y proyectos innovadores, plasmados, o bien en artículos originales sometidos a revisión por expertos, o bien en los libros publicados con la más alta calidad científica y técnica.

## COBERTURA TEMÁTICA

---

3C Tecnología es una revista de carácter científico-social en la que se difunden trabajos originales que abarcan la Arquitectura y los diferentes campos de la Ingeniería, como puede ser Ingeniería Mecánica, Industrial, Informática, Eléctrica, Agronómica, Naval, Física, Química, Civil, Electrónica, Forestal, Aeronáutica y de las Telecomunicaciones.

## NUESTRO PÚBLICO

---

- Personal investigador.
- Doctorandos.
- Profesores de universidad.
- Oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI).
- Empresas que desarrollan labor investigadora y quieran publicar alguno de sus estudios.

# AIMS AND SCOPE

## PUBLISHING GOAL

---

3C Ciencias wants to transmit to society innovative projects and ideas. This goal is reached through the publication of original articles which are subject to peer review or through the publication of scientific books.

## THEMATIC COVERAGE

---

3C Tecnología is a scientific-social journal in which original works that cover Architecture and the different fields of Engineering are disseminated, such as Mechanical, Industrial, Computer, Electrical, Agronomic, Naval, Physics, Chemistry, Civil, Electronics, Forestry, Aeronautics and Telecommunications.

## OUR TARGET

---

- Research staff.
- PhD students.
- Professors.
- Research Results Transfer Office.
- Companies that develop research and want to publish some of their works.

# NORMAS DE PUBLICACIÓN

3C Tecnología es una revista arbitrada que utiliza el sistema de revisión por pares de doble ciego (*double-blind peer review*), donde expertos externos en la materia sobre la que trata un trabajo lo evalúan, siempre manteniendo el anonimato, tanto de los autores como de los revisores. La revista sigue las normas de publicación de la APA (American Psychological Association) para su indización en las principales bases de datos internacionales.

Cada número de la revista se edita en versión electrónica (e-ISSN: 2254 – 4143), identificándose cada trabajo con su respectivo código DOI (Digital Object Identifier System).

## PRESENTACIÓN TRABAJOS

---

Los artículos se presentarán en tipo de letra Baskerville, cuerpo 11, justificados y sin tabuladores. Han de tener formato Word. La extensión será de no más de 6.000 palabras de texto, incluidas referencias.

Los trabajos deben ser enviados exclusivamente por plataforma de gestión de manuscritos OJS:

<https://ojs.3ciencias.com/>

Toda la información, así como las plantillas a las que deben ceñirse los trabajos se encuentran en:

<https://www.3ciencias.com/revista/informacion-para-autores/>

<https://www.3ciencias.com/normas-de-publicacion/plantillas/>



# SUBMISSION GUIDELINES

3C Tecnología is an arbitrated journal that uses the double-blind peer review system, where external experts in the field on which a paper deals evaluate it, always maintaining the anonymity of both the authors and of the reviewers. The journal follows the standards of publication of the APA (American Psychological Association) for indexing in the main international databases.

Each issue of the journal is published in electronic version (e-ISSN: 2254 – 4143), each work being identified with its respective DOI (Digital Object Identifier System) code.

## PRESENTATION WORK

---

The papers will be presented in Baskerville typeface, body 11, justified and without tabs. They must have Word format. The extension will be no more than 6.000 words of text, including references. Papers must be submitted exclusively by OJS manuscript management platform:

<https://ojs.3ciencias.com/>

All the information, as well as the templates to which the works must adhere, can be found at:

<https://www.3ciencias.com/en/journals/infromation-for-authors/>

<https://www.3ciencias.com/en/regulations/templates/>

## ESTRUCTURA

---

Los trabajos originales tenderán a respetar la siguiente estructura: introducción, métodos, resultados, discusión/conclusiones, notas, agradecimientos y referencias bibliográficas.

Es obligatoria la inclusión de referencias, mientras que notas y agradecimientos son opcionales. Se valorará la correcta citación conforme a la 7.<sup>a</sup> edición de las normas APA.

## RESPONSABILIDADES ÉTICAS

---

No se acepta material previamente publicado (deben ser trabajos inéditos). En la lista de autores firmantes deben figurar única y exclusivamente aquellas personas que hayan contribuido intelectualmente (autoría), con un máximo de 4 autores por trabajo. No se aceptan artículos que no cumplan estrictamente las normas.

## INFORMACIÓN ESTADÍSTICA SOBRE TASAS DE ACEPTACIÓN E INTERNACIONALIZACIÓN

---

- Número de trabajos aceptados publicados: 5.
- Nivel de aceptación de manuscritos en este número: 38,5%.
- Nivel de rechazo de manuscritos: 61,5%.
- Internacionalización de autores: 4 países (Ecuador, España, Perú y Sudáfrica).

Normas de publicación: <https://www.3ciencias.com/normas-de-publicacion/instrucciones/>

## STRUCTURE

---

The original works will tend to respect the following structure: introduction, methods, results, discussion/ conclusions, notes, acknowledgments and bibliographical references.

The inclusion of references is mandatory, while notes and acknowledgments are optional. The correct citation will be assessed according to the 7th edition of the APA standards.

## ETHICAL RESPONSIBILITIES

---

Previously published material is not accepted (they must be unpublished works). The list of signatory authors should include only and exclusively those who have contributed intellectually (authorship), with a maximum of 4 authors per work. Articles that do not strictly comply with the standards are not accepted.

## STATISTICAL INFORMATION ON ACCEPTANCE AND INTERNATIONALIZATION FEES

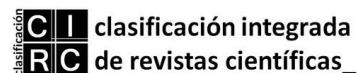
---

- Number of accepted papers published: 5.
- Level of acceptance of manuscripts in this number: 38,5%.
- Level of rejection of manuscripts: 61,5%.
- Internationalization of authors: 4 countries (Ecuador, Spain, Peru and South Africa).

Guidelines for authors: <https://www.3ciencias.com/en/regulations/instructions/>

## INDEXACIONES INDEXATIONS

---



## INDEXACIONES INDEXATIONS

---



# /SUMARIO/ /SUMMARY/

Estado del arte: metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles

*State of art: mobile software development methodologies*

Jimmy Rolando Molina Ríos, Joofre Antonio Honores Tapia, Nieves Pedreira-Souto y Henry Paúl Pardo León

17

Agente conversacional para consultas sobre servicio médico en una clínica privada

*Conversational agent for consultation on medical services in a private clinic*

Johana Maigua-Guanoluisa, Patricio Medina-Chicaiza y Carlos Beltrán-Avalos

47

Comparativa de metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles

*Comparison of mobile application development methodologies*

Jimmy Rolando Molina Ríos, Joofre Antonio Honores Tapia, Nieves Pedreira-Souto y Henry Paúl Pardo León

73

Impact deflectometry in the structural evaluation, Central Highway km 12 + 250 - km 26 + 500, Lima 2020

Carlos Abner Julca Vásquez, Vicenta Tafur Anzualdo y Doris Esenarro

95

A cost-effective simplified energy monitoring system using IOT

Pierre E. Hertzog y Arthur J. Swart

117

/01/



# ESTADO DEL ARTE: METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES

## STATE OF ART: MOBILE SOFTWARE DEVELOPMENT METHODOLOGIES

---

**Jimmy Rolando Molina Ríos**

Grupo de Investigación de Ingeniería de Sistemas, Universidad Técnica de Machala, (Ecuador).

E-mail: [j.molina1@udc.es](mailto:j.molina1@udc.es) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3915-8270>

**Joofre Antonio Honores Tapia**

Grupo de Investigación de Ingeniería de Sistemas, Universidad Técnica de Machala, (Ecuador).

E-mail: [jhonores@utmachala.edu.ec](mailto:jhonores@utmachala.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8612-3025>

**Nieves Pedreira-Souto**

Departamento de Ciencias da Computación e Tecnoloxías da Información. Facultad de Informática.

Universidade da Coruña, (España).

E-mail: [nieves.pedreira@udc.es](mailto:nieves.pedreira@udc.es) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8122-0886>

**Henry Paúl Pardo León**

Grupo de Investigación de Ingeniería de Sistemas, Universidad Técnica de Machala, (Ecuador).

E-mail: [hpardo1@utmachala.edu.ec](mailto:hpardo1@utmachala.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3785-1402>

**Recepción:** 22/11/2020 **Aceptación:** 09/03/2021 **Publicación:** 14/06/2021

### Citación sugerida:

Molina, J. R., Honores, J. A., Pedreira-Souto, N., y Pardo, H. P. (2021). Estado del arte: metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 10(2), 17-45. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n2e38.17-45>

## RESUMEN

Desde el origen de la telefonía celular, el desarrollo de aplicaciones móviles ha crecido de manera exponencial abriendo un nuevo campo de investigación en la rama de la ingeniería de software. La necesidad de producir una aplicación con altos índices de calidad ha llevado al estudio y formulación de nuevas metodologías que abarquen todos los aspectos correspondientes y relacionados a la calidad y tiempo de producción. El objetivo de la presente investigación es realizar un estudio exhaustivo para extraer datos relevantes de cada marco de trabajo a través de la investigación bibliográfica y de campo para la construcción de un estado del arte que compruebe a través de un análisis la metodología indicada para el desarrollo de aplicaciones móviles. El resultado obtenido del análisis muestra que, a pesar de encontrar cierta similitud entre las metodologías con principios ágiles, Scrum es caracterizada como la metodología indicada para el desarrollo de aplicaciones móviles. Este hecho dio lugar al surgimiento de nuevas metodologías de desarrollo de software con enfoques a las denominadas prácticas ágiles cuyo objetivo es la producción de software de calidad.

## PALABRAS CLAVE

Aplicaciones Móviles, Desarrollo Móvil, Metodologías Ágiles, Ingeniería De Software, Soluciones De Software, Telefonía Celular.

## ABSTRACT

*Since the origin of cell phones, the development of mobile applications has grown exponentially, opening a new field of research in the field of software engineering. The need to produce an application with high quality indices has led to the study and formulation of new methodologies that cover all the corresponding aspects related to quality and production time. The objective of this research is to carry out an exhaustive study to extract relevant data from each framework through bibliographic and field research for the construction of a state of the art that verifies through an analysis the methodology indicated for the development of mobile applications. The result obtained from the analysis shows that, despite finding a certain similarity between the methodologies with agile principles, Scrum is characterized as the indicated methodology for the development of mobile applications. This fact gave rise to the emergence of new software development methodologies with approaches to the so-called agile practices whose objective is the production of quality software.*

## KEYWORDS

*Mobile Applications, Mobile Development, Agile Methodologies, Software Engineering, Software Solutions, Cellular Telephony.*

# 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de aplicaciones móviles tiene como origen a final de los 90 durante la generación de teléfonos celulares, donde tenían funciones básicas como: almacenar contactos, gestión de perfiles, configuración de ringtones y otras más complejas que permitían la gestión de llamadas telefónicas.

Con el paso del tiempo, la transformación tecnológica en el área de la telefonía celular dio lugar a un nuevo mercado en el desarrollo de software. A finales del año 2007 y comienzos del 2008, surgieron las primeras tiendas de aplicaciones móviles y para Julio del 2015, de acuerdo con (Hassan *et al.*, 2017), existen más de 3.9 millones de aplicaciones publicadas en las tiendas de aplicaciones. Esto ha ocasionado una gran conmoción en el área de desarrollo de software, estimulando un crecimiento exponencial en la demanda de aplicaciones para distintas clases de dispositivos.

Al igual que la producción de aplicaciones web o de escritorio, las móviles ameritan de metodologías de desarrollo para llevar a cabo un producto con altos índices de calidad. En el presente, las aplicaciones móviles son desarrolladas en gran parte con metodologías ágiles donde posee características enfocadas al desarrollo iterativo, flexibilidad y pruebas (Batarseh y Gonzalez, 2018).

En la comparación que se realizó entre las metodologías ágiles dentro del marco del desarrollo del estado del arte tuvo como resultado la identificación de las características de Scrum presentes en otros marcos de trabajo utilizados en investigaciones similares enfocados al desarrollo de aplicaciones móviles.

## 2. ANTECEDENTES O ESTADO DEL ARTE

### 2.1. APLICACIONES MÓVILES

**Tabla 1.** Aplicaciones móviles.

TÍTULO	CONTENIDO	AÑO
Software assurance practices for mobile applications	“Los sistemas móviles llevan a cabo sus operaciones en una amplia gama de entornos, desde servicios tradicionales como comunicación de voz, mensajería de texto y juegos, hasta aplicaciones comerciales, servicios basados en la ubicación, realidad aumentada, herramientas de productividad y mucho más.” (Corral <i>et al.</i> , 2015)	2015
Choosing between responsive-design websites versus mobile apps for your mobile behavioral intervention: presenting four case studies	“Las aplicaciones móviles son programas que pueden realizar determinadas tareas o proporcionar determinadas funciones para un usuario” (Turner-McGrievy <i>et al.</i> , 2017)	2017
Analyzing and automatically labelling the types of user issues that are raised in mobile app reviews	“El mercado de aplicaciones móviles sigue creciendo a un ritmo muy rápido con miles de desarrolladores, miles de aplicaciones y millones de dólares en ingresos.” (McIlroy <i>et al.</i> , 2016)	2016

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la síntesis de la Tabla 1, la demanda de software móviles se encuentra en un constante progreso a niveles exponenciales durante un breve periodo de tiempo. En el presente, existe un abrumador número de desarrolladores al igual que aplicaciones publicadas en las principales App Store como Google Play, iOS, Windows Phone, etc.

Las aplicaciones o software móvil desempeñan un sin número de funcionalidades y servicios disponibles para los usuarios o clientes que hacen uso recurrente o esporádico de uno o varios dispositivos móviles como los smartphones, tablets, Smart-tv u otros.

## 2.2. METODOLOGÍAS ENFOCADAS AL DESARROLLO MÓVIL

**Tabla 2.** Metodologías enfocadas al desarrollo de aplicaciones móviles.

TÍTULO	CONTENIDO	AÑO
Job-work fit as a determinant of the acceptance of large-scale agile methodology.	“Una metodología de desarrollo de sistemas o software (SDM) se puede definir como una colección documentada de políticas, procesos y procedimientos para mejorar el proceso de desarrollo de software con respecto al aumento de la productividad del personal de tecnología de la información (TI) y una mayor calidad de las soluciones de TI finales.” (Batra, 2020)	2020
A Comparative Analysis on Effort Estimation for Agile and Non-agile Software Projects Using DBN-ALO.	“Estas metodologías ágiles tienen ventajas como la flexibilidad, responden a los cambios incluso en etapas posteriores de desarrollo, son amigables para el cliente y entregan el software en funcionamiento rápidamente.” (Kaushik <i>et al.</i> , 2020)	2020
Using agile methodologies for adopting COBIT	“Al elegir una metodología ágil frente a una tradicional, los autores buscan facilitar la implementación, apoyándose en prácticas ágiles como habilitadores para lograr los objetivos propuestos. El principio ágil de ofrecer soluciones a menudo aumentará el apoyo de la alta dirección y disminuirá la resistencia al cambio.” (Amorim <i>et al.</i> , 2020)	2020

**Fuente:** elaboración propia.

En proporción a lo analizado en la Tabla 2, en el desarrollo de software móvil, al igual que en el desarrollo web o de escritorio, emplea metodologías para el seguimiento de procesos y procedimientos de acuerdo a políticas o directrices que son establecidas con el objetivo de optimizar recursos y garantizar que los procesos se hayan cumplido eficientemente para la obtención de un software o aplicación con calidad.

Por lo general, para el desarrollo de aplicaciones móviles, se opta por elegir metodologías ágiles en virtud de las características que ofrecen para adaptarse a nuevos contextos que emergen a lo largo del proyecto. Aquellas metodologías enfocadas al desarrollo de aplicaciones móviles, parten de la orientación del

desarrollo ágil, que, a diferencia del tradicional, presenta una mayor flexibilidad al cambio y el tiempo de entrega o producción es más corto.

### 2.3. MOBILE-D

**Tabla 3.** Metodología Mobile-D.

TÍTULO	CONTENIDO	AÑO
A Software Development Process for Super Agile Projects	“Compatible con equipos de menos de diez personas, trabajando en un mismo espacio y con el objetivo de entregar una aplicación completamente funcional en menos de diez semanas. Este enfoque se dividió en cinco iteraciones, y cada iteración tenía días para planificar, trabajar y entregar.” (Cerqueira <i>et al.</i> , 2018)	2018
Software engineering process models for mobile app development: A systematic literature review	“Mobile-D también se basa en los mismos métodos, incluidas las metodologías Crystal.” (Jabangwe <i>et al.</i> , 2018)	2018
An Agile-Based Integrated Framework for Mobile Application Development Considering Ilities	“presentan un enfoque de desarrollo ágil denominado Mobile-D, que considera las particularidades del entorno móvil tal como existían en 2004, como la limitada capacidad de memoria, variedad de estándares, variedad de plataformas y características especiales de los terminales móviles.” (Martinez <i>et al.</i> , 2020)	2020

**Fuente:** elaboración propia.

El análisis ejecutado en la Tabla 3, puntualiza las características de la metodología Mobile-D y su enfoque hacia los métodos o prácticas ágiles para la producción de aplicaciones móviles. En la Ilustración 1, explica el proceso de Mobile-D durante el ciclo de vida del software móvil; se divide cinco fases cada una

cuenta con subprocesos iterativos. Cabe resaltar que Mobile-D se fundamenta en los mismos principios de otras metodologías ágiles como las de Crystal.

El objetivo de Mobile-D es desarrollar aplicaciones móviles en grupos de trabajo reducidos a diez personas o menos, cada uno enfocado a un área específica del proceso. A partir de aquel planteamiento, el tiempo de entrega del producto completamente funcional estaría disponible dentro de diez semanas teóricamente.

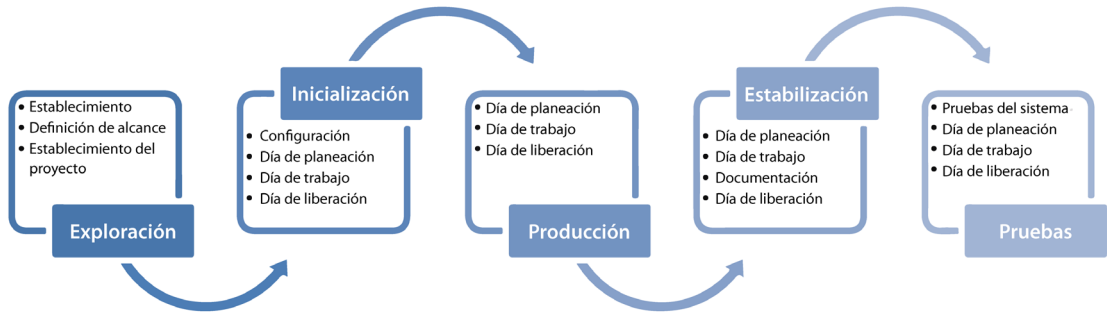


Ilustración 1. Proceso de Mobile-D.

Fuente: elaboración propia.

## 2.4. TEST-DRIVEN DEVELOPMENT (TDD)

Tabla 4. Metodología Test-Driven Development.

TÍTULO	CONTENIDO	AÑO
An Empirical Study on the Ability Relationships Between Programming and Testing	“Requiere que los desarrolladores escriban el código de prueba antes de escribir el código de producción para una determinada función. Entonces, sólo se escribe el código de función que pasa la prueba. Por lo tanto, los casos de prueba se utilizan para impulsar todo el desarrollo. Esto ayuda a los desarrolladores a escribir código conciso y de alta calidad y acelera el proceso de desarrollo.” (Yang <i>et al.</i> , 2020)	2020

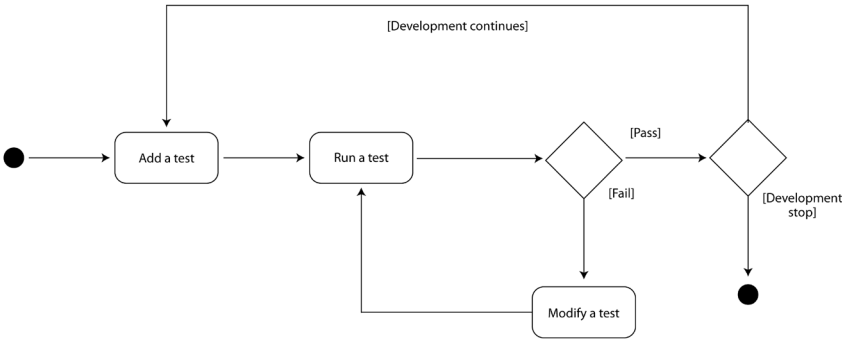


An industry experiment on the effects of test-driven development on external quality and productivity	“TDD obliga a los desarrolladores a pensar en bits más pequeños, es decir, en términos de las subtarefas de la funcionalidad, que se pueden probar, y a rediseñar el código después de implementar cada subtarea.” (Tosun <i>et al.</i> , 2017)	2017
---	---	------

**Fuente:** elaboración propia.

En el análisis de la Tabla 4, se obtienen los fundamentos en el cual se sustenta la metodología Test-Driven Development, los cuales consisten en realizar pequeños fragmentos de código para cada función o modulo a desarrollar con el objetivo de promover el desarrollo de códigos más limpios y de índices de calidad óptimos.

En la Ilustración 2, clarifica los procesos a ejecutarse durante la fase de producción de un código. Empieza con la entrada de un nuevo fragmento de prueba, el cuál pasa por la fase de testeo donde se define si continua con la pre producción en caso de no presentar errores de lo contrario se devuelve a la fase de modificar y se vuelve a correr la misma prueba. Ya en la etapa de producción o desarrollo se verifica si se ha realizado la refactorización o limpieza del código y termina.



**Ilustración 2.** Proceso de TDD.

**Fuente:** (Kerthyayana Manuaba, 2019)

2.5. EXTREME PROGRAMMING (XP)

Tabla 5. Metodología Extreme Programming.

TÍTULO	CONTENIDO	AÑO
To what extent the medical device software regulations can be achieved with agile software development methods? XP—DSDM—Scrum	“XP fue desarrollado por Kent Beck en 1999 y proporciona una colección de prácticas de ingeniería de software. Aunque las prácticas no son novedosas, XP las reúne para facilitar el cambio y producir software de mayor calidad a un ritmo sostenible.” (Özcan-Top y McCaffery, 2019)	2019
Integrating design thinking into extreme programming	“El lema del principio de XP es “Abrazar el cambio” y los cuatro valores fundamentales que permiten a todo el equipo estar constantemente en contacto y responder al entorno cambiante son la simplicidad, la comunicación, la retroalimentación y el coraje” (Sohaib <i>et al.</i> , 2019)	2019

Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en la Tabla 5, Extreme Programming está enfocado a la aplicación de buenas prácticas para la producción ágil del software. Entre sus características más importantes son: la flexibilidad frente a los cambios, la producción en corto tiempo, fomenta el ambiente de trabajo en equipo, la producción sostenible y la calidad del software, entre otras.

Extreme Programming (XP), cuenta con cuatro fases: Planificación, Diseño, Desarrollo y Pruebas; cada etapa es co-dependiente de la fase anterior para determinar el curso que toma el proyecto durante su ciclo de vida como lo ejemplifica en la Ilustración 3.

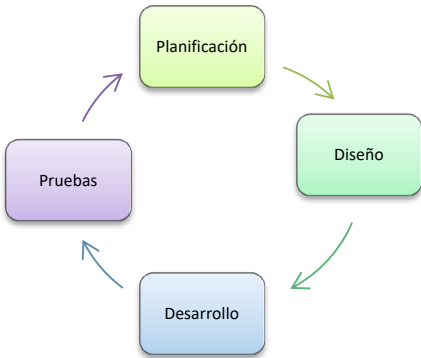


Ilustración 3. Proceso Extreme Programming.

Fuente: elaboración propia.

## 2.6. SCRUM

Tabla 6. Metodología Scrum.

TÍTULO	CONTENIDO	AÑO
Scrum Language Use in a Software Engineering Firm: An Exploratory Study	"Scrum, una implementación particular de los principios ágiles, es un enfoque ágil altamente estilizado para la gestión de proyectos en términos de personal, reuniones y tareas" (Friess, 2019)	2019
Targeted Scrum: Applying Mission Command to Agile Software Development	Procesos presentes en Scrum: " <ul style="list-style-type: none"><li>• Product backlog</li><li>• Sprint Planning</li><li>• Sprint backlog</li><li>• Sprint</li><li>• Product increment</li><li>• Sprint review</li><li>• Sprint retrospective."</li></ul> (Harvie y Agah, 2016)	2016

Fuente: elaboración propia.

En el análisis realizado en la Tabla 6, se define a Scrum como un paradigma para el desarrollo de software que usa los fundamentos o principios ágiles y los enfoca para la estimulación del trabajo colaborativo con el fin de obtener el mejor resultado posible. En la Ilustración 4, se ejemplifica el procedimiento de cada fase y proceso dentro de la metodología Scrum.

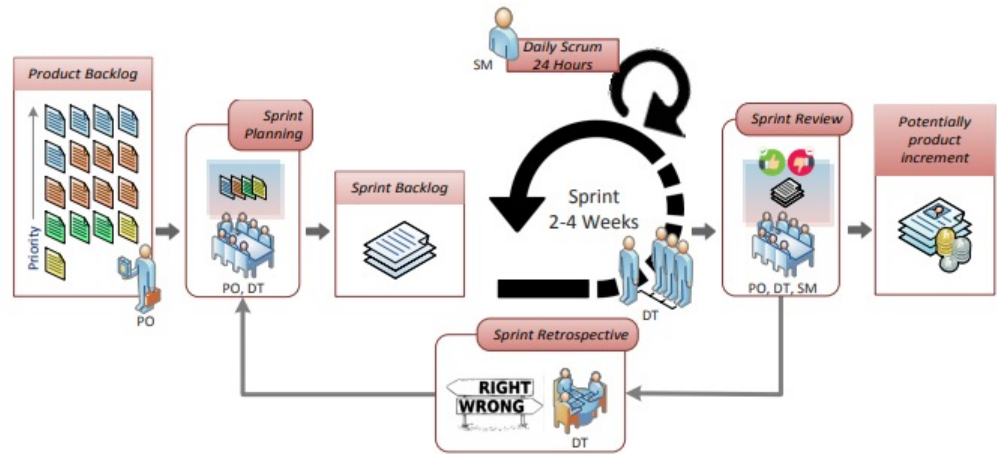


Ilustración 4. Secuencia de procesos de Scrum.

Fuente: (Barcelos y Silva, 2020).

## 2.7. RATIONAL UNIFIED PROCESS (RUP)

Tabla 7. Metodología RUP.

TÍTULO	CONTENIDO	AÑO
Scrum versus Rational Unified Process in facing the main challenges of product configuration systems development	“RUP es una metodología de desarrollo de software que no sigue el enfoque tradicional en cascada, pero prescribe varias iteraciones incrementales para obtener comentarios del usuario, lo cual es útil para alinear la solución de software con los requisitos del usuario.” (Shafiee <i>et al.</i> , 2020)	2020

Integrating the Rational Unified Process and participatory design for development of socio-technical systems: a user participative approach	“Según RUP, la vida útil de un sistema se describe como un número finito de ciclos de desarrollo. Cada ciclo de desarrollo se divide en las cuatro fases del proyecto: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición. Las fases, a su vez, se dividen en una serie de iteraciones, dependiendo de las necesidades y el tamaño del proyecto.” (Pilemalm <i>et al.</i> , 2007)	2007
---	--	------

Fuente: elaboración propia.

Según el análisis de la Tabla 7, RUP a diferencia del enfoque del desarrollo tradicional, utiliza procesos incrementables con iteraciones que es proporcional a las necesidades del proyecto y dimensión del mismo.

El objetivo de RUP, es la adaptación a los requerimientos del cliente para el aseguramiento de la producción de un software de calidad que satisfaga las necesidades del usuario.

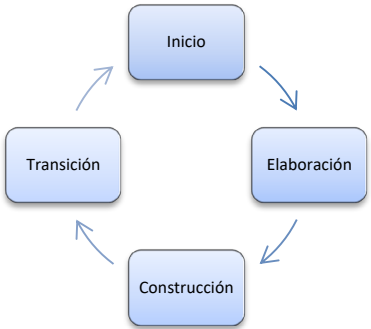


Ilustración 5. Metodología RUP.

Fuente: elaboración propia.

## 2.8. KANBAN

Tabla 8. Metodología Kanban.

TÍTULO	CONTENIDO	AÑO
Knowledge kanban system for virtual research and development	“Kanban es la palabra japonesa para tarjeta visual que proporciona información para regular el flujo de inventario y materiales. Kanban tiene tres reglas: (1) visualizar el flujo de trabajo, (2) limitar el trabajo en progreso (WIP) en cada estado del flujo de trabajo y (3) medir el tiempo de entrega (es decir, el tiempo promedio para completar un elemento)” (Jou Lin <i>et al.</i> , 2013)	2018
Kanban in software engineering: A systematic mapping study	“Kanban es descrito Kanban (K mayúscula) es un método de cambio evolutivo que utiliza un sistema de extracción de kanban (k pequeña), visualización y otras herramientas para catalizar la introducción de ideas Lean... el proceso es evolutivo e incremental” (Ahmad <i>et al.</i> , 2018)	2018
The kanban approach, between agility and leanness: a systematic review	“identifica cinco elementos para la implementación exitosa del método Kanban: 1) visualizar el flujo de trabajo, 2) limitar el trabajo en progreso (WIP), 3) administrar el flujo, 4) hacer que las políticas sean explícitas y 5) implementar ciclos de retroalimentación.” (Al-Baik y Miller, 2015)	2015

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 8, Kanban es una metodología con orientación al desarrollo ágil, su prioridad es estimular el rendimiento, la organización o colaboración y la distribución de trabajo. Se desenvuelve en torno a tres preceptos que buscan regular o normalizar los recursos del proyecto.

Kanaban mantiene un planteamiento definido por fases o etapas como se muestra en la Ilustración 6. Entre las características de esta metodología es su capacidad para identificar los cuellos de botella durante la iteración de cada fase.

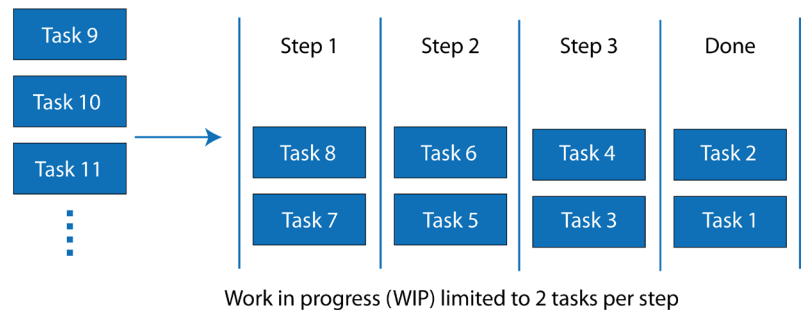


Ilustración 6. Proceso de Kanban.

Fuente: (Lei *et al.*, 2017).

## 2.9. SCRUMBAN

Tabla 9. Metodología Scrumban.

TÍTULO	CONTENIDO	AÑO
A procedure to detect problems of processes in software development projects using Bayesian networks	“Este enfoque se basa en procesos ligeros con un enfoque incremental para la especificación, el desarrollo y la entrega de software para maximizar la entrega de valor a los clientes. Tiene la intención de entregar software de trabajo rápidamente a los usuarios, quienes luego pueden proponer requisitos nuevos y modificados para ser incluidos en iteraciones posteriores del sistema.”(Perkusich <i>et al.</i> , 2015)	2015
Perceived importance of agile requirements engineering practices – A survey	“Los métodos ágiles más populares fueron Scrum y Kanban. Un poco menos populares fueron eXtreme Programming (XP) y Scrumban.”(Ochodek y Kopczyńska, 2018)	2018

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el estudio planteado en la Tabla 9 sobre la metodología Scrumban, se identifican las características de mayor impacto sobre el desarrollo de software ágil. Scrumban, surgió a partir de la

combinación de Scrum y Kanban en busca del equilibrio entre la eficacia y eficiencia.

El proceso de Scrumban corresponde a un modelo firme enfocado a procesos iterativos e incrementales, la mejora continua del producto a través de la eficiencia y la entrega continua.

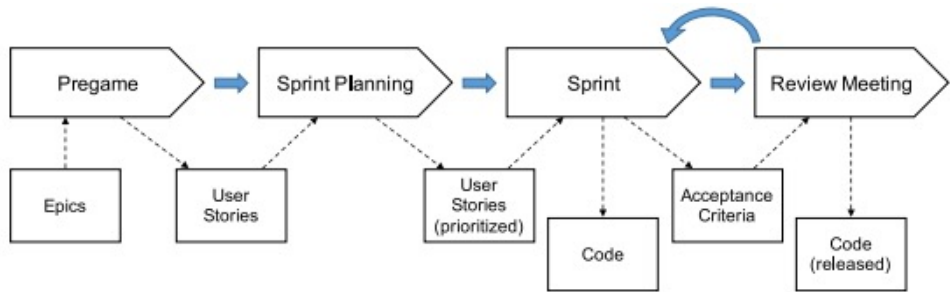


Ilustración 7. Proceso de Scrumban.

Fuente: (Lunesu *et al.*, 2018).

## 2.10. ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS

Haciendo una retroalimentación a las características u objetivos principales de las metodologías utilizadas en el desarrollo de aplicaciones móviles Tabla 10, se establecen criterios de comparación para un análisis un poco más profundo en cuanto a las ventajas y desventajas entre los marcos de referencia para la producción de aplicaciones móviles.

Tabla 10. Características generales de las metodologías.

METODOLOGÍAS	ACRÓNIMO	CARACTERÍSTICAS U OBJETIVOS GENERALES
Mobile-D	Mobile-D	<ul style="list-style-type: none"><li>• Busca resultados rápidos</li><li>• Enfocado al desarrollo móvil</li><li>• Sus etapas se dividen en ciclos de tres días</li><li>• Es un modelo ágil</li></ul>



Test-Driven Development	TDD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar escribir código innecesario</li> <li>• Estimula la confianza del desarrollador en su código</li> <li>• Realiza la detección de todos los posibles errores antes del lanzamiento del producto.</li> </ul>
Extreme Programming	XP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo incremental e iterativo</li> <li>• Estimula la relación cliente-desarrollador</li> <li>• Refactorización del código</li> <li>• Ejecución de pruebas continuas</li> </ul>
SCUM	SCRUM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos iterativos e incrementales</li> <li>• Aplicación de entregables</li> <li>• Versátil a entornos cambiantes</li> <li>• Emplea principios ágiles</li> </ul>
Rational Unified Process	RUP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza para el desarrollo de sistemas orientados a objetos</li> <li>• Orientado al desarrollo web y móvil</li> <li>• Utiliza casos de uso</li> </ul>
KANBAN	KANBAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo del riesgo</li> <li>• Enfocado a la producción de calidad</li> <li>• El ritmo de trabajo soportado y sustentable.</li> <li>• Optimización del trabajo</li> </ul>
Scrumban	Scrumban	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los procesos son iterativos e incrementales de manera continua</li> <li>• Relación estrecha entre los involucrados del proyecto</li> <li>• Orientado a la eficiencia y efectividad</li> </ul>

**Fuente:** elaboración propia.

En la Tabla 11 se plantea un marco de valorización para referenciar la escala de proyecto a través de un identificador utilizado en la Tabla 12. De acuerdo con las características pertenecientes a cada metodología con relación al tipo de proyecto que lo soporta.

De acuerdo con el análisis en la Tabla 12, las metodologías de desarrollo presentan cierta similitud en más de un criterio establecido para su estudio como en la escala o magnitud del proyecto en el que son empleadas, el tamaño del equipo de trabajo. De igual manera se observa la disparidad con otros criterios como los roles y fases.

**Tabla 11.** Valoración del tamaño de proyectos.

IDENTIFICADOR	ESCALA
1	Proyectos de desarrollo Grandes
2	Proyectos de desarrollo Medianos
3	Proyectos de desarrollo Pequeño

**Fuente:** elaboración propia.**Tabla 12.** Análisis de metodologías.

	METODOLOGÍAS						
Parámetro	Mobile-D	TDD	XP	SCRUM	RUP	KANBAN	Scrumban
Fases	Exploración. Iniciación. Producción. Estabilización. Pruebas	Añadir test. Correr test. Modificar test. Despliegue.	Añadir test. Correr test. Modificar test. Despliegue.	Planificación de sprint. Etapa de desarrollo. Revisión de sprint. Retroalimentación.	Inicio. Elaboración. Construcción. Transición.	Petición de tareas. Selección de tareas. Desarrollo. Prueba. Finalización	Backlog. Selección de tareas. Análisis y diseño. Construcción. Integración y pruebas. Cierre.
Escala / Magnitud del proyecto	2-3	1-2	1-2-3	1-2-3	2-3	2-3	2-3
Tamaño de equipo (número de personas)	<11	No definido	>10	>7	>15	No definido	No definido
Roles	No definido	Cliente Analista de negocio Desarrolladores Arquitectos Administradores del sistema	Desarrollador Cliente Tester Tracker Coach Gestor	Scrum master Product Owner Team	Analistas Desarrolladores Gestores Apoyo Tester	No definido	No definido

**Fuente:** elaboración propia

### 3. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación es de carácter descriptivo, explicativo y heurístico con el objetivo de seleccionar los datos adecuados de todo el material documental a fin de realizar el procedimiento de revisión y descripción (Shemberko y Sliva, 2016). El enfoque de este trabajo es el análisis de las metodologías utilizadas en la producción de software móvil, para ello se definieron cuatro etapas:

La investigación bibliográfica de investigaciones o trabajos relacionados a las metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles.

Identificación y procesamiento de datos recolectados de fuentes con factor de impacto en el campo de la investigación.

Estudio comparativo de la información o datos recolectados con la verificación correspondiente.

Construcción de resultados y conclusiones sobre las metodologías de desarrollo enfocadas a la producción de aplicaciones móviles.

### 4. RESULTADOS

El crecimiento exponencial del desarrollo de aplicaciones móviles es el producto de la evolución tecnológica y la necesidad de mantenerse conectados a través de la red para realizar distintas actividades tanto laborales como de entretenimiento. Este hecho dio lugar al surgimiento de nuevas metodologías de desarrollo de software con enfoques a las denominadas prácticas ágiles cuyo objetivo es la producción de software de calidad. La selección de metodologías para la construcción de aplicaciones móviles se inclina por aquellos marcos de trabajo enfocados al desarrollo ágil; incluso metodologías creadas específicamente para la producción de aplicaciones móviles como Mobile-D se basan en los mismos principios y buenas prácticas del enfoque ágil. Sin embargo, no todas las metodologías de desarrollo ágil se las puede considerar viables para la producción de aplicaciones móviles debido al contexto de desarrollo para

el que fueron creadas. Es decir, existen metodologías con enfoque ágil, pero son estructuradas para la producción de aplicaciones o sistemas web o de escritorio.

**Tabla 13.** Investigaciones relacionadas.

# DOCUMENTO	AUTOR / ES	TÍTULO	LUGAR
1	Sukhpreet Kaur y Kanwalvir Singh Dhindsa	Design and Development of Android Based Mobile Application for Specially Abled People. (Kaur y Dhindsa, 2020)	India
2	Mamta Pandey, Ratnesh Litoriya y Prateek Pandey	Application of Fuzzy DEMATEL Approach in Analyzing Mobile App Issues. (Pandey <i>et al.</i> , 2019)	India
3	Alisa Ananjeva, John Stouby Persson, y Anders Bruun	Integrating UX work with agile development through user stories: An action research study in a small software company. (Ananjeva <i>et al.</i> , 2020)	Dinamarca
4	Anna Zaitsev, Uri Gal, y Barney Tan	Coordination artifacts in Agile Software Development. (Zaitsev <i>et al.</i> , 2020)	Australia
5	Pilar Mata, Austin Chamney, Gary Viner, Douglas Archibald y Liam Peyton	A development framework for mobile healthcare monitoring apps. (Mata <i>et al.</i> , 2015)	Londres
6	Steffen Vaupel, Gabriele Taentzer, René Gerlach y Michael Guckert	Model-driven development of mobile applications for Android and iOS supporting role-based app variability.(Vaupel <i>et al.</i> , 2018)	Alemania
7	Karina Curcio, Rodolfo Santana, Sheila Reinehr, Andreia Malucelli	Usability in agile software development: A tertiary study. (Curcio <i>et al.</i> , 2019)	Brazil

8	S. Sivaprakash y M. Venkatesan	A design and development of an intelligent jammer and jamming detection methodologies using machine learning approach. (Sivaprakash y Venkatesan, 2019)	India
9	Luis Valente, Bruno Feijó y Julio Cesar Sampaio do Prado Leite	Mapping quality requirements for pervasive mobile games. (Valente <i>et al.</i> , 2017)	Londres
10	Porfirio Tramontana, Domenico Amalfitano, Nicola Amatucci y Anna Rita Fasolino	Automated functional testing of mobile applications: a systematic mapping study. (Tramontana <i>et al.</i> , 2019)	Italia
11	Cinzia Bernardeschi, Luca Cassano y Andrea Domenici	SRAM-Based FPGA Systems for Safety-Critical Applications: A Survey on Design Standards and Proposed Methodologies. (Bernardeschi <i>et al.</i> , 2015)	Italia
12	Ainhoa Aldave, Juan M. Vara, David Granada, y Esperanza Marcos	Leveraging creativity in requirements elicitation within agile software development: A systematic literature review. (Aldave <i>et al.</i> , 2019)	España

**Fuente:** elaboración propia.

## 5. DISCUSIÓN

El punto de partida de esta investigación fue la necesidad de conocer la metodología de desarrollo de software adecuada para la producción de aplicaciones móviles. Para ello se llevó a cabo una investigación exhaustiva de las metodologías más populares en el ámbito del desarrollo de aplicaciones móviles para contestar a los enigmas que surgieron a lo largo de la investigación.

El manifiesto ágil a través de sus principios y buenas prácticas ha tenido un gran impacto sobre las metodologías de desarrollo indistintamente si se trata de desarrollo web, móvil o de escritorio. Marcos de trabajo como Extreme Programming, Scrum, Kanban, TDD, entre otras; utilizan principios del manifiesto ágil que se caracterizan por ser iterativos, flexibles al cambio, mantener la prioridad de la funcionalidad sobre la documentación, etc. Sin embargo, las metodologías que sobresalen de aquellas que emplean los mismos principios son: Extreme Programming, Kanban y Scrum (Matharu *et al.*, 2015) por diferentes factores que toman en consideración durante el ciclo de vida del software.

Sin embargo, Taibi *et al.* (2017), en su investigación, demuestra la disparidad que existe en medio de Extreme Programming, Scrum y Kanban en aspectos relacionados a la comunicación interna entre cada integrante en sus grupos de proyecto. Una de las causas de este hecho es la forma en como manejan el flujo de información en cada grupo de trabajo. Scrum y Kanban al estar estructurados y enfocados a la comunicación general, opta por realizar reuniones entre varios miembros del equipo para dar soporte y seguimiento a los procesos en curso a diferencia de Extreme Programming que fomenta la participación uno a uno.

La escalabilidad es otro factor importante para el análisis, puesto que se considera la aplicación de la metodología a distintos tipos de proyecto en cuanto a la magnitud o alcance del mismo durante su ejecución. Por lo tanto, Scrum mantiene la ventaja sobre Kanban y otras metodologías, debido a su adaptación a todo tipo de proyecto, posee un mejor sistema de comunicación, la iteración que realiza entre sus fases, el uso de herramientas que promueven la participación en conjunto, etc. Todas estas características han sido propicias para considerar a Scrum como la metodología más optima dentro del desarrollo de aplicaciones móviles.

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados alcanzados en la presente investigación se puede concluir que las metodologías de desarrollo de software con base en las buenas prácticas ágiles en la actualidad son

mayormente utilizadas por los beneficios que aportan para la construcción de soluciones de software. Sin embargo, en el ámbito del desarrollo de aplicaciones móviles, no es posible hacer uso de cualquier metodología del género ágil debido a la parte estructural de algunos marcos de trabajo que están enfocados al desarrollo de software o sistemas web.

La metodología Scrum ha sido caracterizada por los beneficios que aporta para la realización de un proyecto de software. En la comparación ejecutada entre las metodologías más populares del enfoque ágil se logró evidenciar cierta similitud que mantienen estos marcos de trabajo fundamentados en los mismos principios. No obstante, Scrum hace énfasis sobre un modelo de desarrollo incremental en bloques de ciclo corto que beneficia la sincronización de la información fomentando la flexibilidad frente a los nuevos cambios que se requieran ejecutar durante la realización del proyecto sin restricciones en cuanto al tamaño del proyecto. Por lo tanto, esta metodología es considerada con mayor frecuencia para el desarrollo de aplicaciones móviles.

## REFERENCIAS BIBLIORÁFICAS

- Ahmad, M. O., Dennehy, D., Conboy, K., y Oivo, M.** (2018). Kanban in software engineering: A systematic mapping study. *Journal of Systems and Software*, 137, 96-113. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.11.045>
- Al-Baik, O., y Miller, J.** (2015). The kanban approach, between agility and leanness: A systematic review. *Empirical Software Engineering*, 20(6), 1861-1897. <https://doi.org/10.1007/s10664-014-9340-x>
- Aldave, A., Vara, J. M., Granada, D., y Marcos, E.** (2019). Leveraging creativity in requirements elicitation within agile software development: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*, 157, 110396. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.110396>

- Amorim, A. C., Mira, M., Pereira, R., y Gonçalves, M.** (2020). Using agile methodologies for adopting COBIT. *Information Systems*, 101496. <https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101496>
- Ananjeva, A., Persson, J. S., y Bruun, A.** (2020). Integrating UX work with agile development through user stories: An action research study in a small software company. *Journal of Systems and Software*, 170, 110785. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110785>
- Barcelos Bica, D. A., y Silva, C. A. G. da.** (2020). Learning Process of Agile Scrum Methodology With Lego Blocks in Interactive Academic Games: Viewpoint of Students. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 15(2), 95-104. <https://doi.org/10.1109/RITA.2020.2987721>
- Batarseh, F. A., y Gonzalez, A. J.** (2018). Predicting failures in agile software development through data analytics. *Software Quality Journal*, 26(1), 49-66. <https://doi.org/10.1007/s11219-015-9285-3>
- Batra, D.** (2020). Job-work fit as a determinant of the acceptance of large-scale agile methodology. *Journal of Systems and Software*, 168, 110577. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110577>
- Bernardeschi, C., Cassano, L., y Domenici, A.** (2015). SRAM-Based FPGA Systems for Safety-Critical Applications: A Survey on Design Standards and Proposed Methodologies. *Journal of Computer Science and Technology*, 30(2), 373-390. <https://doi.org/10.1007/s11390-015-1530-5>
- Cerqueira, M. M. B., Magalhães, A. P., Saba, H., y Jorge, E. M. F.** (2018). A Software Development Process for Super Agile Projects. *Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Information Systems*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3229345.3229399>
- Corral, L., Sillitti, A., y Succi, G.** (2015). Software assurance practices for mobile applications. *Computing*, 97(10), 1001-1022. <https://doi.org/10.1007/s00607-014-0395-8>
- Curcio, K., Santana, R., Reinehr, S., y Malucelli, A.** (2019). Usability in agile software development: A tertiary study. *Computer Standards & Interfaces*, 64, 61-77. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.12.003>



- Friess, E.** (2019). Scrum Language Use in a Software Engineering Firm: An Exploratory Study. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 62(2), 130-147. <https://doi.org/10.1109/TPC.2019.2911461>
- Harvie, D. P., y Agah, A.** (2016). Targeted Scrum: Applying Mission Command to Agile Software Development. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 42(5), 476-489. <https://doi.org/10.1109/TSE.2015.2489654>
- Hassan, S., Shang, W., y Hassan, A. E.** (2017). An empirical study of emergency updates for top android mobile apps. *Empirical Software Engineering*, 22(1), 505-546. <https://doi.org/10.1007/s10664-016-9435-7>
- Jabangwe, R., Edison, H., y Duc, A. N.** (2018). Software engineering process models for mobile app development: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*, 145, 98-111. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.08.028>
- Jou, C., Frank, F., y Min, Y.** (2013). Knowledge kanban system for virtual research and development. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(3), 119-134. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2012.04.020>
- Kaur, S., y Dhindsa, K. S.** (2020). Design and Development of Android Based Mobile Application for Specially Abled People. *Wireless Personal Communications*, 111(4), 2353-2367. <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06990-y>
- Kaushik, A., Tayal, D. Kr., y Yadav, K.** (2020). A Comparative Analysis on Effort Estimation for Agile and Non-agile Software Projects Using DBN-ALO. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(4), 2605-2618. <https://doi.org/10.1007/s13369-019-04250-6>
- Kerthyayana, I. B.** (2019). Combination of Test-Driven Development and Behavior-Driven Development for Improving Backend Testing Performance. *Procedia Computer Science*, 157, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.144>

- Lunesu, M. I., Münch, J., Marchesi, M., y Kuhrmann, M.** (2018). Using simulation for understanding and reproducing distributed software development processes in the cloud. *Information and Software Technology*, 103, 226-238. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2018.07.004>
- Martinez, D., Ferre, X., Guerrero, G., y Juristo, N.** (2020). An Agile-Based Integrated Framework for Mobile Application Development Considering Ilities. *IEEE Access*, 8, 72461-72470. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2987882>
- Mata, P., Chamney, A., Viner, G., Archibald, D., y Peyton, L.** (2015). A development framework for mobile healthcare monitoring apps. *Personal and Ubiquitous Computing*, 19(3), 623-633. <https://doi.org/10.1007/s00779-015-0849-9>
- Matharu, G. S., Mishra, A., Singh, H., y Upadhyay, P.** (2015). Empirical Study of Agile Software Development Methodologies: A Comparative Analysis. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 40(1), 1–6. <https://doi.org/10.1145/2693208.2693233>
- McIlroy, S., Ali, N., Khalid, H., y Hassan, A. E.** (2016). Analyzing and automatically labelling the types of user issues that are raised in mobile app reviews. *Empirical Software Engineering*, 21(3), 1067-1106. <https://doi.org/10.1007/s10664-015-9375-7>
- Ochodek, M., y Kopczyńska, S.** (2018). Perceived importance of agile requirements engineering practices – A survey. *Journal of Systems and Software*, 143, 29-43. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.05.012>
- Özcan-Top, Ö., y McCaffery, F.** (2019). To what extent the medical device software regulations can be achieved with agile software development methods? XP—DSDM—Scrum. *The Journal of Supercomputing*, 75(8), 5227-5260. <https://doi.org/10.1007/s11227-019-02793-x>
- Pandey, M., Litoriya, R., y Pandey, P.** (2019). Application of Fuzzy DEMATEL Approach in Analyzing Mobile App Issues. *Programming and Computer Software*, 45(5), 268-287. <https://doi.org/10.1134/S0361768819050050>

- Perkusich, M., Soares, G., Almeida, H., y Perkusich, A.** (2015). A procedure to detect problems of processes in software development projects using Bayesian networks. *Expert Systems with Applications*, 42, 437–450. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.08.015>
- Pilemalm, S., Lindell, P.-O., Hallberg, N., y Eriksson, H.** (2007). Integrating the Rational Unified Process and participatory design for development of socio-technical systems: A user participative approach. *Design Studies*, 28(3), 263-288. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2007.02.009>
- Shafiee, S., Wautelet, Y., Hvam, L., Sandrin, E., y Forza, C.** (2020). Scrum versus Rational Unified Process in facing the main challenges of product configuration systems development. *Journal of Systems and Software*, 170, 110732. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110732>
- Shemberko, L. V., y Sliva, A. I.** (2016). Literary studies: Information consumers, databases, principles of informal processing, and search strategies. *Scientific and Technical Information Processing*, 43(4), 217-228. <https://doi.org/10.3103/S0147688216040031>
- Sivaprakash, S., y Venkatesan, M.** (2019). A design and development of an intelligent jammer and jamming detection methodologies using machine learning approach. *Cluster Computing*, 22(1), 93-101. <https://doi.org/10.1007/s10586-018-2822-7>
- Sohaib, O., Solanki, H., Dhaliwa, N., Hussain, W., y Asif, M.** (2019). Integrating design thinking into extreme programming. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(6), 2485-2492. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-0932-y>
- Taibi, D., Lenarduzzi, V., Ahmad, M. O., y Liukkunen, K.** (2017). Comparing Communication Effort within the Scrum, Scrum with Kanban, XP, and Banana Development Processes. *Proceedings of the 21st International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 258–263. <https://doi.org/10.1145/3084226.3084270>

- Tosun, A., Dieste, O., Fucci, D., Vegas, S., Turhan, B., Erdogmus, H., Santos, A., Oivo, M., Toro, K., Jarvinen, J., y Juristo, N.** (2017). An industry experiment on the effects of test-driven development on external quality and productivity. *Empirical Software Engineering*, 22(6), 2763-2805. <https://doi.org/10.1007/s10664-016-9490-0>
- Tramontana, P., Amalfitano, D., Amatucci, N., y Fasolino, A. R.** (2019). Automated functional testing of mobile applications: A systematic mapping study. *Software Quality Journal*, 27(1), 149-201. <https://doi.org/10.1007/s11219-018-9418-6>
- Turner-McGrievy, G. M., Hales, S. B., Schoffman, D. E., Valafar, H., Brazendale, K., Weaver, R. G., Beets, M. W., Wirth, M. D., Shivappa, N., Mandes, T., Hébert, J. R., Wilcox, S., Hester, A., y McGrievy, M. J.** (2017). Choosing between responsive-design websites versus mobile apps for your mobile behavioral intervention: Presenting four case studies. *Translational Behavioral Medicine*, 7(2), 224-232. <https://doi.org/10.1007/s13142-016-0448-y>
- Valente, L., Feijó, B., y Leite, J. C. S. do P.** (2017). Mapping quality requirements for pervasive mobile games. *Requirements Engineering*, 22(1), 137-165. <https://doi.org/10.1007/s00766-015-0238-y>
- Vaupel, S., Taentzer, G., Gerlach, R., y Guckert, M.** (2018). Model-driven development of mobile applications for Android and iOS supporting role-based app variability. *Software & Systems Modeling*, 17(1), 35-63. <https://doi.org/10.1007/s10270-016-0559-4>
- Yang, P., Liu, Z., Xu, J., Huang, Y., y Pan, Y.** (2020). An Empirical Study on the Ability Relationships Between Programming and Testing. *IEEE Access*, 8, 161438-161448. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3018718>
- Zaitsev, A., Gal, U., y Tan, B.** (2020). Coordination artifacts in Agile Software Development. *Information and Organization*, 30(2), 100288. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2020.100288>



/02/

# AGENTE CONVERSACIONAL PARA CONSULTAS SOBRE SERVICIO MÉDICO EN UNA CLÍNICA PRIVADA

## CONVERSATIONAL AGENT FOR CONSULTATION ON MEDICAL SERVICES IN A PRIVATE CLINIC

---

**Johana Maigua-Guanoluisa**

Egresada de Carrera de Marketing y Gestión de Negocios, Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador).

E-mail: [amaigua5939@uta.edu.ec](mailto:amaigua5939@uta.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3752-007X>

**Patricio Medina-Chicaiza**

Docente de la Escuela de Ingeniería de Sistemas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato.

Grupo de Investigación de Desarrollo Territorial, Empresa e Innovación (DeTEI),

Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador).

E-mail: [pmolina@pucesa.edu.ec](mailto:pmolina@pucesa.edu.ec) / [ricardopmedina@uta.edu.ec](mailto:ricardopmedina@uta.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2736-8214>

**Carlos Beltrán-Avalos**

Docente de la Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador).

E-mail: [cj.beltran@uta.edu.ec](mailto:cj.beltran@uta.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7712-0620>

**Recepción:** 11/01/2021 **Aceptación:** 13/04/2021 **Publicación:** 14/06/2021

### Citación sugerida:

Maigua-Guanoluisa, J., Medina-Chicaiza, P., y Beltrán-Avalos, C. (2021). Agente conversacional para consultas sobre servicio médico en una clínica privada. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 10(2), 47-71. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n2e38.47-71>

## RESUMEN

Los agentes conversacionales son programas que utilizan procesamiento de lenguaje natural con un sistema de preguntas y respuestas. La investigación tiene como objetivo proponer la implementación de un agente conversacional para consultas más frecuentes en clínicas de salud privadas. El marco conceptual se sustenta a partir de revisión y recopilación de referencias bibliográficas en inglés y español de revistas indexadas, libros, informes de organismos nacionales e internacionales, concerniente al tema, del mismo modo la metodología se construye con aplicaciones de fichas de observación a las 16 clínicas privadas de Ambato (Ecuador), entrevistas a expertos, investigación de proveedores de software. Como evidencia de resultados se prioriza las ventajas de usar un agente conversacional para resolver consultas médicas, por tal motivo, se recomendó un procedimiento metodológico para su implementación que consta de 6 fases: 1. Análisis de cliente potencial, 2. Selección de proveedor, 3. Selección de plataforma de mensajería, 4. Instalación y Configuración, 5. Capacitación y pruebas, 6. Control y Evaluación.

## PALABRAS CLAVE

Agente Conversacional, Inteligencia Artificial, Servicios, Medicina, Clínicas, Consultas Médicas.



## ABSTRACT

*Conversational agents are programs that use natural language processing with a question and answer system. The research aims to propose the implementation of a conversational agent for more frequent consultations in private health clinics. The conceptual framework is supported by the review and compilation of bibliographic references. English and Spanish from indexed journals, books, reports from national and international organizations, concerning the subject, in the same way, the methodology is built with applications of observation sheets to the 16 private clinics in Ambato (Ecuador), interviews with experts, research of software providers. As evidence of results, the advantages of using a conversational agent to solve medical consultations are prioritized. For this reason, a methodological procedure was recommended for its implementation that consists of 6 phases: 1. Analysis of potential client, 2. Selection of provider, 3 Selection of messaging platform, 4. Installation and Configuration, 5. Training and tests, 6. Control and Evaluation.*

## KEYWORDS

*Conversational Agent, Artificial Intelligence, Services, Medicine, Clinics.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La tendencia de las empresas y organizaciones refuerzan sus estrategias, métodos y herramientas para llegar de manera eficiente a sus clientes con el objetivo de satisfacerlos, sean estas industriales o de servicio. En su publicación sobre ventaja competitiva; Porter (2015) sostiene ciertos aspectos relevantes como: capacidad de respuesta rápida, optimizar las oportunidades, experiencias en tiempo real; este último, permite el desarrollo de la tecnología como opción necesaria en la comunicación directa entre la empresa y el consumidor en menor tiempo. Además, se considera el término innovación como respuesta a la competitividad de las empresas que las desarrollen (Perez, 2019).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), declara que la finalidad primordial de los sistemas nacionales de salud es la calidad en la prestación de servicios a todas las personas, en el lugar y en el momento que las necesiten (OMS, 2017). La provisión del servicio de salud se divide en varios proveedores y estos a su vez proceden del sector público o del sector privado. En el Ecuador el Sistema Nacional de Salud (SNS) está segmentado en tres subsistemas, uno de ellos los prestadores o proveedores privados, estos a su vez enfocan su servicio a toda la zona urbana (Molina, 2019). Por tanto, los objetivos de la OMS como antecedente del servicio en las clínicas privadas del país conllevan a las mismas a enfocar sus esfuerzos en brindar una atención personalizada y de calidad, es por ello, la obligatoriedad de esta, en buscar nuevas vías de comunicación que les permitan interactuar con el público objetivo.

Estas instituciones de salud privadas, en el país han mantenido un crecimiento estable por factores como: inversión en tecnología, modelos de gestión aplicados en la administración. De ese modo, se prevé retos en el desarrollo y la prestación de servicios en el área médica, con mayor énfasis en las 718 clínicas privadas y 25 hospitales privados registrados en el país (INEC, 2015). Por ello, este importante sector merece atención e innovación por parte de la academia en la creación de nuevas propuestas que contribuyan a una mejora dentro de sus procesos administrativos y de servicios.

El médico y presidente Andrew Goddard, del Royal College of Physicians añade que en los últimos tiempos los avances tecnológicos en cuanto al servicio médico toman mayor importancia y define que el futuro está enmarcado en la inteligencia artificial. Varios expertos médicos afirman que los softwares y máquinas pueden ayudar a mejorar el servicio, que ofrecen cada clínica sea en atención, consultas, recetarios, y le atribuye el crédito total a los usuarios para medir la eficiencia y accesibilidad del uso que estos representan.

En una investigación de América Economía Intelligence (2019) sobre las mejores Clínicas y Hospitales en Latinoamérica se considera varios indicadores entre los más importantes: dirección o unidad de experiencia, dignidad y experiencia del paciente, tecnología para relacionarse con pacientes. El indicador tecnología que se considera en el estudio expuesto, prevé grandes esfuerzos de investigación y aplicación efectiva del mismo en áreas de servicio médico.

En un estudio presentado por la Cámara Ecuatoriana de Comercio Electrónico (2017), se conoce que el internet ha desarrollado un mercado digital muy destacado en la oferta de productos y servicios, enmarcando así que un 35 % de la ciudadanía adquieren sus productos o servicios con la ayuda de herramientas tecnológicas proporcionados por un portal web, mediante sus dispositivos móviles más recurrentes, se alude que los principales portales web poseen un agente conversacional o chatbot. Además, cada día crece el porcentaje de personas con acceso a la red mediante el uso de smartphone, tablets, laptops; lo que indica que fácilmente el consumidor se adhiere a un proceso sistemático tecnológico para realizar actividades principales como: hacer una compra, realizar consultas, ubicación geográfica; en cuanto al área médica: agendar citas, horarios de atención entre otros.

Agentes conversacionales (chatbots) son programas que utilizan procesamiento de lenguaje natural con un sistema de preguntas y respuestas, cuyo fin es simular un diálogo inteligente con el interlocutor humano, puede tener lugar ya sea mediante mensajes de texto o bien a través de la voz representa una herramienta creada para apoyar la relación cliente – empresa, lo que crea una interacción virtual a través de la tecnología del modo más humano posible (Gratch *et al.*, 2002).

Del mismo modo, estos agentes conversacionales se desarrollan sin objeción alguna en la red social que se desee, e independientemente del tipo del sector productivo al que pertenezca. Es necesario añadir que estos softwares se adhieren al idioma al que se lo configure, de la misma manera se procede con el tipo de o palabras clave que se requiera. Es imprescindible añadir la evolución de estos logrando la interacción no solo por texto sino también por voz (Muñoz, 2018).

Esta interacción virtual desemboca en una posible asistencia médica a través de telemedicina (Sampere, 2014). En los países que ya la desarrollan en la actualidad se observa el beneficio costo – efectividad, como también la descentralización del servicio médico en diversas redes de servicio hospitalario. Se considera a la telemedicina como una solución viable para acortar las brechas geográficas, como también para acceder a una variedad servicios (González y Sinche, 2016). Estos servicios entre otros pueden ser reserva de citas médicas con especialistas, procesamiento de datos clínicos: historias clínicas electrónicas, base de datos transferible de acuerdo como el paciente lo requiera, gestión diaria de información sobre pacientes hospitalizados.

En Ambato (Ecuador) a donde se dirige la investigación, la situación problemática que se obtiene a través de observación directa mediante fichas de registro es que las clínicas de salud de tipo privadas se desarrollan en un limitado proceso de soluciones tecnológicas tipificadas en inteligencia artificial: como agentes conversacionales, lo que demuestra el escaso conocimiento de la funcionalidad del mismo (Chat bot); así también se observa que no existe un área o departamento, por lo mismo un responsable especializado en el desarrollo de plataformas virtuales relacionadas con la comunicación cliente-empresa, que estén a la vanguardia de la tecnología y a la adaptabilidad de sus usuarios.

En tal razón el análisis de las plataformas informáticas resulta una cuestión prioritaria, con este análisis se aporta de algún modo a su conocimiento y proveer de un marco de referencia dirigido a las clínicas de salud que tengan la disposición de adoptar nuevas propuestas tecnológicas. Los beneficiarios directos de la presente investigación son todas las empresas dedicadas al servicio de salud sean estas del sector público y con mayor énfasis del sector privado, personas naturales que en algún momento demanden

de un servicio de salud, de la misma manera los profesionales de medicina, Administración, Marketing y afines.

Con todo lo expuesto, el presente estudio se encamina al análisis de un agente conversacional como herramienta tecnológica de interacción, con los clientes de una clínica de tipo privada en Ambato (Ecuador), además aporta un procedimiento sistemático para su implementación.

## 2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron métodos basados en la revisión de fuentes bibliográfica a partir de artículos académicos en bases de datos como Scielo, Redalyc, para ello se usó filtros de búsqueda como; chatbot, bots, agentes conversacionales en servicios mediados por TIC en medicina, con una respuesta de 68 artículos en los idiomas más comunes. La mayor cantidad de artículos corresponden a inteligencia artificial - medicina ya que arrojo un total de 160903 artículos de estos el 6 % en inglés y un 45 % en español y el resto de porcentaje se divide en idiomas como portugués y francés. Además, se consideró información de organismos nacionales gubernamentales y no gubernamentales: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Cámara Ecuatoriana de Comercio Electrónico, América Economía Intelligence (AE).

Para el análisis respectivo se consideró el total de 17 clínicas privadas de servicio médico registradas en INEC (2014), del Cantón Ambato-Ecuador, que fueron sometidas a un análisis a través de fichas de registro a la que se llamó instrumento estructurado aplicado directamente a cada clínica privada, para asentar de manera objetiva las evaluaciones alcanzadas por cada una, así como también las variables tecnológicas de servicios de cada una.

Vale la pena señalar que en Ambato-Ecuador se registran una concentración del 62% de clínicas privadas con respecto al 38% del total de clínicas existentes en toda la provincia.

Tabla 1. Análisis Situacional de clínicas privadas.

VARIABLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Internación		
Con internación	14	0.82
Sin internación	3	0.18
Tipo		
Con fines de lucro	15	0.88
Sin fines de lucro	2	0.12

Fuente: elaboración propia a partir de INEC 2014.

La Tabla 1 aclara el tipo de clínicas privadas que fueron sometidas a la investigación, el resultado evidencia que la mayor cantidad de la muestra tiene servicio de internación, y las mismas pertenecen a organizaciones con fines de lucro.

### 3. RESULTADOS

En esta parte de la investigación los datos demuestran el análisis situacional en cuanto a desarrollo de nuevas tecnologías y desarrollo de inteligencia artificial en las clínicas de salud tipo privadas en Ambato Ecuador, para seguidamente sugerir, a través de revisión bibliográfica: la implementación de un agente conversacional en dichas clínicas.

Análisis descriptivo y de consistencia de las variables tecnológicas de cada clínica de salud en Ambato (Ecuador).

Para realizar el análisis se planteó las variables propuestas por América Economía (2019), en su investigación como aporte del ranking de las mejores clínicas y hospitales de América Latina, dichas variables se demuestran en la Tabla 2, a fin de determinar la situación de cada clínica en estudio; los resultados que se obtuvieron se describen a continuación:

Tabla 2. Análisis descriptivo de clínicas de salud.

VARIABLE	FRECUENCIA	MEDIA
Tecnología para relacionarse con el paciente		
Fan Page	12	0.7
Página Web	11	0.64
Chatbot	3	0.17
Unidad de Experiencia del Paciente		
Área servicio al cliente	7	0.43
Seguridad	10	0.58
Eficiencia	12	0.7

Fuente: elaboración propia a partir de fichas de observación.

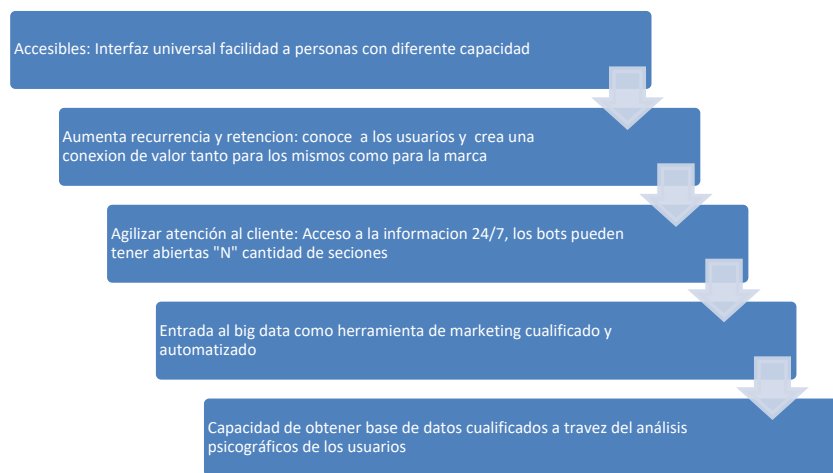
La tabla expuesta pone en evidencia el uso limitado o desconocimiento de la variable *chatbot* para generar citas, del total de la muestra únicamente el 17% tiene acceso a *chatbot* en sus respectivos portales web. Esta misma cifra hace notorio el porcentaje mínimo del 43% relacionado con el área de servicio al cliente en cada clínica.

Del mismo modo, se realizó entrevistas a los encargados o representantes de las clínicas de salud y se llevó una temática generalizada sobre tecnología en el servicio, con énfasis en agente conversacional empleado en página *web*, la importancia de las mismas, que tipo de beneficios perciben, el presupuesto que destinan a la tecnología, el perfil del profesional que debe encargarse del área.

Antecedentes de agentes conversacionales: desde la década de 1980 al diálogo se lo enfatiza dentro de las investigaciones de (Lenguaje de programación Natural) PNL, un elemento central inicia sobre el diálogo basado en texto, sin embargo, ahora se ha expandido para incluir el diálogo hablado (Hirschberg y Manning, 2015). Las SDS (sistemas de diálogo hablado) se tornan posibles debido a los avances en la precisión del reconocimiento de voz.

En la historia de los *chatbots* se registra a ELIZA en 1964 como el primer *Bot* con capacidad de dialogar en inglés, vale la pena señalar que fue configurado para hablar con los usuarios sobre sus problemas el desarrollo de este se le atribuye a Joseph Weizenbaum para IBM 7094 (Cerdas, 2017). En 1995 *Artificial Linguistic Internet Computer Entity* (ALICE) con capacidad para coleccionar lenguaje natural por medio de la web. Para el año 1997 (Clippy) hay disponibilidad de un agente conversacional en Windows, Microsoft lo configuró para facilitar el uso de Microsoft Office, sin embargo, agentes como el gato, el perro, el mago para versiones posteriores de *Office* 2003 (Watters, 2016).

Ya en el año 2011 se diseña SIRI y WATSON; el primero desarrollado por Apple para teléfonos la empresa Nuace y Apple crearon un agente amigable que responde preguntas sobre el clima, música, cálculos matemáticos. Por otro lado, Watson creado por IBM con capacidad de identificar el lenguaje con la precisión de un ser humano (Cerdas, 2017). Cortana y Alexa los agentes que se desarrollaron en el año 2014, Cortana se le atribuye su configuración a Microsoft con expansión para tabletas, computadoras y consolas de videojuego desde otra perspectiva Alexa creada por Amazon permite conocer información sobre productos, compras, recordatorios (Jo-Foley, 2013).



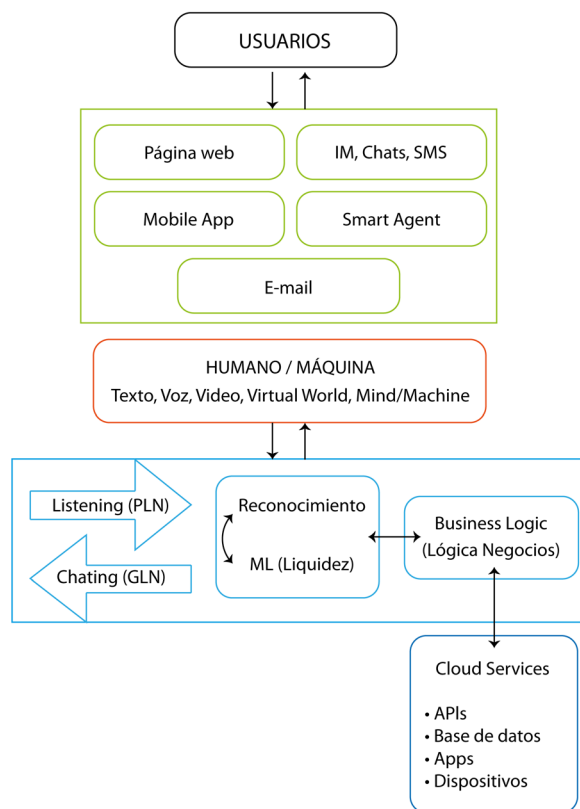
**Figura 1.** Ventajas de Chatbot.

**Fuente:** elaboración propia a partir de Charlan (2018), y Witcher, Wigder, y Katz (2014).



### Funcionalidad de un agente conversacional

El agente conversacional se puede identificarlo como agentes virtuales multiplataformas con capacidad de entender el lenguaje humano a través de la voz o escritura (Cloud.google, 2020), obtiene respuestas a través de una conversación en tiempo real, este agente se desarrolla en el marco de tres vías importantes. Su función se fundamenta en tres áreas como: canal de interacción, experiencia de usuario y ejecución de respuesta estas se demuestran en la Figura 2 (Syvänen y Valentini, 2020).



**Figura 2.** Acción de un Agente conversacional.

**Fuente:** elaboración propia a partir de Cerdas (2017), y Syvänen y Valentini (2020).

La figura muestra tres áreas: la primera parte de color verde demuestra los canales por los que el usuario puede acceder a un *chatbot*, la segunda área de color rojo la experiencia diseñada por el usuario, y el tercero y más amplio de color azul demuestra la ejecución del agente conversacional, en esta figura se detallan términos como:

PLN: en inglés *Natural Language Programing* (NLP) es un campo de las ciencias de la computación, inteligencia artificial y lingüística que estudia las interacciones entre las computadoras y el lenguaje humano. NLG: *Natural Language Generation* su foco es transformar datos estructurados en narrativa escrita. ML: sus siglas en inglés *Machine Learning*. Desarrolla técnicas que permitan el aprendizaje de las propias computadoras en función de patrones de comportamiento, o “entrenar a la máquina”. APIs: Acrónimo de (*Aplicación Programming Interface*) hace más fácil la interacción entre dos aplicaciones para el intercambio de datos, interfaz de usuario que permite la interacción y comunicación entre un *software* y una persona (LeCun, 2015).

Tipos de agentes conversacionales: Para abordar este tema se considera la documentación de Azure Bot Service, un entorno integrado especialmente diseñado para el desarrollo de los mismos, en el que se los categorizan en tres áreas: 1. Según el servicio que provee, 2. Diseño de interfaz, 3. Tecnología que usa (Microsoft, 2018). A continuación, se detalla cada uno y sus especificaciones respectivas.

- **Servicio:** Atención y servicio, Solución de preguntas rápidas, Procesos de Marketing.
- **Diseño de Interfaz:** Interfaz solo texto, Interfaz combinado entre texto, Botones multimedia.
- **Tecnología utilizada:** Chatbots cognitivo, Chatbot automático con inteligencia artificial, Chatbot de interacción de texto.

#### Ecosistema de un agente conversacional

Ecosistema se refiere a un grupo de organismos que comparten un mismo hábitat o biotopo, en el caso de estudio las mismas características de desarrollo. Para entender el complejo Ecosistema del Chatbot,

Cartagena (2107) y Mobgen (2016) enfatizan 4 áreas en el que se desarrolla el ecosistema de un agente conversacional:

- **Agentes de inteligencia Artificial:** Siri–Apple, Cortana-Microsoft, Bixby-Samsung, Asistant-Google.
- **Plataformas de mensajería:** Telegram, Skype, Slack, Whatsapp, WeChat, Message, Messenger, Facebook, Line, SMS.
- **Lenguaje Natural:** Watson Conversation, Cognitive Services, L.U.I.S., Cloud Platform Speech & NL Apis.
- **Plataformas de desarrollo:** Api.ai-Google, Bluemix-IBM, Wit.ai-Facebook, Bot Framework-Microsoft, BotKit-Howdy, Chat Fuel, MindMeld.

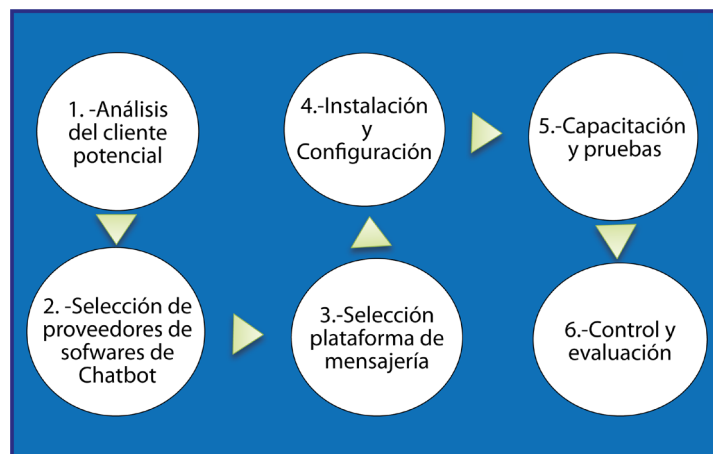
A través de la literatura consultada se define a los agentes de inteligencia artificial como una entidad software que se basa en su propio conocimiento para realizar un conjunto de operaciones que le indica que hacer y cómo, tienen la capacidad de comunicarse con otros agentes para resolver una actividad (BBVA, 2018). Las plataformas de mensajería funcionan mediante la integración de módulos programados cuyo objetivo es atraer la interacción con la comunidad en línea, en esta se desarrollan flujos conversacionales de acuerdo con el tipo de servicio que se requiere (Accenture, 2020), una vez que se tiene claro el tipo de inteligencia artificial y la plataforma de mensajería se formula el tipo de lenguaje natural para por consiguiente definir la plataforma en el que se desarrollará el agente conversacional.

Como consecuencia del avance tecnológico se aplica un constante cambio en el que los usuarios, consumidores, empresas adoptan masivamente nuevas formas de comunicación por lo tanto se ve necesario un cambio tecnológico sin precedentes. En este contexto vale la pena señalar lo importante de conocer sobre Marketing Conversacional que explícitamente se encarga de la experiencia que se genera al usar herramientas como Chatbot (Juniper Research, 2020). Así mismo es necesario concientizar que

con la aparición de COVID-19 el individuo u organización se ve obligado usar estrategias tecnológicas que al parecer resultan infinitas.

## DESARROLLO Y APLICACIÓN DEL AGENTE CONVERSACIONAL

Para Crespo y Domínguez (2020), el área de Medicina es la que está siendo tratada de formada positiva en los últimos tiempos, puesto que justamente a esta área se le adjudica la mayor inversión en tecnología, es por ello que implementar un agente conversacional directamente resulta en ventaja competitiva para las clínicas que tengan la necesidad de aplicarlo. Una vez que se amplió los términos respecto a agente conversacional, resta verificar la aplicación y efectividad en clínicas de salud de carácter privado, para ello, se propone el siguiente procedimiento: mismo que demuestra sistemáticamente el proceso y a la vez se convierte en una especie de guía para quien anhele aplicarlo.

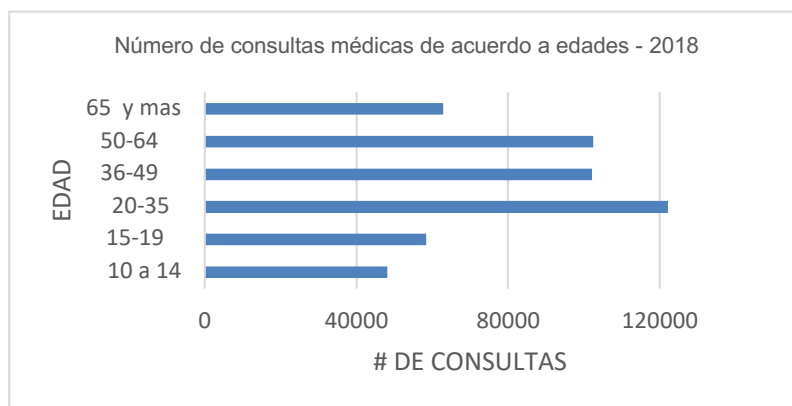


**Figura 3.** Procedimiento metodológico para aplicación de un agente conversacional.

**Fuente:** elaboración propia a partir de Guschat (2020), y Zendesk (2020).

### Fase 1. Análisis del cliente potencial

Con el marketing conversacional se conoce que los consumidores reconocen que ser atendidos por un chat en vivo mientras dure su compra o su servicio requerido es uno de los atributos más importantes que una empresa debe tener (Xirau, 2018). Entendiéndose como cliente potencial a las personas o conjunto de personas oportunas para hacer uso de un producto o servicio en un determinado tiempo (Pérez y Pérez, 2006) resulta necesario que cada empresa realice este análisis independientemente del sector al que pertenezca. Por ello tomando en cuenta que una asistencia médica vía agente conversacional puede ser demandada por usuarios con capacidad de usar tecnología que está a la vanguardia, se requiere conocer el grupo de personas, edad que corresponda, y plataformas más usadas por los usuarios. En Ambato (Ecuador), las 16 clínicas en estudio presentan los siguientes datos en cuanto a cantidad de consultas médicas realizadas en clínicas del sector privado.



**Figura 4.** Fases para la ejecución de agente conversacional en una clínica de salud.

**Fuente:** elaboración propia a partir de INEC (2018).

En la Figura 4 se observa que, en un año de servicios de las clínicas, el grupo que considera a la edad entre 20 - 35 años representa la mayor demanda de consultas, seguido por el grupo de 50-64 años y el tercer lugar se lo otorga al grupo que corresponde a la edad entre 36 – 49 años. Así mismo se observa

que el grupo con menor requerimiento de consultas médicas corresponde a la edad de 10 - 14 años. Cabe resaltar que los datos son referenciales de un año y estos pueden variar de acuerdo con diversas circunstancias del comportamiento humano.

### Fase 2. Selección de proveedor de software de Chatbot

Para realizar una selección de proveedor primero se presenta una lista de los posibles proveedores que, de acuerdo con las clínicas o empresas que quieran aplicarlo podrán elegirlo de acuerdo a sus especificaciones requeridas; en este caso se cita a Jimenez *et al.* (2018), que detallan especificaciones que se toman en cuenta antes de elegir un proveedor: costo total, usabilidad y características, sistema operativo, soporte, especialización, conectividad, experiencia en la industria, con estas especificaciones se elige de la siguiente lista:

Brand-Embassy, Cliengo, VirtualSpirits, Zendesk, Messenger-People, HubSpot, 1millionbot, AgentBot, Chat-Bots, Chatbot-Chile, Gus-Chat, BindBot, BotXo, Agenti, Sophie, Eganti, Intercom-Live, ManyChat, Whisbi.

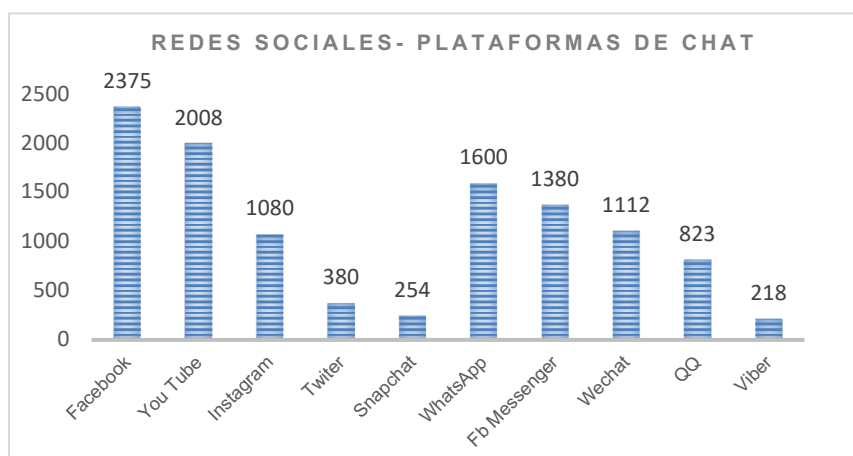
En el entorno en el que se desarrolla la investigación se expone los posibles proveedores de *software* o su vez diseñadores de *software* para *chatbots*: Xvodigital, Heinsohntech, InnovaSys, Bprosys, Aivo y Ecuabots estos son proveedores propiamente desarrollados en Ecuador. Es necesario recalcar que: precisamente de acuerdo con el presupuesto, necesidad, carácter empresarial de cada clínica se realiza la elección del proveedor, para ello están las opciones de proveedores internacionales y locales.

### Fase 3. Selección de plataforma de mensajería

Actualmente las redes sociales como: *WhatsApp*, Messenger, Instagram, Facebook, YouTube ocupan un espacio representativo en el estilo de vida de los seres humanos combinado con las actividades relevantes como; trabajar, comercializar, estudiar, estos datos se los visualiza en la Figura 5; y actualmente en

el campo médico con inteligencia artificial, como es el caso de agentes conversacionales *chatbots* y telemedicina.

Para tener claro en que plataforma de mensajería es conveniente aplicar un agente conversacional con los datos de la fase 1, es necesario conocer la red social o aplicaciones de chat que resulte apropiado para hacer efectiva su instalación. Según (Startista, 2018) en su informe del 2018 demuestra en efecto la red social y plataforma de mensajería con mayor uso.



**Figura 5.** Top de redes sociales y plataformas de mensajería más usadas.

**Fuente:** elaboración propia a partir de (Startista, 2018).

Hay que resaltar en cuanto a redes sociales Facebook y YouTube lideran en promedio de uso algo semejante ocurre con WhatsApp y Messenger que lideran el top de plataformas de chat, vale la pena señalar que a WhatsApp se le atribuye el crecimiento dos veces más rápido que Facebook.

#### Fase 4. Instalación y Configuración

Para realizar la fase de Instalación y configuración se demuestra a través de Xvodigital proveedor de software que se toma como referencia por tratarse de un proveedor local para Ambato-Ecuador, en esta

fase se toma en cuenta la Figura 4 y Figura 5 para que la configuración resulte más efectiva, con estas consideraciones el primer paso para su respectiva instalación es Cotizar y acordar la forma de pago pertinente, para ello se visualiza la siguiente figura 6, cabe recalcar que este proceso varía de acuerdo al proveedor que se haya elegido.

**Figura 6.** Cotización- Registro.

**Fuente:** elaboración propia a partir de XVODigital (2018), y Gus Chat (2020).

#### *Fase 4.1. Configuración- Medicina.*

En lo que respecta a atención médica en la región asiática Microsoft publicó un chatbot denominado Xiaoice que es utilizado por más de 40 millones de personas en el que se registran hasta 10 billones de conversaciones este bot fue creado para memorizar y rastrear estados de emoción de los pacientes (Nina y Milani, 2017), algo semejante ocurre con (IBM, 2017) tiene su servicio de Watson con su enfoque en medicina con la diferencia que se usa para diferentes servicios como: oncología, genética, medicina general y cuidados personales. En este sentido es necesario alimentar correctamente la base de datos y con ello configurar lo siguiente: a) Idioma, b) Corrección automática, c) Contextualización y memoria, d)



emojis y mensaje de texto, e) Identificación de la intención del usuario, f) desambiguación y sugerencia, g) experiencia personalizada (Bprosys, 2020).

#### *Fase 4.2.*

Para que resulte exitosa la instalación en el literal “g”, en la configuración se plantea que el agente conversacional después de resolver todas las inquietudes, preguntas y consultas como: “¿Dónde están ubicados?”, “¿Cuál es el horario de apertura?”, “¿Puedo tomar cierta medicación?”, “¿Abre la clínica los fines de semana?”: aplique a un servicio de agendamiento de citas, es decir luego de una conversación efectiva entre un agente conversacional y un usuario de una clínica de salud, el agente conversacional genere una cita y se calificará como exitosa la conversación.



**Figura 8.** Integración del agente conversacional.

**Fuente:** elaboración propia a partir de XVODigital (2018).

El agendar citas a través de un agente conversacional genera una ventaja altamente competitiva y a su vez redituable, puesto que la clínica que lo emplee recibirá ingresos económicos por concepto de citas médicas. Los programas que se desarrollan y comercializan para agentes conversacionales (robots de chat), convierte un cuestionamiento de su usuario o paciente en una oportunidad de venta, en este caso

en agendar una cita para consiguiente realizar un servicio de telemedicina, y este representaría rédito económico para quienes lo ofertan.

### Fase 5. Capacitación y pruebas

Es imprescindible realizar la capacitación al personal encargado del desarrollo del agente conversacional, en este sentido tomando en consideración la Tabla 1; es necesario y que cada clínica cuente con un departamento o área de servicio al cliente, y con ello una o varias personas según el caso lo amerite, mismas que serán capacitados dentro del tiempo determinado por los proveedores.

En cuanto concierne a pruebas se efectuó las llamadas pruebas “piloto” para esto se tomó una muestra aleatoria de “n” número de clientes con los que se tuvo las primeras interacciones en este sentido se aplica el condicional, si la conversación se da sin ningún tipo de inconvenientes en lenguaje, comprensión, escritura, solicitudes atendidas correctamente el agente conversacional está listo para ser aplicado en toda la población, y en el caso contrario se revisa nuevamente la configuración y base de datos para ser corregidas.

### Fase 6. Control y evaluación

Según Jimenez *et al.* (2018) definir y desarrollar ciertos indicadores permiten la optimización de las experiencias del usuario además cabe recalcar que el proceso: definir una métrica, dependerá exclusivamente del objetivo de negocio que se desarrolle. En este sentido se presentan las siguientes métricas que miden el rendimiento efectivo de un agente conversacional:

$$1. - \text{Usuarios alcanzados} = \frac{\text{Clientes alcanzados por un bot}}{\text{Total de clienetes}} (100)$$

$$2. - \text{Tiempo de respuesta} = \frac{\text{Mensajes enviados}}{\text{Solicitudes receptadas}} (100)$$

$$3. - \text{Oportunidades perdidas} = \frac{\text{Chats no respondidos}}{\text{Total chats}} (100)$$

Este tipo de métricas se deben aplicar mensual o semanal de acuerdo con cada clínica, para declararlo efectivo el agente conversacional el indicador 1 y 3 debería sobrepasar el 85%, y el indicador 3 por lo contrario es importante que no sobrepase el 5%.

## 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con la literatura consultada se comprueba que, un agente conversacional que se desarrolla en una organización médica es una herramienta de comunicación que permite un diálogo inteligente que se desarrolla a través de preguntas y respuestas desarrolladas en tiempo real, este puede ser aplicado independientemente del tipo o sector productivo al que pertenezca la organización.

El servicio que prestan las clínicas de salud privadas en el área de atención se realizan con herramientas de TIC convencional, de ese modo se ve limitado el desarrollo de inteligencia artificial en los portales web de cada clínica (Tabla 2), con ello reduce la ventaja competitiva entre clínicas privadas que existen en el mercado local e internacional, por esa razón se ve inminente la necesidad de aplicar inteligencia artificial a través de un agente conversacional para ayudar a varios pacientes a recibir consultas médicas en el mismo tiempo.

Al momento de implementar un agente conversacional para resolver consultas médicas es necesario considerar cada una de las especificaciones expuestas en las Figuras 4 y 5 en donde se observa que: las personas que comprenden la edad entre 20-35 años son el grupo que requiere un médico con más frecuencia, con ello se identificó a Facebook y WhatsApp como la red y plataforma más óptimas para instalación de un agente conversacional, mismo que se desarrolla de acuerdo al carácter que refleja cada clínica, por tal razón debe ser configurado específicamente de acuerdo con las necesidades de los clientes potenciales, de la misma manera seleccionar dentro del ecosistema de un agente conversacional, inteligencia artificial en el que se desarrolla, lenguaje natural de programación y plataformas de desarrollo.

La propuesta de implementación basada en 6 fases: análisis del cliente potencial, selección del proveedor del software, selección de plataforma de mensajería, configuración, capacitación y evaluación hace más práctico y fácil su instalación en las instituciones de salud.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Accenture.** (2020). *Accenture Interactive*. Accentureinteractive. <https://bit.ly/3k0BFab>

**América Economía Intelligence.** (2019). *Ranking de Clínicas y Hospitales de América Latina*. CLUSTER SALUD. <https://clustersalud.americaeconomia.com/gestionhospitalaria/ranking-de-clinicas-y-hospitales-estos-son-los-mejores-de-latinoamerica-2019>

**BBVA** (2018). *Agentes de Inteligencia Artificial: prerrequisitos sobre derechos y dignidad*. BBVA. <https://bit.ly/32jEYU6>

**Bprosys.** (2020). <https://bit.ly/3lgJnPf>

**Cámara Ecuatoriana de Comercio Electrónico.** (2017). *Comercio Electrónico en el país durante el eComerce day Ecuador*. Tag Archive. <https://www.cece.ec/>

**Cartagena, S.** (2107). *The Power of Chatbots*. Teach. <https://socialgeek.co/tech/descubre-todo-potencial-chatbots/>

**Cerdas, D.** (2017). *Historia de los chatbots y Asistentes Virtuales*.

**Charlan, J.** (2018). Que es un chatbot y para qué sirve. *Eisic*, <https://bit.ly/3l4Q5rc>

**Cloud.google.** (2020). *Compila e implementa un chatbot mediante Dialogflow (descripción general)*. cloud google. <https://bit.ly/3eudzUe>

**Crespo, M., y Dominguez, B.** (2020). Perspectivas de las estrategias de las tecnologías de Chatbot y su aplicación a las entrevistas de evaluación del lenguaje. *UCA*, 4, 100-118. doi:10.25267

- Franklin, N., y Milani, R.** (2017). The Role of Technology in Healthy Living Medicine. *Progres in cardiovascular Diseases*, 59(5), 487-491. <https://bit.ly/3eucCew>
- González, P., y Sinche, N.** (2016). Uso de la plataforma de telemedicina para el fortalecimiento de competencias clínicas. *Opción*, 32(9), 892-906. <https://bit.ly/3kc3wVa>
- Gratch, J., Rickel, J., Cassell, J., y Petajan, E.** (2002). Creating Interactive Virtual Humans: *Some Assembly Required*. Some Assembly Required, 2. <https://bit.ly/3k3jQaG>
- Gus Chat.** (2020). <https://gus.chat/>
- Hirschberg, J., y Manning, C.** (2015). Advances in natural language processing. *Science*, 349, 261-266. [doi:10.1126/science.aaa8685](https://doi.org/10.1126/science.aaa8685)
- IBM.** (2017). *Watson for Oncology*. <https://ibm.co/3l3bu3X>
- INEC.** (2014). *Anuario de Estadística de Salud*. Recursos y Actividades.
- INEC.** (2015). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- INEC.** (2018). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/actividades-y-recursos-de-salud/>
- Jimenez, J., Jimenez, C., Gutierrez, Y., y Jimenez, V.** (2018). Métricas de Evaluación para Chatbots, orientadas a optimizar las experiencias de su uso en las redes sociales. *Ciencia y Tecnología*, 4, 185-191, <https://bit.ly/36lsaO5>
- Jo-Foley, M.** (2013). *Cortana: More on Microsoft's next generation personal assistant*. ZDNet.
- Juniper Research.** (s.f.). <https://www.juniperresearch.com/researchstore>
- LeCun, B., y G, H.** (2015). Aprendizaje profundo. *Nature*, 436-444. Obtenido de <https://doi.org/10.1038/natures14539>
- Microsoft.** (2018). *Bot Framework*. <https://bit.ly/3515hjr>

- Mobgen.** (2016). *Accenture Interactive*. <https://www.accentureinteractive.nl/power-chatbots/>
- Molina, A.** (2019). *Íconos*.
- Muñoz, M.** (2018) *Guelcom*. <https://guelcom.net/origen-chatbots-evolucion-hacia-atencion-cliente/>
- OMS.** (2017). *Organización Mundial de la Salud*.
- Pérez, D., y Pérez, I.** (2006). *El conocimiento del Mercado*. <https://bit.ly/2TYHkDg>
- Pérez, A.** (2019). La innovación como estrategia en base a los recursos humanos. *3c Tecnología*. <https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/innovación-estrategia-recursos-humanos/>
- Porter, M.** (2015). *Estrategia Competitiva*. Madrid: Patria.
- Sampere, N.**, (2014). La telemedicina en el abordaje de la asistencia domiciliaria: Nuevas perspectivas. *3C Tecnología*. <https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/innovacion-estrategia-recursos-humanos/>
- Startista.** (2018). *Active users of top social Platforms*. [https://www.hugedomains.com/domain\\_profile.cfm?d=startista&e=com](https://www.hugedomains.com/domain_profile.cfm?d=startista&e=com)
- Syvänen, S., y Valentini, C.** (2020). Conversational agents in online organization–stakeholder interactions: a state-of-the-art analysis and implications for further research. *Communication Managemeent*. <https://bit.ly/3kbn1xf>
- Watters, A.** (2016). Clippy and the History of the Future of Educational Chatbots. *Hack Education Weekly News*.
- Witcher, B., Wigder, Z., y Katz, R.** (2014). *The BUsiness Case For Virtual Agents*. Forrester. <https://bit.ly/2GLOFD4>
- Xirau, M.** (2018). Marketing Conversacional. *Forbes*, 5(5). <https://fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/193>

**XVODigital.** (2018). <https://xvodigital.com/quiz/XVO003529>

**Zendesk.** (2020). <https://www.zendesk.com.mx/product/pricing/#support>

/03/



# COMPARATIVA DE METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES

## COMPARISON OF MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT METHODOLOGIES

---

**Jimmy Rolando Molina Ríos**

Grupo de Investigación de Ingeniería de Sistemas, Universidad Técnica de Machala, (Ecuador).

E-mail: [j.molina1@udc.es](mailto:j.molina1@udc.es) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3915-8270>

**Joofre Antonio Honores Tapia**

Grupo de Investigación de Ingeniería de Sistemas, Universidad Técnica de Machala, (Ecuador).

E-mail: [jhonores@utmachala.edu.ec](mailto:jhonores@utmachala.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8612-3025>

**Nieves Pedreira-Souto**

Departamento de Ciencias da Computación e Tecnoloxías da Información. Facultad de Informática.

Universidade da Coruña, (España).

E-mail: [nieves.pedreira@udc.es](mailto:nieves.pedreira@udc.es) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8122-0886>

**Henry Paúl Pardo León**

Grupo de Investigación de Ingeniería de Sistemas, Universidad Técnica de Machala, (Ecuador).

E-mail: [hpardo1@utmachala.edu.ec](mailto:hpardo1@utmachala.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3785-1402>

**Recepción:** 25/01/2021 **Aceptación:** 26/05/2021 **Publicación:** 14/06/2021

### Citación sugerida:

Molina, J. R., Honores, J. A., Pedreira-Souto, N., y Pardo, H. P. (2021). Comparativa de metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 10(2), 73-93. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n2e38.73-93>

## RESUMEN

El desarrollo de aplicaciones móviles en la actualidad tiene una gran aceptación gracias al avance de la tecnología y producción de toda clase de dispositivos que permiten a los usuarios realizar tareas cotidianas ya sean de entretenimiento o laboral. Por ende, la necesidad de producir software de calidad y para ello se han desarrollado múltiples metodologías que buscan optimizar procesos a través de buenas prácticas y principios ágiles. El objetivo de la presente investigación es realizar una búsqueda exhaustiva de las metodologías de desarrollo enfocadas a la producción aplicaciones móviles para realizar una comparación de carácter analítica y de campo. Como resultado se obtuvo que Scrum abarca gran parte de los elementos y características que beneficiarían al desarrollo de aplicaciones móviles, de igual modo en el ámbito profesional, las empresas desarrolladoras de software además de usar Mobile-D, emplean Scrum como un marco de trabajo completo que se adapta a toda clase de proyecto en cuanto al tamaño.

## PALABRAS CLAVE

Metodologías Ágiles, Scrum, Desarrollo Móvil, Aplicaciones Móviles, Comparativa De Metodologías.

## ABSTRACT

*The development of mobile applications is currently widely accepted thanks to the advancement of technology and the production of all kinds of devices that allow users to carry out daily tasks, whether they are entertainment or work. Therefore, the need to produce quality software and for this, multiple methodologies have been developed that seek to optimize processes through good practices and agile principles. The objective of this research is to carry out an exhaustive search of development methodologies focused on the production of mobile applications to carry out an analytical and field comparison. As a result, it was obtained that Scrum covers a large part of the elements and characteristics that would benefit the development of mobile applications, in the same way in the professional field, software development companies in addition to using Mobile-D, use Scrum as a complete framework that adapts to all kinds of projects in terms of size.*

## KEYWORDS

*Agile Methodologies, Scrum, Mobile Development, Mobile Applications, Methodologies Comparison.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de software es una de las áreas de investigación con mayor influencia hoy en día, dado que constantemente emergen nuevas tendencias que buscan beneficiar a la producción de software con calidad. Las metodologías de desarrollo son responsables de lograr dicho objetivo por ende se observan cambios evidentes en su línea de tiempo. Actualmente, las nuevas metodologías de desarrollo se fundamentan en los principios ágiles, aplicando buenas prácticas y procesos o fases iterativas orientadas a mantener la flexibilidad frente a los cambios inesperados durante la ejecución de un proyecto.

Por otra parte, la producción de aplicaciones móviles ha tenido un progreso bastante significativo en los últimos años según Ho y Chung (2020). El incremento de aplicaciones móviles en el mercado oscila en un promedio de 4000 nuevas aplicaciones por día, lo cual refleja la alta demanda en la producción de aplicaciones para los distintos dispositivos móviles que existen hasta ahora. Por esa razón, las metodologías de desarrollo de software buscan abarcar la mayor parte de los aspectos considerados durante la ejecución de un proyecto de software con el objetivo de obtener un producto de software de calidad.

En el desarrollo de aplicaciones móviles existe una tendencia por el uso de las metodologías con principios ágiles por los beneficios que brinda durante el ciclo de vida del software. Sin embargo, no se pueden considerar todos los marcos de trabajo con base en los mismos principios como metodologías ideales para el desarrollo de aplicaciones móviles.

La presente investigación de carácter analítica, bibliográfica y de campo realiza una comparación entre las metodologías de desarrollo ágil cuyas directrices están orientadas a aspectos como el alcance, la estructura, modelado, el ciclo de vida e instrumentos de soporte.

Según la comparación que se llevó a cabo, deja en evidencia los distintos enfoques de cada metodología y su compromiso de resolver problemas detectados en otras, a fin de establecer un nuevo marco de referencia para el desarrollo de aplicaciones móviles que cumplan con los niveles de calidad esperados.

Por otra parte, se corroboró que las metodologías mayormente aceptadas y aplicadas son aquellas que engloban un número significativo de componentes o normas contempladas en otros marcos de trabajo.

En base a la comparación y análisis en el contexto de elaboración del presente trabajo de investigación se obtuvo como resultado que Scrum es ideal para el desarrollo de aplicaciones móviles por sus características que permiten reducir el uso de recursos y maximiza la productividad durante el ciclo de vida del proyecto.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. APLICACIONES MÓVILES

Con la aparición de la telefonía celular surgió el desarrollo de aplicaciones móviles encargadas de la producción de programas relativamente cortos que desempeñaban funciones importantes para la intercomunicación entre los usuarios en la red (Bhardwaj *et al.*, 2019). Actualmente las aplicaciones móviles desempeñan un rol importante para la adaptación de los usuarios en la era de la digitalización donde gran parte de los procesos cotidianos se los puede realizar a través de un dispositivo móvil inteligente (McIlroy *et al.*, 2016).

### 2.2. DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES

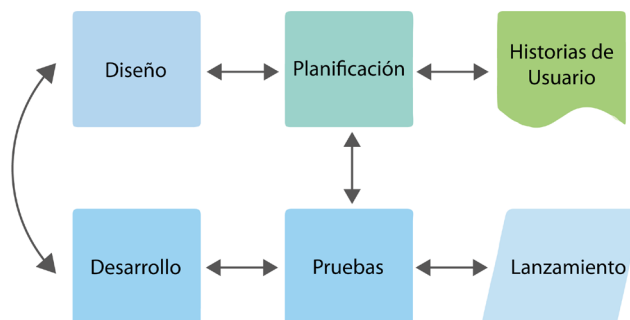
La producción de aplicaciones móviles necesita de un marco de trabajo que sirva de guía para el desarrollo de las aplicaciones que abarque la mayor cantidad de elementos relacionados con la calidad. Por ejemplo, Owoseni y Twinomurinzi (2018), menciona que: “Las aplicaciones móviles a menudo aprovechan la conectividad a Internet para mejorar la capacidad, como en los casos de las aplicaciones de redes sociales”. En algunos casos ciertas metodologías no consideran características que pueden contribuir con en el proceso de mejoramiento de la capacidad.

## 2.3. METODOLOGÍAS DE DESARROLLO ÁGILES

En el desarrollo de software móvil se hace énfasis por el uso de las metodologías de desarrollo basadas en el enfoque ágil debido a las ventajas que ofrecen ante los cambios, además de otras consideraciones. Según Kroener *et al.* (2019): “El núcleo del enfoque de desarrollo ágil es que las necesidades de los usuarios son el punto de partida para la entrega rápida de software funcional, que luego se revisa iterativamente —en escalas de tiempo breves— y se mejora en estrecha colaboración con el cliente y los usuarios finales”. De acuerdo con Albers *et al.* (2020), hace la siguiente afirmación sobre el enfoque que mantienen: “Los procedimientos de desarrollo ágiles para aumentar la agilidad de los equipos de desarrollo están particularmente establecidos en el campo del desarrollo de software.”

## 2.4. EXTREME PROGRAMMING

Extreme Programming también reconocida por sus siglas XP, es una metodología de desarrollo de software ligera fundamentada en los principios del manifiesto ágil (Sohaib *et al.*, 2019). Esta metodología se centraliza en cuatro aspectos importantes de los proyectos de desarrollo de software los cuales son: alcance, tiempo, costo y calidad. Además estimula el trabajo colaborativo en pareja (da Silva y Prikladnicki, 2015).

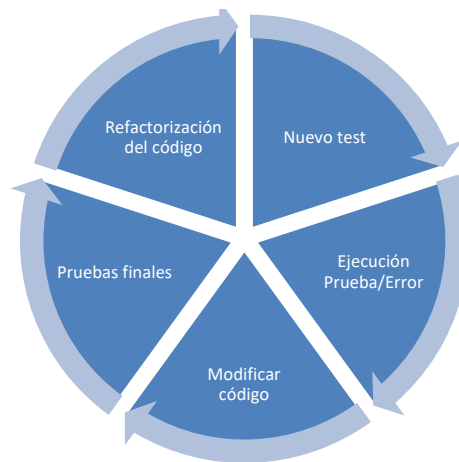


**Ilustración 1:** Fases de Extreme Programming.

**Fuente:** elaboración propia.

## 2.5. TEST-DRIVEN DEVELOPMENT

Test-Driven Development es una metodología orientada específicamente a la realización de pruebas y refactorización del código para obtener un software de calidad (Borle *et al.*, 2018). En el trabajo literario de Nanthamornphong y Carver (2017) se menciona el impacto positivo de aplicar TDD en los proyectos de software donde alcanzaron productos con altos índices de calidad como resultado de la aplicación de pruebas iterativas durante el ciclo completo en el desarrollo del software.

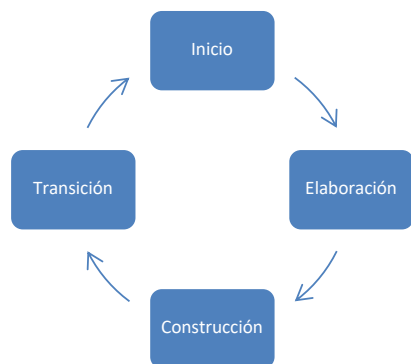


**Ilustración 2:** Fases de Test-Driven Development.

**Fuente:** elaboración propia.

## 2.6. RATIONAL UNIFIED PROCESS

RUP es una metodología de desarrollo orientada a la asignación de roles, responsabilidades y tareas dentro del equipo de trabajo. De acuerdo con Reyes-Delgado *et al.* (2016), la prioridad de RUP no se limita a desarrollar un producto de acuerdo a la planificación, también se enfatiza con entregar resultados que satisfagan las necesidades del cliente con índices altos de calidad con el presupuesto establecido.

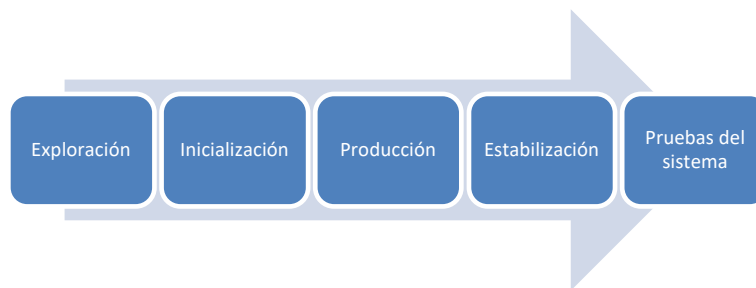


**Ilustración 3:** Fases de Rational Unified Process.

**Fuente:** elaboración propia.

## 2.7. MOBILE-D

“Fue introducido en 2004 como una metodología de desarrollo inspirada en la Programación Extrema, las Metodologías Crystal y el Proceso Unificado Racional” (Corral *et al.*, 2015). Mobile-D surgió de una combinación de otras soluciones ya conocidas que utilizan el mismo principio ágil que se enfoca más en la funcionalidad del software que en la documentación, opta por la participación directa del cliente antes que una negociación contractual y una de las más importante es la flexibilidad frente a los cambios antes que dar seguimiento a un plan (Pandey *et al.*, 2019).



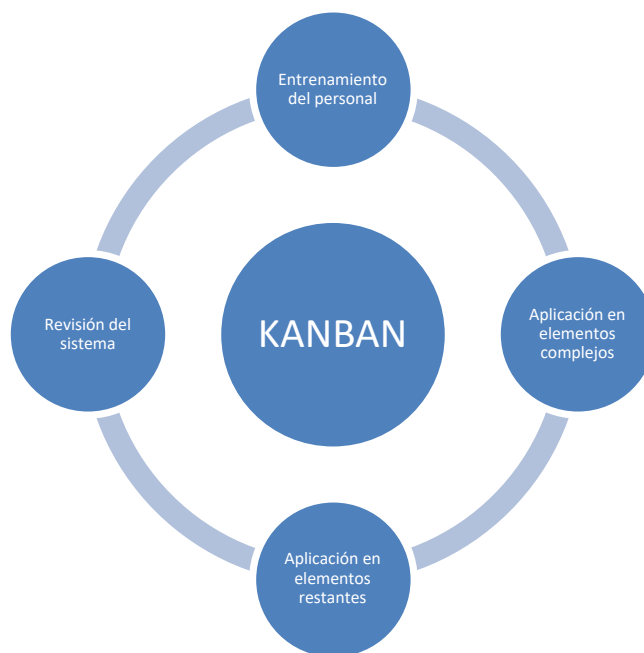
**Ilustración 4** Fases de mobile-D.

**Fuente:** elaboración propia.



## 2.8. KANBAN

Según Heikkilä *et al.* (2016) definen a Kanban de la siguiente manera: “Kanban es un método de gestión del flujo de trabajo especialmente adecuado para gestionar el trabajo continuo de ingeniería de software”. Pertenece al grupo de metodologías ágiles que busca optimizar el proceso de desarrollo del software con el afán de alcanzar resultados con altos índices de calidad. Entre las características de Kanban está el uso de tableros para realizar procesos y las historias de usuarios. Sin embargo, esta metodología no emplea los sprints y posee cuatro elementos orientados a la comunicación, producción, control centralizado y de proceso (Liskin *et al.*, 2014; Krishnaiyer y Chen, 2017).

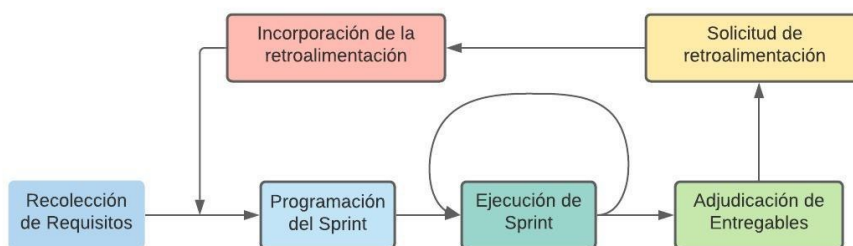


**Ilustración 5:** Fases de Kanban.

**Fuente:** elaboración propia.

## 2.9. SCRUM

Scrum es una metodología que se enfoca a estimular el trabajo colaborativo enfocado a cuatro elementos fundamentales considerados para el desarrollo de un proyecto de software, según Chaouch *et al.* (2019) y Aamir y Khan (2017), Scrum es uno de los framework más utilizados para los proyectos de desarrollo más complejos y con una mayor documentación para su implementación. En adición, Steghöfer *et al.* (2017), afirman lo siguiente: “Las iteraciones permiten el refinamiento continuo del producto desarrollado, donde el final de cada iteración (llamado Sprint) permite al cliente dar su opinión durante una reunión de Revisión de Sprint”.



**Ilustración 6:** Metodología Scrum.

**Fuente:** elaboración propia.

## 2.10. SCRUMBAN

“Al observar Scrum y Kanban por separado, podemos ver que ambos enfoques plantean desafíos para DevOps. Pero no tienen por qué representar alternativas; Se recomienda la conexión de Scrum y Kanban desde un punto de vista holístico” (Schaefer y Söllner, 2017). Sin embargo, Scrumban se encamina por el desarrollo del software ágil reuniendo los elementos y características de las metodologías Scrum y Kanban con el objetivo de mejorar la gestión del flujo de trabajo para aumentar la eficiencia y satisfacción del usuario final o cliente (Lunesu *et al.*, 2018).

### 3. METODOLOGÍA

La ejecución del presente estudio tiene como fundamento la investigación bibliográfica, analítica y de campo para el refinamiento del conjunto de datos recolectados (Snyder, 2019) con respecto a las metodologías de desarrollo de software orientadas a la producción de aplicaciones móviles. A fin de llevar a cabo el siguiente estudio se plantearon cuatro etapas enfocadas en realizar la comparación de las metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles; las etapas de la investigación se distribuyen de la siguiente manera:

- La exploración bibliográfica de investigaciones relacionadas a las metodologías de desarrollo orientadas a la producción de aplicaciones móviles. A parte de la integración elementos como organizaciones y desarrolladores independientes de la provincia de El Oro relacionados a la construcción de aplicaciones móviles.
- Valoración y procesamiento del conjunto de información obtenida de la exploración bibliográfica.
- Planteamiento de un marco comparativo para las metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles.
- Construcción de resultados y desarrollo de la conclusión referente a las metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles determinando la metodología más óptima.

### 4. RESULTADOS

En esta sección se ejecuta una serie de comparaciones utilizando diferentes criterios generales, de calidad, del diseño estructural y requisitos a fin de puntualizar el alcance que tiene cada metodología en base a los parámetros antes ya mencionados.

Tabla 1. Identificación de metodologías y sus Acrónimos.

NOMBRE DE METODOLOGÍA	ACRÓNIMO	IDENTIFICADOR
Extreme Programming	XP	M1
Test-Driven Development	TDD	M2
Rational Unified Process	RUP	M3
Mobile-D	-	M4
KANBAN	-	M5
Scrum	-	M6
Scrumban	-	M7

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 1 se especifica los acrónimos de cada metodología al igual que el identificador que se le otorga con el objetivo de mantener una menor legibilidad durante la comparación que se realiza entre las metodologías.

Tabla 2. Equiparación global de las metodologías.

ID	VENTAJAS	DESVENTAJAS	AÑO DE APARICIÓN
M1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fomenta la confianza de los desarrolladores.</li><li>• Estimula la programación organizada.</li><li>• Se enfoca en la eficiencia de sus procesos.</li><li>• Facilita la aplicación de cambios.</li><li>• Se ajusta fácilmente a nuevas tecnologías.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Imposible predecir errores antes del desarrollo.</li><li>• Aplicación de costos elevados.</li><li>• Su utilización suele ser igual de compleja a una metodología tradicional.</li></ul>	1996-1999
M2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Optimización del código.</li><li>• Separación de interfaces e implementación.</li><li>• Promueve el desarrollo lean.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Las pruebas unitarias se limitan a probar todo el código.</li><li>• Errores en la aplicación de pruebas.</li><li>• Se necesitan pruebas de integración.</li><li>• En ocasiones se obvian la aplicación de pruebas.</li></ul>	1996-2002

M3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de riesgos en el desarrollo del proyecto.</li> <li>• Enfocada en obtener un producto de calidad.</li> <li>• Organización en la asignación de roles y tareas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intenta predecir los errores durante todo el ciclo del proyecto.</li> <li>• Elevan el costo de producción.</li> <li>• No es aplicable a proyectos pequeños.</li> <li>• Es compleja su aplicación.</li> </ul>	1998
M4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costos de aplicación.</li> <li>• Garantiza la producción del producto en el tiempo establecido.</li> <li>• Producción de entregables o demos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene un marco sólido de comunicación.</li> <li>• No es aplicable a proyectos grandes o fragmentados.</li> <li>• Carece de procesos que garanticen la calidad en los resultados.</li> </ul>	2005
M5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidad con los tiempos de entrega.</li> <li>• Posee procesos enfocados a la calidad del producto.</li> <li>• Optimización en la gestión de tareas.</li> <li>• Previene la sobrecarga en tareas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos elevados en la aplicación de proyectos grandes</li> <li>• Mantiene una limitación en el número de tareas que puede realizar</li> <li>• No es escalable a proyectos grandes</li> </ul>	2003-2008
M6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se incorpora al cliente de manera directa al desarrollo del proyecto.</li> <li>• Se optimizan los procesos al dividir las tareas complejas a pequeñas partes sencillas.</li> <li>• Estabilidad al implementar cambios inesperados.</li> <li>• Gestión sistemática de riesgos.</li> <li>• Generación de entregables.</li> <li>• Aplicable a cualquier tamaño de proyectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los procesos son dependientes del gestor de proyecto.</li> <li>• Puede generar incomodidad en la adaptación de los integrantes.</li> </ul>	1995

M7	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fomenta la mejora continua.</li><li>• Priorización de tareas.</li><li>• Control y seguimiento durante el ciclo del proyecto.</li><li>• Se ejecutan decisiones y hechos en el momento indicado.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La comunicación se ve limitada al uso de una aplicación móvil.</li><li>• Fácil desvío del objetivo principal del proyecto.</li><li>• Carente de una visión general para evaluar los resultados del proyecto.</li><li>• Falencias en el control de la contribución de cada miembro.</li><li>• Fomenta la generación de nuevos procesos independientes por cada individuo.</li></ul>	2005-2009
----	--	--	-----------

Fuente: elaboración propia..

En la Tabla 2, se plantea un análisis general en función de las características principales de las metodologías donde se corrobora la superioridad de Scrum en cuanto al costo y beneficio que conlleva su ejecución sobre un proyecto. A pesar de considerarse el año de aparición, las nuevas metodologías se enfocan más en resolver problemáticas específicas que observan en otras metodologías sin considerar el mejoramiento en otros elementos en el proceso de producción de una aplicación móvil.

Tabla 3. Comparación de estructuras y requisitos entre las metodologías.

PROPIEDADES	METODOLOGÍAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Tamaño del grupo.	<20	-	<7	<11	Adaptable a cualquier tamaño	Adaptable a cualquier tamaño	Adaptable a cualquier tamaño
Enfoque	Procesos iterativos incrementales	Ejecución de pruebas	Procesos iterativos incrementales	Ciclos cortos y rápidos	Desarrollo incremental y gestión de tareas	Ejecución de sprints en tiempo fijo	Aplicación de sprint en gestión de tareas

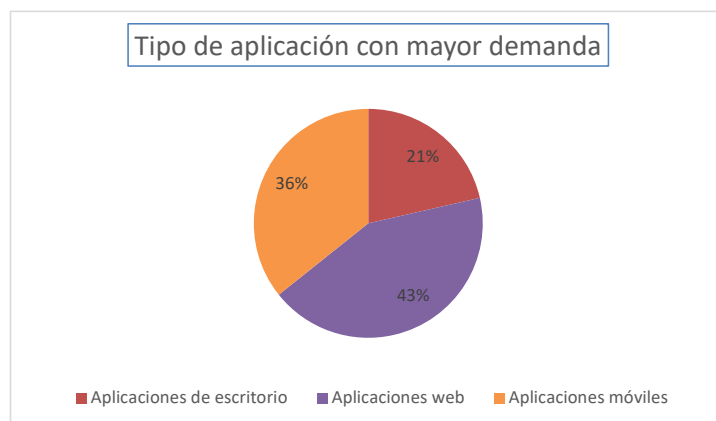
Alcance del proyecto	Proyectos grandes	Proyectos cortos	Proyectos cortos y medianos	Proyectos pequeños y medianos	Proyectos medianos y grandes	Aplicable a cualquier tamaño	Proyectos medianos y grandes
Relación cliente/proyecto	Directa	-	-	Directa	Discreta	Por medio del director de proyecto	Discreta
Ciclo de iteraciones	De 1 a 6 semanas	De 2 a 6 semanas	Sin definir	De 1 a 10 semanas	Sin definir	De 2 a 4 semanas	Sin definir

**Fuente:** elaboración propia.

La comparación ejecutada en la Tabla 3 se aplica sobre características relacionadas a la estructura y requisitos que consumen las metodologías. De forma breve, se observa cierta similitud entre las metodologías Extreme Programming, Scrum y Kanban. Sin embargo, también se encontraron disparidades en criterios del alcance como el tamaño del proyecto que se pueden aplicar y el tamaño del equipo encargado del proyecto. Esto tiene un impacto muy importante a la hora de elegir la metodología indicada puesto que en algunos casos la aplicación de un marco de trabajo puede resultar altamente costosa a pesar de ser un proyecto pequeño.

Por otra parte, se considera también los resultados de la investigación de campo aplicado a un grupo selecto de empresas desarrolladoras de software dentro de la provincia de El Oro según el último censo de actividad económica realizado por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), s. f.).

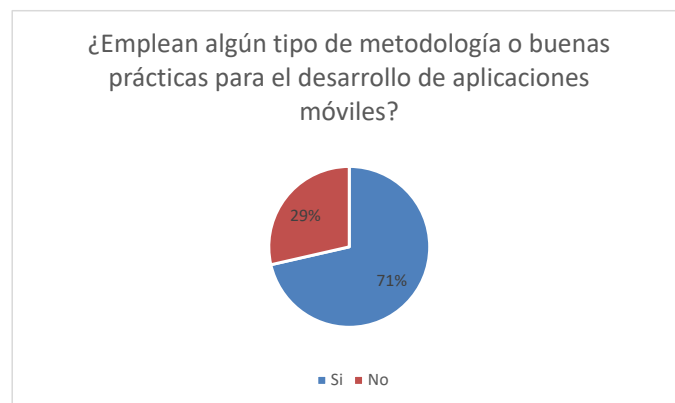
En la Ilustración 7 se evidencia la distribución del tipo de software requerido por usuarios finales a las empresas desarrolladoras. El 43% pertenece a la demanda de software web, mientras que el 36% pertenece a las solicitudes por aplicaciones móviles y por último el 21% corresponde a las peticiones por aplicaciones de escritorio.



**Ilustración 7.** Tipo de aplicación con mayor demanda en el mercado.

**Fuente:** elaboración propia.

En la Ilustración 8 se corrobora la tendencia por el uso de metodologías para el desarrollo de software, el 71% afirman que emplean marcos de trabajo o hacen uso de buenas prácticas para el desarrollo de software, mientras que el 29% mencionaron que no aplican ningún tipo de metodología para el desarrollo de proyectos de software.

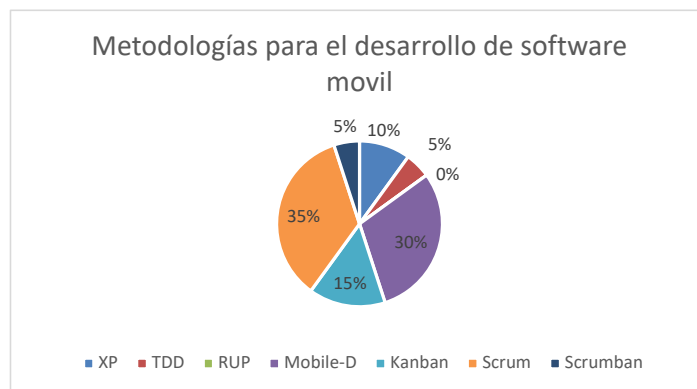


**Ilustración 8.** Aplicación de metodologías en proyectos de software.

**Fuente:** elaboración propia.



En cuanto a la Ilustración 9, el 35% del objeto de estudio se inclinan por el uso de la metodología Scrum para el desarrollo de aplicaciones móviles, el 30% prefiere emplear Mobile-D, el 15% emplea Kanban, el 10% utiliza XP, mientras que solo el 5% respectivamente optan por usar TDD y Scrumban.



**Ilustración 9.** Uso de metodologías.

**Fuente:** elaboración propia.

## 5. DISCUSIÓN

En base a la investigación bibliográfica y comparación de las características y directrices entre las metodologías como XP, TDD, RUP, Mobile-D, KANBAN, Scrum y Scrumban; se puede inferir que la metodología Scrum podría ser el marco de trabajo ideal para llevar a cabo los proyectos de desarrollo de aplicaciones móviles porque contribuye con elementos y procesos que maximizan la productividad y reduce el coste de ejecución sobre el proyecto. A diferencia de otras metodologías como XP que emplea el mismo principio ágil y abarca características similares, Scrum se enfoca más a la gestión del proyecto por ende su estructura es sólida y fiable.

Sin embargo, en el estudio de campo se observó una variación en cuanto a la preferencia de las empresas desarrolladoras de software a seleccionar la metodología para la producción de aplicaciones móviles. En este caso Scrum y Mobile-D son mayormente empleadas por las empresas, esto podría ser debido a las

características de cada una en cuanto a la adaptabilidad y enfoque sobre los procesos. Cabe resaltar que Mobile-D es un marco de trabajo orientado específicamente a la construcción de aplicaciones móviles por tal motivo genera cierta confianza para su ejecución en proyecto de este tipo.

## 6. CONCLUSIONES

El desarrollo de software de forma general necesita de directrices que orienten a los desarrolladores durante el ciclo de un proyecto para garantizar la calidad del producto final. En el caso de la producción de aplicaciones móviles, existen escasas metodologías enfocadas a este ámbito por diferentes razones, generalmente son proyectos pequeños, no siempre requiere de una cantidad considerable de integrantes, son de corto plazo, entre otras. Sin embargo, las metodologías híbridas satisfacen la necesidad de encontrar un marco de trabajo para el desarrollo de aplicaciones móviles.

En el estudio comparativo desarrollado se pudo cristalizar las diferencias entre las metodologías que a pesar de sustentarse en los principios ágiles mantienen un enfoque distinto en busca de resolver los enigmas que presentan otras metodologías. Esto no demuestra que sean incorrectas, al contrario, son bastante útiles para escenarios específicos para la que han sido desarrolladas.

Por otra parte, Scrum es una metodología versátil a diferentes contextos de aplicación, sus características iterativas, los elementos que emplea para dar soporte a sus procesos internos, estructura y enfoque la hacen ideal para la producción de aplicaciones móviles y su ciclo de vida.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Aamir, M., y Khan, M. N. A.** (2017). Incorporating quality control activities in scrum in relation to the concept of test backlog. *Sāadhanā*, 42(7), 1051-1061. <https://doi.org/10.1007/s12046-017-0688-7>

- Albers, A., Heimicke, J., Trost, S., y Spadinger, M.** (2020). Alignment of the change to agile through method-supported evaluation of agile principles in physical product development. *Procedia CIRP*, 91, 600-614. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.218>
- Bhardwaj, K., Saunders, M., Juneja, N., y Gavrilońska, A.** (2019). Serving Mobile Apps: A Slice at a Time. *Proceedings of the Fourteenth EuroSys Conference 2019*, 1–15. <https://doi.org/10.1145/3302424.3303989>
- Borle, N. C., Fegghi, M., Stroulia, E., Greiner, R., y Hindle, A.** (2018). Analyzing the effects of test driven development in GitHub. *Empirical Software Engineering*, 23(4), 1931-1958. <https://doi.org/10.1007/s10664-017-9576-3>
- Chaouch, S., Mejri, A., y Ghannouchi, S. A.** (2019). A framework for risk management in Scrum development process. *Procedia Computer Science*, 164, 187-192. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.171>
- Corral, L., Sillitti, A., y Succi, G.** (2015). Software assurance practices for mobile applications. *Computing*, 97(10), 1001-1022. <https://doi.org/10.1007/s00607-014-0395-8>
- da Silva Estácio, B. J., y Prikladnicki, R.** (2015). Distributed Pair Programming: A Systematic Literature Review. *Information and Software Technology*, 63, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.02.011>
- Heikkilä, V. T., Paasivaara, M., y Lassenius, C.** (2016). Teaching university students Kanban with a collaborative board game. *Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering Companion*, 471–480. <https://doi.org/10.1145/2889160.2889201>
- Ho, M. H.-W., y Chung, H. F. L.** (2020). Customer engagement, customer equity and repurchase intention in mobile apps. *Journal of Business Research*, 121, 13-21. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.046>

- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).** (s. f.). *Censo Nacional Económico*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-economico/>
- Krishnaiyer, K., y Chen, F. F.** (2017). A Cloud-based Kanban Decision Support System for Resource Scheduling & Management. *Procedia Manufacturing*, 11, 1489-1494. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.280>
- Kroener, I., Barnard-Wills, D., y Muraszkievicz, J.** (2019). Agile ethics: An iterative and flexible approach to assessing ethical, legal and social issues in the agile development of crisis management information systems. *Ethics and Information Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10676-019-09501-6>
- Liskin, O., Schneider, K., Fagerholm, F., y Münch, J.** (2014). Understanding the role of requirements artifacts in kanban. *Proceedings of the 7th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*, 56–63. <https://doi.org/10.1145/2593702.2593707>
- Lunesu, M. I., Münch, J., Marchesi, M., y Kuhrmann, M.** (2018). Using simulation for understanding and reproducing distributed software development processes in the cloud. *Information and Software Technology*, 103, 226-238. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2018.07.004>
- McIlroy, S., Ali, N., y Hassan, A. E.** (2016). Fresh apps: An empirical study of frequently-updated mobile apps in the Google play store. *Empirical Software Engineering*, 21(3), 1346-1370. <https://doi.org/10.1007/s10664-015-9388-2>
- Nanthaamornphong, A., y Carver, J. C.** (2017). Test-Driven Development in scientific software: A survey. *Software Quality Journal*, 25(2), 343-372. <https://doi.org/10.1007/s11219-015-9292-4>
- Owoseni, A., y Twinomurinzi, H.** (2018). Mobile apps usage and dynamic capabilities: A structural equation model of SMEs in Lagos, Nigeria. *Telematics and Informatics*, 35(7), 2067-2081. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.07.009>

- Pandey, M., Litoriya, R., y Pandey, P.** (2019). Novel Approach for Mobile Based App Development Incorporating MAAF. *Wireless Personal Communications*, 107(4), 1687-1708. <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06351-9>
- Reyes-Delgado, P. Y., Mora, M., Duran-Limon, H. A., Rodríguez-Martínez, L. C., O'Connor, R. V., y Mendoza-Gonzalez, R.** (2016). The strengths and weaknesses of software architecture design in the RUP, MSF, MBASE and RUP-SOA methodologies: A conceptual review. *Computer Standards & Interfaces*, 47, 24-41. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2016.02.005>
- Schaefer, P., y Söllner, D.** (2017). DevOps by Scrumban. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 54(2), 251-260. <https://doi.org/10.1365/s40702-017-0301-x>
- Snyder, H.** (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Sohaib, O., Solanki, H., Dhaliwa, N., Hussain, W., y Asif, M.** (2019). Integrating design thinking into extreme programming. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(6), 2485-2492. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-0932-y>
- Steghöfer, J.-P., Burden, H., Alahyari, H., y Haneberg, D.** (2017). No silver brick: Opportunities and limitations of teaching Scrum with Lego workshops. *Journal of Systems and Software*, 131, 230-247. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.06.019>

/04/

# IMPACT DEFLECTOMETRY IN THE STRUCTURAL EVALUATION, CENTRAL HIGHWAY KM 12 + 250 - KM 26 + 500, LIMA 2020

---

**Carlos Abner Julca Vásquez**

Graduate University School - EUPG - Federico Villarreal National University, (Perú).

E-mail: [carlos.julcav@gmail.com](mailto:carlos.julcav@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2817-9079>

**Vicenta Tafur Anzualdo**

Graduate University School - EUPG - Federico Villarreal National University, (Perú).

E-mail: [itafur@unfv.edu.pe](mailto:itafur@unfv.edu.pe) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1888-7848>

**Doris Esenarro**

Graduate University School - EUPG - Federico Villarreal National University, (Perú).

E-mail: [desenarro@unfv.edu.pe](mailto:desenarro@unfv.edu.pe) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7186-9614>

**Recepción:** 5/03/2021   **Aceptación:** 4/06/2021   **Publicación:** 14/06/2021

## **Citación sugerida:**

Julca, C. A., Tafur, V., y Esenarro, D. (2021). Impact deflectometry in the structural evaluation, Central Highway km 12 + 250 - km 26 + 500, Lima 2020. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 10(2), 95-115. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n2e38.95-115>

## ABSTRACT

This research analyzes the incidence and efficiency of impact deflectometry to evaluate and design the road reinforcements of a section of the central highway. For this study, a "non-destructive" methodology has been used, based on the collection, processing, and interpretation of the deflections measured on the road surface with the impact deflectometer equipment; these deflections reflect a response of the structural package under a given load, its measurement is simple, fast and "non-destructive," that is, we do not alter the structural package, and above all, we do not cause vehicular congestion as it would be with the conventional methodology. The deflections are analyzed using the back-calculation technique, which allows us to know the total Structural Number in the function of the characteristics of rigid pavement, obtaining a structural number Sn of 6.2 and 5.6 for the right and left the roadway, respectively. This research presents the results of the current condition of the road under study. It proposes a technique for calculating the Structural Number of an asphalt reinforcement on concrete from the back-calculation.

## KEYWORDS

Deflection, Deflectometry, Non-Destructive, Structural Package, Structural Number, Reinforcement.



## 1. INTRODUCTION

Within the international context of the standards applied for the analysis and evaluation required to determine the structural condition of road pavement, applying the so-called destructive and non-destructive methods or tests stands out.

It is considered that measuring the condition of an existing pavement requires the application of destructive processes on the road, which altered the balance of the pavement-subgrade system. However, through new technologies or state-of-the-art instruments that apply high-performance testing techniques, known as Non-Destructive Testing (NDT), roadway monitoring has improved (Alderete & Brizuela, 2014). Among these techniques, the use of the Falling Weight Deflectometer (FWD), whose function is to analyze the structural condition of pavements by interpreting the deflections produced under dynamic loads that simulate the effect of traffic, stands out. Another characteristic of the non-destructive evaluation methodology is that since the "test sample" is the pavement itself, it represents the true reflection of the complex interaction between its components (layers of materials and subgrade), and this "sample" can be tested at any time during its life without disturbing or destroying it.

The use of the impact deflectometer generates a deflection basin which represents the response of the structural package due to the application of a load which is produced by vehicular traffic so that the deflection can be correlated with the structural capacity of pavement so that if the deflection is high in a structural model, the structural power of the pavement model is weak or deficient. Conversely, if the deflection is low, it means that the structural model of the pavement has good structural capacity. With the help of back-calculation, it is possible to determine the pavement modulus used to calculate the pavement's structural capacity (Andrade *et al.*, 2015). Therefore, the back-calculation methodology (also called retro analysis) is a tool that is currently considered the most appropriate for the structural evaluation of pavements, which allows the determination of the modulus of the layers that compose it and of the subgrade based on the knowledge of the thicknesses and the initial modulus.

Currently, in Peru, the alternative of evaluating the structural capacity utilizing the study of deflections in concrete and asphalt pavement using the impact deflectometer is little known.

## 1.1. LITERATURE REVIEW

### **Impact Deflectometry**

Impact Deflectometry is a technology that allows evaluating the in-situ resilient modulus of pavement and its component layers. This information is obtained by applying a dynamic load to the coating to assess and record its deformation through sensors.

### **Impact Deflectometer**

The impact deflectometer generates a deflection basin. The characterization of the basin determines a series of parameters that allow calculating the capacity of the subgrade of a pavement structure. Impact tests are widely used to determine the subgrade strength with the Falling Weight Deflectometer (FWD); since they are non-destructive, they are a precious and fast technology, which, when adequately applied, provides a wealth of information at a very reasonable cost and time.

It is provided with a variable number of geophones located at different distances from the load application point, allowing for the deflection basin. Due to its characteristics are used in the non-destructive structural evaluation of already paved roads, generally when analyzing their rehabilitation requirements with reinforcement layers. This use justifies its high value since with an FWD, measurements can be made continuously along several kilometers per day, being constantly moved to different sections under analysis (Smith *et al.*, 2017).

### **Structural Evaluation**

The structural evaluation of pavements consists of determining the bearing capacity of the pavement-subgrade system in an existing road structure. The back-calculation methodology (also called retro-

analysis) is a tool that is currently considered the most appropriate for the structural evaluation of pavements (Ávila *et al.*, 2015).

## 2. METHOD

### 2.1. SITE ANALYSIS

The investigation was carried out on Route PE-22 - Emp. Lima - Chosica (Ricardo Palma Bridge) - Matucana - Morococha, located between kilometers 12+250 to 26+500, where Santa Clara - Chacacayo is located.

It has a total length of 28.50 km as the section under study is made up of two carriageways, and each carriageway has 2 to 3 lanes.



**Figure 1.** Geographical location of the section under study.

**Source:** own elaboration.

Figure 1 shows the specific location of the section of the central highway under study, where the starting point km 12+250 with coordinates (294768; 8671131) at an altitude of 417 masl and the endpoint at km 26+500 with coordinates (308077; 8675700) at the height of 671 masl (Hoffman & Thompson, 1981).

## 2.2. CHARACTERISTICS OF THE STUDY AREA

### Climate and Meteorology

The climate is warm and temperate between Santa Clara and Chaclacayo with an average of 26.7°C, January is the warmest month, and the lowest average temperatures of the year occur in June when it is around 17.5°C. The climate in the area is hot and temperate. They have a significant amount of rainfall during the year, with averages of 1364 mm (Méndez *et al.*, 2020).

## 2.3. MATERIALS

The evaluation of asphalt reinforcement on flexible pavements using the FWD follows a methodology proposed in the AASHTO 93 guide. Still, the mounts on a mixed pavement (concrete slab with asphalt overlay) as is the case of the Central Highway from km 12+250 to km 26+500 would not be possible to apply directly due to the type of rigid structure, so a methodology is proposed to determine the Structural Number from the back-calculation parameters for the model of a rigid pavement (King & Roesler, 2014).

For calculating concrete slabs, Hoffman and Thompson (1981) developed a method to transform the deflection data obtained from FWD tests of flexible pavement into a deflection basin area known as AREA (1). This term, defined as AREA36, is calculated from normalized surface deflections measured 0-in. (d0), 12-in. (d12), 24-in. (d24), and 36-in. (d36) offset from the center of the loaded plate (0, 30.5, 61.0 and 91.4 cm, respectively) (Alderete & Brizuela, 2014).

## FWD Impact Deflectometer

The equipment used for the measurement of deflections in the asphalt binder sections was the FWD KUAB 150 impact deflectometer (Figure 2), a dynamically loaded device coupled to a trailer, which is transported by a van that meets all the requirements standardized by ASTM D 4694-96 and the SHRP calibration protocol for this type of equipment. The deflections produced are measured by a group of seven (7) seismometers spaced every 0.30 m, allowing to obtain the complete curve of the deflection basin (William, 2014).

The results obtained for the deflections are reported in the corresponding annex, where the deflections measured by the group of seismometers which are located at distances of 0, 0.30, 0.60, 0.90, 1.20, 1.50, and 1.80 m from the center of the load disk are recorded; the temperature and the impact application load are also shown.



**Figure 2.** Impact deflectometer KUAB - 150 coupled to a trailer transported by a pickup truck, this device is dynamically loaded and meets ASTM D 4694-96 requirements.

**Source:** own elaboration.

## FWD Measurement Procedure

The measurement of deflections in the pavement structure was performed on May 6 to 10, 2019, alternately on the right and left lane of the roadway, every two hundred meters lane, equivalent to one hundred meters roadway ten (10) points per kilometer (Ávila *et al.*, 2020).

The test was carried out by applying a load of approximately 50 kN on the pavement; three (3) blows or measurements were made at each measurement point to ensure the repeatability of the results within an acceptable deviation range. The distance traveled by the equipment is registered by an odometer that indicates the location of the point to be measured. The FWD has an infrared thermometer that automatically registers the pavement surface temperature at each measurement point (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).



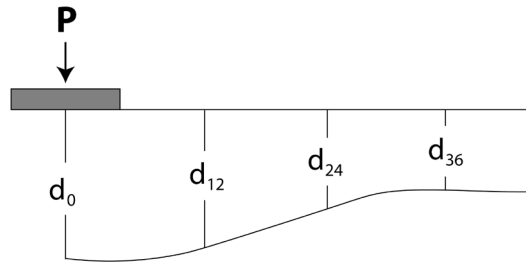
**Figure 3.** Inspection data collection.

**Source:** own elaboration.

Figure 3 shows the personnel in charge of data collection with the Impact Deflectometer KUAB 150; once the reading is done, the FWD equipment advances to its next data collection point.

## Structural Parameters

The structural capacity of a typical rigid pavement (without load transfer bars) and without other additional layers is mainly given by the slab thickness (D), the Elastic Modulus of Concrete (EC), and the Modulus of Subgrade Reaction (k). To know the thickness of the asphalt overlay, the slab thickness has been cored, and therefore retro analysis allows determining EC and k from the FWD measurements. Retroanalysis in rigid pavements is based on obtaining two basic parameters of the deflection basin (Figure 3): maximum deflection and basin area.



**Figure 5.** Deflection Basin.

**Source:** own elaboration.

- **Maximum deflection:** Corresponds to the deflection measured by the sensor located under the load plate ( $d_0$ )
- **AREA:** It is an indicator that considers the shape of the basin when incorporating more distant deflections, and in the case of rigid pavements, it is calculated as:

$$AREA (pulg.) = 6 * \left[ 1 + 2 \frac{d_{12}}{d_0} + 2 \frac{d_{24}}{d_0} + 2 \frac{d_{36}}{d_0} \right] \quad (1)$$

Where:

$d_0$ = Maximum deflection under load plate

$d_{12}$ ,  $d_{24}$ ,  $d_{36}$ = Deflection at 12, 24 and 36 inches from load plate

On the other hand, both EC and k are related to each other according to the elastic theory developed by Westergard in rigid pavements (Westergard, 1939) using a parameter called relative stiffness (Lk) according to the following relationship:

$$l_k = \sqrt[4]{\frac{E_c D^3}{12(1-u^2)k}} \quad (2)$$

For the development of retro analysis in rigid pavements, it was determined that there is a relationship between the relative stiffness (Lk) and the AREA parameter:

$$l_k(pulg) = \left[ \frac{\ln\left[\frac{36-AREA}{1812,279133}\right]}{-2,559340} \right]^{4,387009} \quad (3)$$

Once determined (Lk), the value of k can be obtained according to the deflection equation developed by Westergard for rigid pavements:

$$K = \left( \frac{P}{8d_0 l_k^2} \right) \left( 1 + \left( \frac{1}{2\pi} \right) * \left[ \ln\left(\frac{a}{2lk}\right) + \gamma - 1,25 \right] \left( \frac{a}{lk} \right)^2 \right) \quad (4)$$

Where:

P: Load in pounds

a: Load plate radius, inches

$\gamma$ : Euler's constant, 0.57721566490

Finally, with the values of LK and k, the modulus of elasticity Ec of the concrete pavement can be cleared from relation (2) (Hoffman & Thompson, 1981).

In case the model is used to evaluate asphalt overlays on concrete pavements, AASHTO considers that the original deflection basin must be corrected in its maximum deflection due to the local compression



effect that occurs in the asphalt layer when it is supported on a rigid layer ( $d_{0compress}$ ) according to the following relation for bonded overlays:

$$d_{0compress} = -0.0000328 + 121,5006 \left[ \frac{D_{ac}}{E_{ac}} \right]^{1,0798} \quad (5)$$

Where:

$D_{ac}$ : Thickness of asphalt overlay, in.

$E_{ac}$ : modulus of elasticity of asphalt concrete, psi

The elastic modulus is determined as a function of temperature according to the following simplified relationship proposed in AASHTO for the particular loading frequency conditions of FWD from a more general relationship developed by Witczak for the Asphalt Institute.

$$\log E_{ac} = 6.451237 - 0.000164671 \cdot t_p^{1.92544} \quad (6)$$

Where:

$T_p$ : Floor temperature, °F

Once the maximum deflection has been corrected for the effect of localized compression, the ratios developed by AASHTO for retro analysis in rigid pavements can be applied directly (Ubalde *et al.*, 2020).

### 3. RESULTS

#### 3.1. HOMOGENEOUS SECTORS

To establish working sectors with similar behavior and characteristics that facilitate the determination of the design parameters per section in the road section, the cumulative difference analysis method was used.

$$F = \frac{At}{L} \quad (7)$$

Where:

At: Sum of the cumulative area values obtained.

L: Length of the section under study (km)

### 3.2. DEFLEXION CHARACTERISTICS

After finding the homogeneous sectors and according to the road type classification, which refers to Table 12. 22 of the Roads Manual, Soils and Pavements section of the MTC, the characteristic deflection is calculated using the statistical factor 1.645 at reliability of 95% corresponding to the first-class roads.

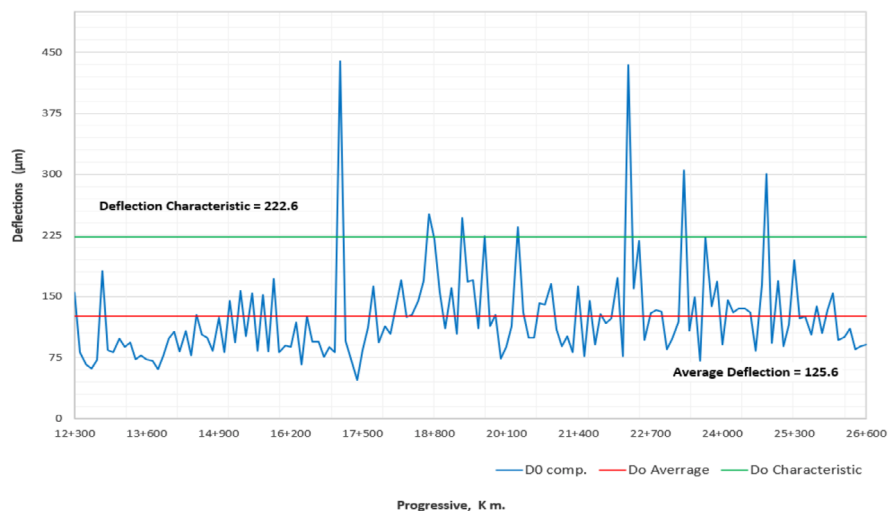
$$Dc = Dm + 1.645 * ds \quad (8)$$

Where:

Dc: Characteristic Deflection.

Dm: Mean Deflection.

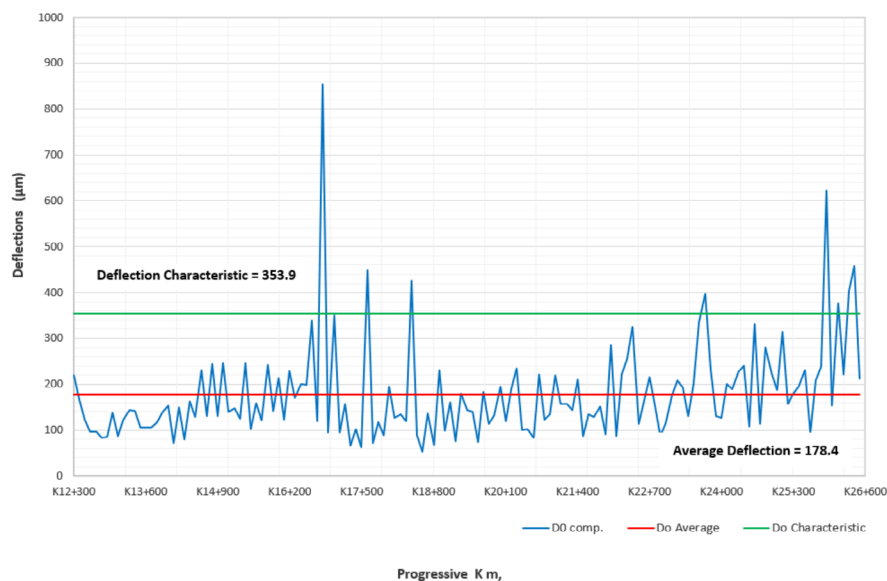
ds: Standard Deviation



**Figure 4.** Calculation of deflections CZD.

**Source:** own elaboration

Figure 4 and Figure 5 show the deflection readings of the right and left the roadway, respectively. The calculation of the average deflection  $D_o$  and the characteristic deflection  $D_c$ , calculated by equation (8) (right road = 222.6, left road = 353.9), is a fundamental parameter in the structural evaluation of pavements (Esenarro *et al.*, 2021).



**Figure 5.** Calculation of deflections CZI.

**Source:** own elaboration.

### 3.3. ESTIMATE OF THE STRUCTURAL NUMBER

In the present investigation, the maximum deflection must be corrected because we are dealing with asphalt overlays on a mixed pavement (concrete slab with asphalt overlay). Once the maximum deflection is fixed for the effect of localized compression using the equation, the relationships developed by AASHTO for retro analysis in rigid pavements can be applied directly. Obtaining the bowl area from the deflection area as a function of the maximum deflection and the deflections at 12, 24, and 36 in. we calculate the relative stiffness using equations (1 and 3). We obtain the effective Modulus  $K$  using equation (4) with the calculated area and relative stiffness (Hoffman & Thompson, 1981).

For the calculation of the Effective Structural Number (SN), we use back-calculation parameters with the following expression:

$$SN = \frac{2747.5}{d_0^{0.40647786} \cdot K^{0.19848453}} \quad (9)$$

Where:

SN: Effective Structural Number.

$d_0$ : Deflection at Center, in mm

K: Modulus of reaction of the subgrade, in Mpa

Now the modulus of subgrade reaction according to Hogg's model for a mixed pavement is calculated with the following equation:

$$K = 1.17 + 63 \sqrt{R} \quad (10)$$

Where:

K: Modulus of subgrade reaction, in Mpa.

R: Resistance value Hvenn (R-value of the subgrade)

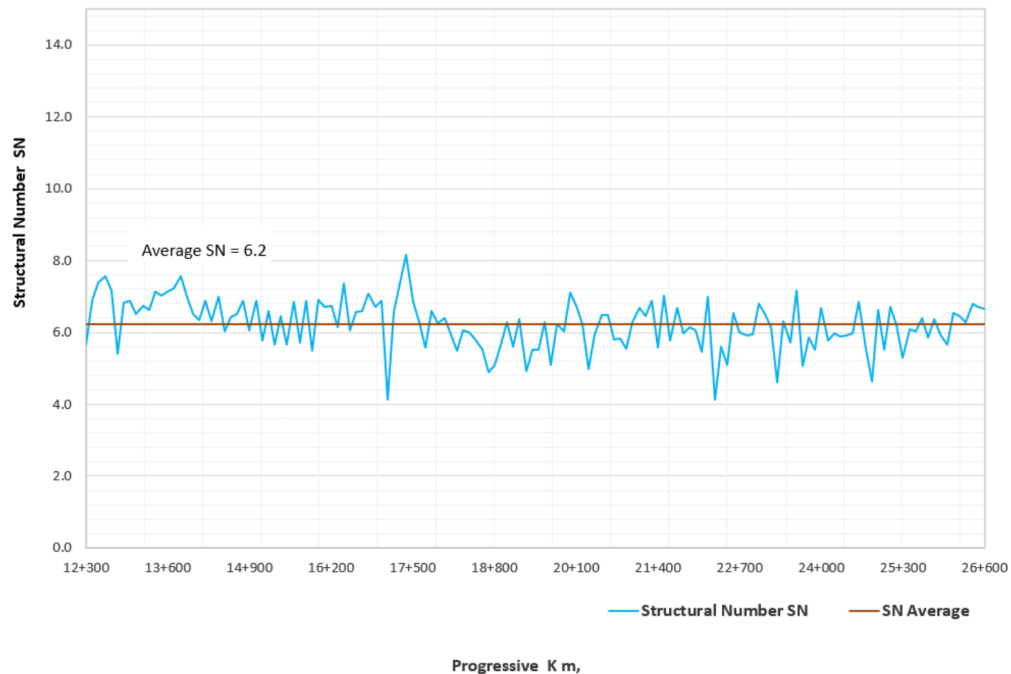
To determine the Hvenn resistance value, the method relies on the following expression developed by the Washington Department of Transportation.

$$R = 1.17 + 63 \sqrt{Mr} \quad (11)$$

Where:

R: Hvenn's Resistance Value of the Subgrade.

$Mr$ : Resilient modulus of the subgrade, in KSI



**Figure 6.** CZD Structural Number.

**Source:** own elaboration

Figure 6 and Figure 7 show the calculation of the Structural Number for the right and left the roadway, respectively, using equations (9,10, and 11) where the average SN = 6.2 for the proper street and SN = 5.6 for the left road are also observed (Smith *et al.*, 2017).

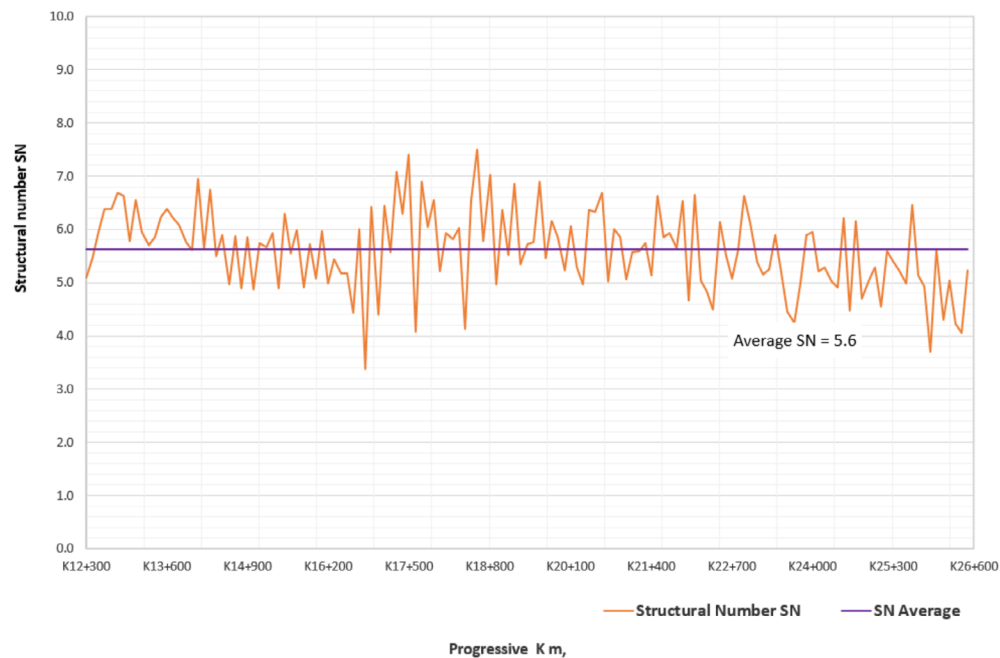


Figure 7. CZI Structural Number.

Source: own elaboration

Table 1. Structural parameters.

SECTION	ROADWAY	CONCRETE SLAB THICKNESS	ASPHALT LAYER THICKNESS	EAC	k static	MODULUS OF ELASTICITY Ec	STRUCTURAL NUMBER
		(cm)	(pulg)	(psi)	(pci)	(psi)	SN
Km 12+250 a	Right	26.2	3.7	661,061.2	241.6	33,701.3	6.2
km 26+500	Left	20.0	3.4	704,625.0	266.0	28,661.3	5.6

Source: own elaboration

Table 1 shows the average thicknesses of the asphalt overlay and the existing concrete slab. These were obtained by taking core samples and calculating the structural parameters of the modulus of elasticity of the asphalt and concrete, static K-modulus, and the structural number (Andrade *et al.*, 2015).

## 4. CONCLUSIONS

The test was performed by applying a load of approximately 50 KN, generating three (3) blows in each of the test points to know the behavior of the evaluated structure. The spacing between tests is 100 m.

To determine the thicknesses of the existing structural package (asphalt coating and concrete slab), core samples were extracted.

The Structural Number obtained for the proper roadway is  $SN = 6.2$  and for the left road is  $SN = 5.6$ .

With the information of the deflection basin obtained with the impact deflectometer, the structural capacity of pavement in service can be calculated by means of the parameter called Structural Number  $Sn$ .

The application of this methodology significantly facilitates the controls and the structural evaluation of the road reinforcements on mixed pavements with significant advantages:

- No destructive evaluations.
- Reduction of time and efficient procedures to know the road reinforcement of a road.

## REFERENCES

**Alderete, N., & Brizuela, L.** (2014). Diseño de pavimentos urbanos por retrocalculo según guía AASHTO 93 mediante la utilización del deflectómetro liviano de impacto. *Infraestructura Vial*, 16(27), 4–14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5051931>



- Andrade Neto, I. C., Andrade Neto, D. I. I., & Rufino, D. I. J.** (2015). Metodología de análisis de la condición del pavimento a partir del cuenco de deflexión. *Infraestructura Vial*, 17(29), 24–32. <https://doi.org/10.15517/iv.v17i29.15270>
- Ávila, E., Albarracín, F., & Bojorque, J.** (2015). Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. *Maskana*, 6(1), 149–167. <https://doi.org/10.18537/mskn.06.01.11>
- Avila, L. A., Esenarro, D., Rodriguez, C., Paredes, P., & Metzger, L.** (2020) Application of Pavement Index for the Evaluation of the Running Surface of the Lima-Peru Roads. *Journal of Green Engineering*, 10(10), 8129-8141. <https://siis.unmsm.edu.pe/es/publications/application-of-pavement-index-for-the-evaluation-of-the-running-s>
- Esenarro, D., Martinez, R., Miranda, M., Begazo, L., & Segovia, E.** (2021). Sustainable Construction of Ancasmarka and Its Functionality in the Pre-Inca and Inca Period, Calca - Cusco – Perú. *Journal of Green Engineering (JGE)*, 11(2). <http://www.jgenng.com/volume11-issue2.php>
- Hoffman, M. S., & Thompson, M. R.** (1981). *Mechanistic Interpretation of Nondestructive Pavement Testing Deflections*. UILU-ENG-81-2010. University of Illinois at Urbana-Champaign. <https://trid.trb.org/view/169968>
- King, D., & Roesler, J. R.** (2014). Backcalculation procedure for bonded concrete overlays of asphalt pavement. *Transportation Research Record*, 2457(2), 72–79. <https://doi.org/10.3141/2457-08>
- Martínez, W., & Moyano, C. A.** (2014). *Evaluación Estructural Del Pavimento En Las Plataformas Norte Y Sur Del Aeropuerto Internacional El Dorado*. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2571/1/Evaluaci%C3%B3n-estructural-pavimento-plataformas-norte-y-sur-El-Dorado.pdf>

- Méndez, R., Esenarro, D., Amaya, P., & Rodriguez, C.** (2020). Vulnerability of the soils of Metropolitan Lima and their relationship with urban sustainability. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme. Edición Especial, Octubre 2020*, 161-177. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2020.specialissue6.137-147>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** (2013). *Manual de Carreteras- "Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción"*. Lima.
- Smith, K. D., Bruinsma, J. E., Wade, M. J., Chatti, K., Vandenbossche, J. M., & Yu, H. T.** (2017). *Using Falling Weight Deflectometer Data with Mechanistic-Empirical Design and Analysis, Volume I: Final Report*. Report No. FHWA-HRT-16-009. Federal Highway Administration, I(March), Report No. FHWA-HRT-16-009. <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/16009/16009.pdf>
- Ubalde, R., Rodriguez, C., Petrlik, I., Esenarro, D., Lezama, P., & Sotomayor, J.** (2020). Quality model for Peruvian microenterprises of a software product Factory. *Test Engineering and Management*, 83, 13434.



/05/

# A COST-EFFECTIVE SIMPLIFIED ENERGY MONITORING SYSTEM USING IOT

---

**Pierre E. Hertzog**

Centre for Sustainable Smart Cities, Department of Electrical, Electronics and Computer Engineering.  
Central University of Technology, Bloemfontein, (South Africa).

E-mail: [phertzog@cut.ac.za](mailto:phertzog@cut.ac.za) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3396-6050>

**Arthur J. Swart**

Centre for Sustainable Smart Cities, Department of Electrical, Electronics and Computer Engineering.  
Central University of Technology, Bloemfontein, (South Africa).

E-mail: [aswart@cut.ac.za](mailto:aswart@cut.ac.za) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5906-2896>

**Recepción:** 28/04/2021 **Aceptación:** 4/06/2021 **Publicación:** 14/06/2021

## **Citación sugerida:**

Hertzog, P. E., y Swart, A. J. (2021). A cost-effective simplified energy monitoring system using IOT. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 10(2), 117-133. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n2e38.117-133>

## ABSTRACT

The management of any process really requires sensing, transferring and recording of relevant data for analysis purposes so as to make an informed decision. In fact, smart manufacturing requires sufficient knowledge to be available to the decision-maker to ensure that any system runs efficiently and effectively, which may include an energy generation system. The purpose of this paper is to present a simplified energy monitoring system, and its acquired data, that may be used to achieve such real-time results that can be used to make an informed decision. An experimental methodology is applied where empirical quantitative data is derived from a residential home in a suburb of a city having a population of around half a million people. Nine electrical circuits are monitored systematically using a current sensor where data is transferred to Google Sheets using an Arduino microprocessor and ESP8266 module. Custom made power usage graphs are directly visible via any electronic device, for real-time results. It is recommended to make more use of such cost-effective simplified systems in an attempt to provide sufficient knowledge to make an informed decision that may contribute to identifying energy discrepancies in any given system with the aim of improving energy efficiency.

## KEYWORDS

Arduino, Cloud, Energy monitoring, IoT, Cost-Effective.

# 1. INTRODUCTION

“When I look at the solar system, I see the earth at the right distance from the sun to receive the proper amounts of heat and light. This did not happen by chance” (Brainy Quote, 2020). These words, by Sir Isaac Newton, a world-renowned English Mathematician, well indicate that things do not happen by chance. There must be a designer, a creator, or a maker of some kind to bring forth a system that contains order and stability. In fact, to ensure the ongoing stability, or sustainability, of any designed system requires good management, and not mismanagement.

The term ‘management’ can be defined as a process of planning, organizing, directing, coordinating and controlling material and non-material, or technology and physical resources toward achieving organizational objectives (Amadike, 2018). The most appropriate definition is of course contingent upon the context in which it is used. However, a key concept should always include monitoring any progress or change.

Effective monitoring requires the systematic collection and analysis of appropriate data (Chapman, 2017) that needs to be transformed into knowledge by linking it with other pockets of information to foster understanding and create meaning (Swart, 2018). Systematic collection needs to be done over a period of time using scientifically validated techniques, where data is processed and presented in meaningful graphs that may contribute to making informed decisions regarding the performance and health of any given concept, or system. In engineering systems, this sensing, transferring, recording and analysing of data is an integral, and indispensable part, of the management process.

How though can this process be implemented in a cost-effective and simplified manner to ensure that systematic data is automatically processed and presented in meaningful graphs over an extended period of time? This is indeed important, as the manual processing of data is often labour-intensive, time-consuming and extremely costly (Weinstein, 2018). The purpose of this paper is to present a simplified energy monitoring system, and its acquired data, that may be used to present real-time results that can be

used to make an informed decision about the performance and health of a given system. An experimental methodology is applied where empirical quantitative data is derived for the energy usage in a residential home of a city having a population of around half a million people. The paper firstly commences with a brief discussion of the concept ‘smart’ and ‘IoT’ (Internet of Things). The experimental setup, research site, methodology and results then follow. Succinct conclusions round off the paper.

### 1.1. THE BIRTH OF ‘SMART’ AND ‘IOT’

The term ‘smart’ as been applied in many different ways, and to many different concepts. It has been stated that it refers to the collection, storage and evaluation of data (Genennig, 2020) where improvements through digital technology can be applied to any process or service (Stolikj *et al.*, 2016). It really implies the automatic collection of desired information that needs to be transformed into meaningful graphs that can be accessed from anywhere and at any time. This information should then be used to automatically execute a command or enable a user to manually perform a required action.

The term “smart” was perhaps first used in the 1990s, with the development of the information society, where the primary emphasis was on ICT (Information and Communication Technologies) in relation to modern infrastructures and their possible impact on society (Das, 2019). Some may assert that the term was made famous by the mobile phone industry with the advent of smartphones during the birth of the 21st century. Common terms now include “smart city”, “smart campus”, “smart home” and even “smart student”.

Consider just the term “smart city” A Google Scholar search for this exact term reveals some 136 000 results. Performing an advanced search where only the title of the article is considered reveals 11 900 results, of which almost 9 000 occur within the last 5 years (as on 18 March 2020). This term has indeed become a hot topic, or a “buzzword”, in academia, business, industry and society at large.

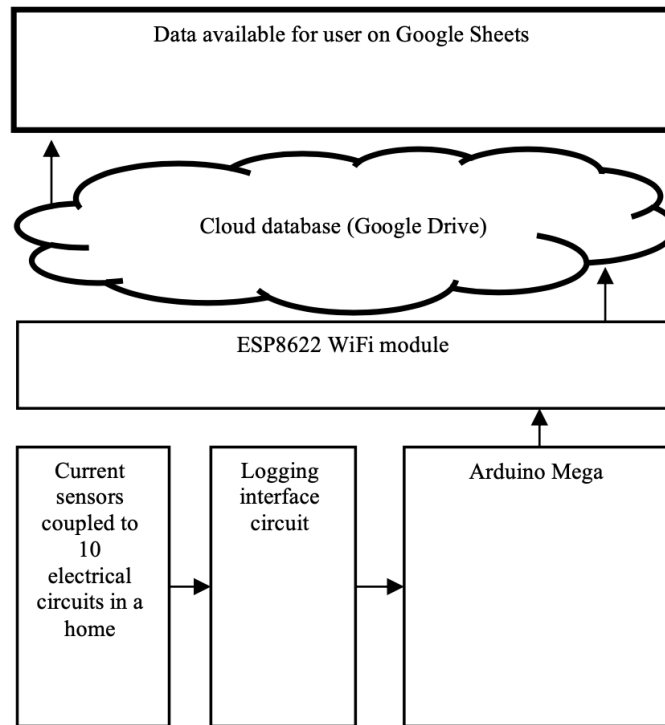


One could almost say that the term IoT is the twin brother or twin sister of the term ‘smart’. Many believe that the term IoT was first coined by Kevin Ashton in 1999 (Darwish *et al.*, 2019), a well-known British technology pioneer (Tyagi *et al.*, 2019) to refer to a large set of named things that are interconnected (Alagar & Wan, 2019). Even though the term has been circulating for the past two decades, no commonly accepted definition exists. However, many definitions contain three key concepts, namely sensors, communication and storage. Some or other sensor is used to collect specific data that needs to be communicated to a centralized storage location from where it can be accessed anywhere and at any time.

So, key similarities do exist between the term ‘smart’ and ‘IoT’. However, one could say that the term ‘IoT’ would focus more on the sharing of information, where the term ‘smart’ would go one step further and include some or other form of control. Nevertheless, both terms should bring to the mind four key systematic steps, namely sensing, transferring, recording and presentation of relevant data. This may be accomplished by using a cost-effective simplified system, as outlined next.

## 1.2. EXPERIMENTAL SETUP

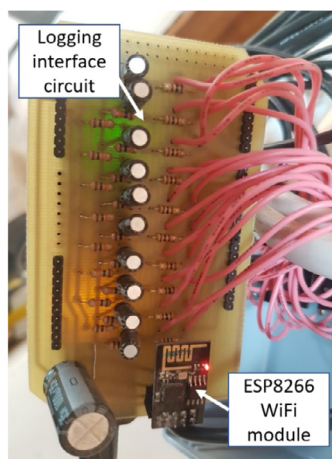
A cloud-based energy monitoring system was designed as shown in Figure 1. Ten identical current transformer sensors were used to sense ten different electrical circuits in an electrical distribution board of a residential home in a city having a population of around half a million people. The current sensors were coupled to a logging interface circuit that conditions the sensed current signals so that it can be interpreted by the analogue-to-digital converters on an Arduino Mega microcontroller. The microcontroller receives and processes the received signals from the login interface circuit, communicating power values for each individual circuit via serial communication to the ESP8266 WiFi module. The software on this module enables connection to a local WiFi network which facilitates the transfer of data from the Arduino Mega to Google Sheets using a Google script. The recorded data is then analysed and presented in standard graphs available in Google sheets.



**Figure 1.** Block diagram of the experimental setup.

**Source:** own elaboration.

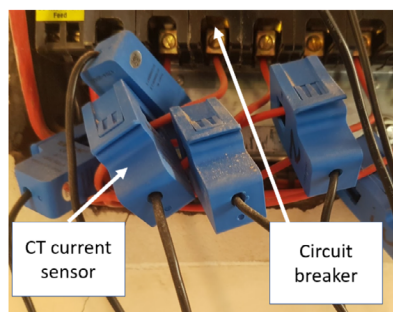
Figure 2 shows the logging interface circuit as well as the ESP8266 WiFi module. The pink wires connect the logging interface circuit to 10 x 3.5 mm audio jacks that provide a connection to the current transformer sensors.



**Figure 2.** Logging interface circuit and WiFi module.

**Source:** own elaboration.

In Figure 3, a part of the electrical distribution board of a residential home can be seen. The current transformer (CT current sensor) sensors were firstly coupled to the output of the circuit breakers with no physical interruption in the electrical wires required. This limits the possibility of electrical shock occurring to the installer, as no screwdriver or physical wire connection is required. The transformer current sensor is simply clipped around the relevant current-carrying electrical wire.



**Figure 3.** Current sensors and circuit breakers.

**Source:** own elaboration.

The current transformer sensors are then plugged into the logging interface circuit where the sensed data is sent to a WiFi module via the Arduino Mega microcontroller. The software program that resides on the Arduino Mega microprocessor includes access details to the local WiFi network of the home, that needs to be modified for other WiFi networks at different research sites.

## 2. METHODOLOGY

The research site for this study is located in Bloemfontein, in the centre of South Africa. This is a semi-arid region which is characterized by deep red or yellow sandy loam soils, low annual rainfall, high temperatures and high evaporation (Barnard & Smith, 2009). It has average daily radiation of between 4.5 and 7 kWh/m<sup>2</sup> with an average annual rainfall of approximately 550 mm (Mulaudzi *et al.*, 2012).

Bloemfontein was founded in 1896 and currently has an average population of 594 428 residents (Mangaung Metro Municipality). It is the capital city of the Free State Province of South Africa. In Dutch, "Bloem" means "flower" and "fontein" means "fountain" (SouthAfrica.TO, 2020). It is also known as the "City of Roses" or Mangaung (which means "place of Cheetahs" in Sesotho). Bloemfontein is also home to South Africa's Appeal Court.

An experimental study is undertaken where data was collected for 6 months, from June 2018 to December 2018. Experimental studies are usually subject to many factors, eg, materials, equipment, and costs, and therefore limit the research speed (Zhang *et al.*, 2018). The equipment associated with this study includes nine current transformer sensors, a logging interface circuit, an Arduino Mega microprocessor and an ESP8266 module that tallies a total cost of around \$130. Ten electrical circuits in an averaged sized residential home was sampled. This home consists of a living area (including 3 bedrooms), two guest rooms, laundry room, an office, a kitchen and an outside aquaponics system. Two geysers rated at 2 kW each, also exist on the property.

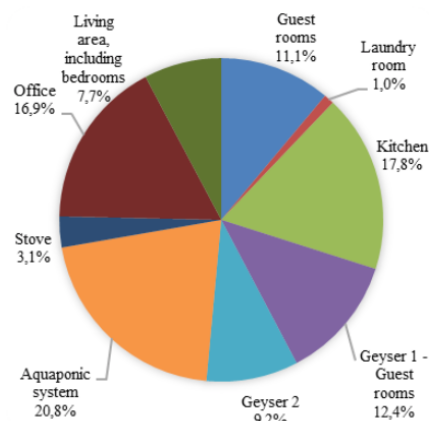
### 3. RESULTS

The experimental setup was used to record the power consumption of nine electrical circuits in an average sized residential home. In order to make informed decisions regarding the power usage, the sampling period for the data was set to 10 minutes. Figure 4 presents the power consumption recorded for a one-day period. The kitchen used 17.8% of the total power, which excludes the stove that was monitored separately (3.1% for the stove that brings the total power consumption for the kitchen to 20.9%). The aquaponics system, featuring two electrical pumps, consumed 20.8% of the total power for that day. The office that also includes an air conditioner consumed 16.9% of the total power.

The two hot water geysers used 12.4 and 9.2% of the total power. This is different from previous research published in 1992 that showed that some geysers consume approximately 45% of the total electricity used in homes (Meyer *et al.*, 1992). However, a 2016 study in Norway showed that newer geysers consume 10% of household electricity consumption (Shan *et al.*, 2016). The lower percentage power usage by the geysers may be attributed to the fact that the geysers are well isolated and that the total power used would be higher than a home that does not have an aquaponics system, that consumed one fifth of the total power.

The total power consumption for both geysers dedicated to water heating was 21.6%. The rest of the power consumption was spread between the guest rooms (11.1%), laundry room (1%) and the living area (7.7%).

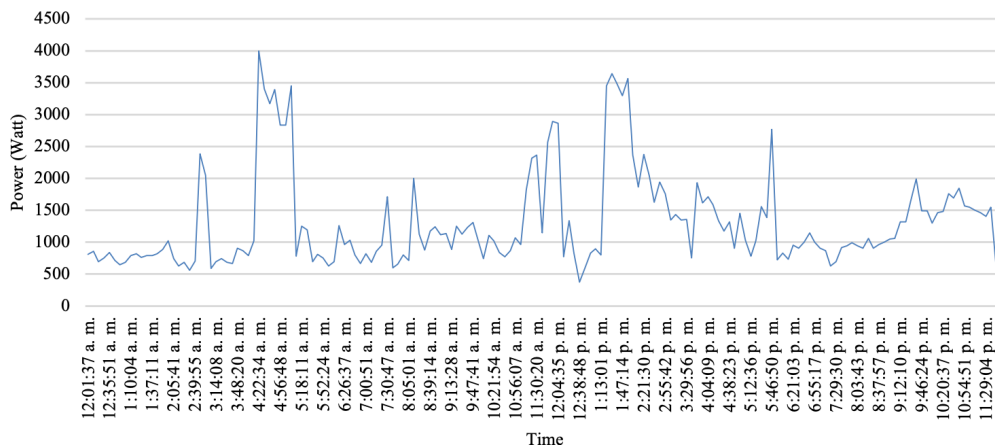
Figure 5 shows the total recorded power curve for the one-day period. The maximum power that was drawn around 4 a.m. can be attributed to the timer that switches both geysers on as residents awake and start preparing for the days' work ahead. A second significant spike around 1:30 p.m. can be attributed to appliances in the kitchen as lunch is prepared.



**Figure 4.** Distribution of recorded power consumption for one day.

**Source:** own elaboration.

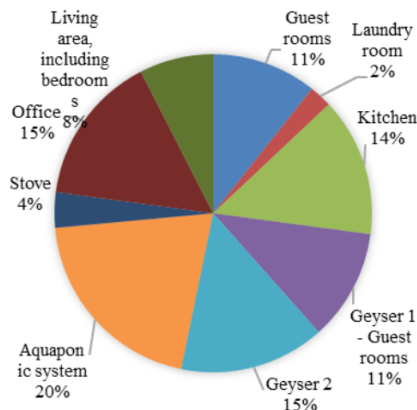
The percentage power consumption distribution of the nine electrical circuits for a six-month period is visible in Figure 6. It is noteworthy that its distribution is similar to that for the six-month period. This relates to the validity of the simplified cost-effective energy monitoring system and reliability of the data. Reliability refers to the consistency, stability and repeatability of results while validity refers to the degree to which a test, or system, appears to measure what it claims to measure (Mohajan, 2017). For instance, the one-day consumption for the guest room was 11.1% in Figure 4, and 10.7% for the six-month period in Figure 6. The aquaponics system power consumption varied with 0.5% from 20.8% for one-day to 20.3% for the six-month period. Similar results are observed for the living area.



**Figure 5.** Recorded power profile for one day.

**Source:** own elaboration.

There was a slightly larger difference in the power consumption for the kitchen, being 17.8% on one-day and 14.1% over the six-month period. However, a significant difference in power consumption was determined for geyser 2, being 9.2% for one-day and 14.8% over the six-month period. This may be attributed to the fact that this geyser is older than geyser one and may not be as well isolated. New water heaters (or geysers) are much more energy-efficient than older models and replacing one that is 7 years old is a good idea (Smith, 2019). Almost all new units have a 2-inch-thick polyurethane foam in their jacket that contributes significantly to an improvement in thermal insulation.

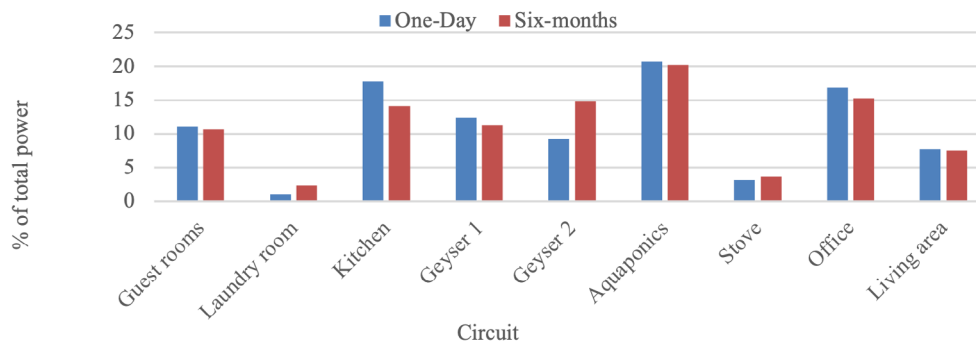


**Figure 6.** Distribution of recorded power for a six-month period.

**Source:** own elaboration.

Furthermore, the six-month period was from June 2018 to December 2018, which included a significant portion of the winter period. Geysers are known to require higher amounts of thermal energy in winter than in summer, due to the temperature difference of the water that needs to be heated (Kalogirou, 2009). More energy consumption would therefore be required in the winter period (June to July) than in the summer period (November to December). The percentage difference between the on-day and six-month power consumption data for the nine circuits can be seen in Figure 7.





**Figure 7.** The percentage difference between the one-day and six-month power consumption data.

**Source:** own elaboration.

## 4. CONCLUSIONS

The purpose of this paper was to present a simplified energy monitoring system, and its acquired data, that may be used to present real-time results that can be used to make an informed decision about the performance and health of a given system. The results from this study showed that the energy monitoring system is indeed reliable, as consistent power consumption readings were obtained over a period of six-months that reflect the power consumption of a one-day period. This was determined for the living room, two guest rooms, laundry room, office, kitchen and an aquaponics system. However, a 5.6% difference was determined for the main geyser in the home, that may be attributed to its age or the change in season, where more electrical energy is required in winter than in summer to heat the water to a pre-determined temperature. It is recommended to make more use of such cost-effective simplified systems in an attempt to provide sufficient knowledge to make an informed decision that may contribute to identifying energy discrepancies in any given system with the aim of improving energy efficiency.

## REFERENCES

- Alagar, V., & Wan, K.** (2019). Understanding and Measuring Risk due to Uncertainties in IoT. In *2019 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT)*, 484-488. <https://doi.org/10.1109/SmartIoT.2019.00088>
- Amadike, C. M.** (2018). *The Effect Of Recruitment And Selection Policy As A Tool For Achieving Higher Employee Productivity In Manufacturing Organizations: A Study Of Dozzy Group Of Companies* (Thesis). Amadike, Chinaza Marypamela. <http://eprints.gouni.edu.ng/571/>
- Barnard, A. & Smith, M. F.** (2009). The effect of rainfall and temperature on the preharvest sprouting tolerance of winter wheat in the dryland production areas of the Free State Province. *Field Crops Research*, 112(2-3), 158-164. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.02.011>
- Brainy Quote.** (2020). *Homepage*. <http://www.brainyquote.com/quotes/>
- Chapman, A. R.** (2017). A “Violations Approach” for Monitoring the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights 1. *Human Rights*. Routledge.
- Darwish, A., Hassanien, A. E., Elhoseny, M., Sangaiah, A. K., Muhammad, K., & Computing, H.** (2019). The impact of the hybrid platform of internet of things and cloud computing on healthcare systems: opportunities, challenges, and open problems. *Journal of Ambient Intelligence*, 10, 4151-4166. <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0659-1>
- Das, D.** (2019). Smart City. In Orum, A. (ed.) *The Wiley Blackwell Encyclopedia of Urban Regional Studies*. John Wiley and Sons.
- Genennig, S. M.** (2020). Research Context: Foundations of the Research. *Realizing Digitization-Enabled Innovation*. Springer.

- Kalogirou, S.** (2009). Thermal performance, economic and environmental life cycle analysis of thermosiphon solar water heaters. *Solar energy*, 83(1), 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.06.005>
- Mangaung Metro Municipality.** (2019). *Integrated Development Plan 2018/19* <http://www.mangaung.co.za/2019/04/09/draft-integrated-development-plan-2019-20-idp-sectoral-plans-mtref-budget-2019-20-2021-22-budget-related-policies/>
- Meyer, J. P., & Greyvenstein, G.** (1992). Influence of price changes on the viability of heat pumps for heating water in South African homes. *Energy conversion*, 33(1), 41-49. [https://doi.org/10.1016/0196-8904\(92\)90145-M](https://doi.org/10.1016/0196-8904(92)90145-M)
- Mohajan, H. K.** (2017). Two criteria for good measurements in research: Validity and reliability. *Annals of Spiru Haret University. Economic Series*, 17(4), 59-82. <https://doi.org/10.26458/1746>
- Mulaudzi, S. K., Muchie, M., & Makhado, R.** (2012). Investigation of the solar energy production and contribution in South Africa: research note. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 4, 233-254. [https://www.researchgate.net/publication/262527564\\_Investigation\\_of\\_the\\_Solar\\_Energy\\_Production\\_and\\_Contribution\\_in\\_South\\_Africa](https://www.researchgate.net/publication/262527564_Investigation_of_the_Solar_Energy_Production_and_Contribution_in_South_Africa)
- Shan, K., Wang, S., Yan, C., & Xiao, F.** (2016). Building demand response and control methods for smart grids: A review. *Science and Technology for the Built Environment*, 22(6), 692-704. <https://doi.org/10.1080/23744731.2016.1192878>
- Smith, B.** (2019). *Tucson regional strategies toward a more sustainable home*. The University of Arizona.
- Southafrica.TO.** (2020). *Bloemfontein* <https://www.southafrica.to/provinces/FreeState/towns/Bloemfontein/Bloemfontein.php>
- Stolikj, M., Lukkien, J. J., Cuijpers, P. J., & Buchina, N.** (2016). Nomadic service discovery in smart cities. *Smart Cities and Homes*. Elsevier.

- Swart, A. J.** (2018). An Analysis of Master Dissertations: A Case Study of Central University of Technology, South Africa. *AJLAIS, African Journal of Library, Archives and Information Sciences*, 28(2), 211-223. <https://www.ajol.info/index.php/ajlais/article/view/183188>
- Tyagi, S., Joshi, M., Ansari, N., Singh, V., & Data, B.** (2019). Impact of IoT to Accomplish a Vision of Digital Transformation of Cities. In Solanki, V. K., Díaz, V. G. & Davim, P. (eds.) *Handbook of IoT*.
- Weinstein, B. G.** (2018). A computer vision for animal ecology. *Journal of Animal Ecology*, 87(3), 533-545. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12780>
- Zhang, Y., Zhang, N., & Ge, C.** (2018). First-Principles Studies of Adsorptive Remediation of Water and Air Pollutants Using Two-Dimensional MXene Materials. *Materials*, 11(11), 2281. <https://doi.org/10.3390/ma11112281>



