ISSN : 2600-5573

# IDEAS

## Journal

## INNOVATION & DEVELOPMENT IN ENGINEERING AND APPLIED SCIENCE

Volume 5 / Nº1
January 2023

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS



# IDEAS
Journal

# Innovation & Development in Engineering and Applied Science

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

IBARRA - ECUADOR
2023

# *Editorial committee*


Daisy Imbaquingo, MSc.
***EDITOR IN CHIEF***
e-mail: deimbaquingo@utn.edu.ec

Fernando Ramírez, PhD.
***GENERAL EDITOR***
e-mail: frramirez@utn.edu.ec

Marco Ciaccia, PhD.
***SECTION EDITOR***
e-mail: mciaccia@utn.edu.ec

Marcelo Zambrano, PhD.
***SECTION EDITOR***
e-mail: omzambrano@utn.edu.ec

Roberth Valencia, PhD.
***SECTION EDITOR***
e-mail: rmvalencia@utn.edu.ec

David Ojeda,, PhD.
***SECTION EDITOR***
e-mail: daojeda@utn.edu.ec

Brizeida Gámez, PhD.
***ACADEMIC EDITOR***
e-mail: bngamez@utn.edu.ec

Miguel Vivert, PhD.
***ACADEMIC EDITOR***
e-mail: mevivert@utn.edu.ec

Vladimir Bonilla Venegas, PhD
***ASSOCIATED EDITOR***
e-mail: fbonilla@ute.edu.ec

Thalía San Antonio, PhD.
***ASSOCIATED EDITOR***
e-mail: t.sanantonio@uta.edu.ec

Mario Ron, PhD
***ASSOCIATED EDITOR***
e-mail: mbron@espe.edu.ec

Laura Guerra, PhD.
***ASSOCIATED EDITOR***
e-mail: lrguerra@pucesi.edu.ec

Wilson Guachamín, PhD
***ASSOCIATED EDITOR***
e-mail: wilson.guachamin@epn.edu.ec

Ana Cabrera, PhD.
***INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE***
e-mail: acabreratobar@unisa.it

Lilibeth Zambrano, PhD.
***INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE***
e-mail: zambranol@itcarlow.ie

Belkys Amador, PhD.
***INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE***
e-mail: bamador@unet.edu.ve

Vannessa Duarte, PhD.
***INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE***
e-mail: vannessa.duarte@unc.cl

Laura Sáez, PhD.
***INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE***
e-mail: decanatoingenieria@ujap.edu.ve

Luis Garza, PhD.
***INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE***
e-mail: luis_garza1@ucol.mx

Roger Mafla, Lic.
***DIAGRAMMER DESIGNER***
e-mail: rfmafla@utn.edu.ec

Silvia Arciniega, Dra.
***SECRETARY AND STYLE CORRECTOR***
e-mail: srarciniega@utn.edu.ec

Leonardo Ibujés, Ing.
***TECHNICAL EDITOR***
e-mail: lvibujesc@utn.edu.ec

Gabriela Obando
***ASSISTANT***
e-mail: rgobandon@utn.edu.ec

# Editorial committee


Dr. Miguel Naranjo Toro, PhD.
***RECTOR***
e-mail: rectorado@utn.edu.ec

Dra. Alexandra Mina Páez, PhD
***ACADEMIC VICE-RECTOR***
e-mail: viceacademico@utn.edu.ec

Dra. Nhora Benitez Bastidas, PhD
***RESEACH VICE-RECTOR***
e-mail: viceinvestigacion@utn.edu.ec

Dr. Hernán Cadena Pulles, PhD.
***ADMINISTRATIVE VICE-RECTOR***
e-mail: viceadministrativo@utn.edu.ec

---

Catalina Ramírez, MSc.
***DEAN FICA***
e-mail: mcramirez@utn.edu.ec

Daisy Imbaquingo, MSc.
***SUB-DEAN FICA***
e-mail: deimbaquingo@utn.edu.ec

---

Carlos Vásquez, MSc.
***RESEARCH COORDINATOR***
e-mail: cavasquez@utn.edu.ec

Cosme Ortega, MSc.
***COORDINATOR CISIC-CSOFT***
e-mail: mc.ortega@utn.edu.ec

Jaime Michilena, MSc..
***CCOORDINATOR CIERCOM-CITEL***
e-mail: jrmichilena@utn.edu.ec

Jenyffer Yépez, MSc.
***CCOORDINATOR CINDU***
e-mail: jayepez@utn.edu.ec

David Ojeda, PhD.
***COORDINATOR CIME***
e-mail: daojeda@utn.edu.ec

Gerardo Collaguazo, PhD.
***CCOORDINATOR CIELE***
e-mail: gicollaguazo@utn.edu.ec

Ignacio Benavides, MSc.
***COORDINATOR CIMA-CIAUT***
e-mail: ibbenavides@utn.edu.ec

Marco Naranjo Toro, MSc.
***COORDINATOR CITEX***
e-mail: mfnaranjo@utn.edu.ec

Victor Caranqui, MSc.
***COORDINATOR CITIL***
e-mail: vmcaranqui@utn.edu.ec






*UNIVERSITY PRINTING 2023*
*Universidad Técnica del Norte*
*Ibarra-Ecuador*

# *Editorial*

*Ingeniería Multidisplicinar: Automatización de edificaciones y aplicaciones en la industria, es el título que hemos asignado al volumen 5 número 1 de la revista científica Innovation & Development in Engineering and Applied Science; el cual recoge la integración de propuestas y artículos de revisión, presentados por autores provenientes de diferentes instituciones de educación superior de Perú, Portugal y Ecuador.*

*Acerca de Remote Method Invocation (RMI) como una tecnología empleada en la comunicación entre objetos, Guaraca, Jácome, Pinchao, Silva e Imbaquingo en un trabajo conjunto entre la Universidad do Minho (Portugal) y la Universidad Técnica del Norte, aportan a esta edición con una revisión de literatura en donde se muestra la contribución de este método a la computación distribuida.*

*En el área de los biomateriales, Rincón de la Universidad del Norte en Colombia, propone una revisión enfocada en la caracterización de materiales compuestos biodegradables, con aplicación en la medicina. Este estudio comprende las técnicas de fabricación y caracterización más utilizadas en los últimos años, relacionadas con este tipo de materiales.*

*Por su parte; Montenegro, Vélez, Gonzáles, Jaramillo y Umaquinga contribuyen con un estudio documental y descriptivo acerca de la utilización de domótica para personas con discapacidad revelando la importancia de la automatización de edificaciones en temas terapéuticos de salud.*

*En el campo de la ingeniería textil Angulo y Godoy, de la Universidad Técnica del Norte, presentan los resultados de un estudio de los micro movimientos en las tareas de confección con máquinas de coser industriales orientado en términos de la reducción del tiempo de producción, riesgos ergonómicos y construcción de la base de datos.*

*Finalmente, desde la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú), la Universidad Técnica del Norte y el Instituto Superior Tecnológico Ibarra (Ecuador), Salazar, Luza, Revelo y Castañeda, presentan una revisión exploratoria de la literatura sobre propuestas de solución a la contaminación acústica basadas en IoT.*

*Desde el Comité Editor de la revista agradecemos a cada uno de los autores por sus contribuciones en este primer número del año 2023 y extendemos la invitación a los investigadores nacionales e internacionales, en los diferentes campos de la ingeniería a presentar sus aportes; destacando que esta convocatoria es permanente, lo cual implica la recepción de artículos durante todo el año.*

*M.Sc. Daisy Imbaquingo*

*Editor Jefe*

*PhD. Fernando Ramírez*

*Editor General*

# Editorial

*Multidisciplinary Engineering: Automation of buildings and applications in industry, is the title we have assigned to volume 5 number 1 of the journal Innovation & Development in Engineering and Applied Science. This volume integrates the proposals and reviews articles presented by authors from different institutions of higher education in Peru, Portugal, and Ecuador.*

*About Remote Method Invocation (RMI) as a technology used in object communication, Guaraca, Jácome, Pinchao, Silva, and Imbaquingo in a collaborative work between the University of Minho (Portugal) and the Technical University of the North, contribute to this edition with a literature review showing the application of this method to distributed computing.*

*In the field of biomaterials, Rincón from the University of the North in Colombia proposes a review focused on the characterization of biodegradable composite materials with applications in medicine. This study covers the most used manufacturing and characterization techniques in recent years related to this type of materials.*

*Montenegro, Vélez, Gonzáles, Jaramillo, and Umaquinga contribute with a documentary and descriptive study on the use of home automation for people with disabilities, revealing the importance of building automation in therapeutic health issues.*

*In the textile engineering field, Angulo and Godoy, from the Universidad Técnica del Norte, present the results of a study of micro-movements in sewing tasks with industrial sewing machines oriented in terms of production time reduction, ergonomic risks, and database construction.*

*Finally, from the Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Peru), the Universidad Técnica del Norte and the Instituto Superior Tecnológico Ibarra (Ecuador), Salazar, Luza, Revelo and Castañeda, present an exploratory review of the literature on proposed solutions to noise pollution based on IoT.*

*From the Editorial Committee of the journal, we thank each of the authors for their contributions in this first issue of the year 2023 and we extend the invitation to national and international researchers in the different fields of engineering to submit their contributions; emphasizing that this call is permanent, which implies the reception of articles throughout the year.*

*M.Sc. Daisy Imbaquingo*

*Editor in Chief*

*PhD. Fernando Ramírez*

*General Editor*

# Indice
Index


Invocación de métodos remotos (RMI): una revisión de la literatura. 9
Remote method invocation (RMI): a literature review.

Material compuesto biodegradable para aplicaciones ortopédicas: algunas consideraciones sobre caracterización microestructural, electroquímica y propiedades mecánicas. 19
Biodegradable composite material for orthopedic applications: some considerations on microstructural characterization, electrochemistry and mechanical properties.

Domotics in inclusion and health: Descriptive Study. 28
Domótica en inclusión y salud: Estudio descriptivo.

Estudio de los micro movimientos en las tareas de confección con máquinas de coser industriales. 38
Study of micro movements in sewing tasks with industrial sewing machines.

Noise Pollution Control using Internet of Things (IoT) solutions. 55
Control de la contaminación acústica mediante soluciones del Internet de las Cosas (IoT).

VOL. 5 Nº1 - 2023

IBARRA - ECUADOR | Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Innovation & Development in Engineering and Applied Science
IDEAS

# Invocación de métodos remotos (RMI): una revisión de la literatura.

http://doi.org/110.53358/ideas.v5i1.869

**Margoth Guaraca[1], José Jácome[2], Alexander Pinchao[2], Jonathan Silva[2], Fernando Imbaquingo[2]**

[1] Universidad do Minho, Braga, Portugal

[2] Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

*[1]meguaraca@espe.edu.ec, [2]{jgjacome, appinchaop, jxsilvam, efimbaquingoe}@utn.edu.ec*

*Fecha de envío, marzo 24/2023 - Fecha de aceptación, mayo 19/2023 - Fecha de publicación, Julio 10/2023*

**Resumen.** La revisión de la literatura sigue siendo importante para comprender el acontecimiento de diferentes estudios sobre un tema específico y de interés para la sociedad, es por ello que, se ha visto la necesidad de hacer una revisión literaria referente al mecanismo de invocación de métodos remotos. Remote Method Invocation (RMI) como tal, es una tecnología utilizada para la comunicación entre objetos, un tema que en particular ha tenido mucha relevancia en computación distribuida y procesamiento en paralelo, lo que ha permitido el desarrollo de múltiples aplicaciones empresariales al igual que juegos. Por ello, teniendo como guía una metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información sobre temas científicos que se basa en centralizar un problema, buscar y organizar información, se ha iniciado por seleccionar un determinado número de investigaciones para proceder con la revisión de literatura, de tal forma que, se pueda extraer conceptos y aportes más importantes de cada una de las investigaciones. Se realizó una lista de temas que engloban RMI como base de estudio y se buscó lo más relevante para realizar en principio, una introducción referente a computación distribuida, RMI y su forma de implementación, además, a través de tablas, se especificó las definiciones de algunos autores, así como las ventajas y desventajas que presenta esta tecnología en cuanto a su implementación y uso en el área de Ciencias de la Computación.

**Palabras Clave:** Java, Distributed systems, Remote Method Invocation, object, parallel processing.

**Abstract.** The literature review holds significant importance in comprehending the existing studies on a specific topic, which are of great interest to society. Therefore, it is imperative to conduct a literature review concerning the mechanism of remote method invocation (RMI). RMI is a technology utilized for object communication, particularly relevant in the fields of distributed computing and parallel processing. Its applications have played a crucial role in the development of numerous business applications and games. To conduct this literature review effectively, it has been adopted a methodology for information management on scientific topics, which involves centralizing the problem, conducting a thorough search, and organizing the information. Initially, it was selected a set of investigations as the basis for the literature review, aiming to extract the most important concepts and contributions from each study. It has been compiled a list of topics encompassing RMI as the foundation for this study and focused on the most relevant aspects. As a starting point, it was provided an introduction to distributed computing, RMI, and its implementation methodology. Furthermore, were employed tables to present definitions from various authors and outlined the advantages and disadvantages of this technology within the realm of Computer Science.

**Keywords:** Java, Distributed systems, Remote Method Invocation, object, parallel processing.

*Autor de correspondencia:*
*Margoth Guaraca, meguaraca@espe.edu.ec*

## Introducción

Las aplicaciones que se van desarrollando cada vez cumplen con más funcionalidades, por lo cual requieren un mayor procesamiento, en especial, las que utilizan inteligencia artificial y aprendizaje automático. Es debido a ello que, se hace uso de la computación distribuida para un mejor rendimiento de las aplicaciones [1].

RMI es una técnica de computación distribuida que divide una tarea en múltiples subprocesos para ejecutarlos simultáneamente en distintas máquinas [2], esto gracias a su enfoque basado en la distribución de objetos y la transportación de los mismos a través de la red, permitiendo que se pueda invocar métodos de los objetos almacenados en otra máquina, sin la necesidad de estar en el mismo lugar [3], también se hace uso de un marco de capa de red, el cual contribuye a un mejor procesamiento en paralelo [4].

RMI es un conocido trabajo de distribución de middleware de procesamiento paralelo [5], utiliza una de las formas más rápidas de conexión entre el cliente y el servidor, y asegura una conexión confiable, puesto que, una solicitud puede pasar a través del firewall [6], realiza serialización de objetos y aplica polimorfismo orientado a objetos [7]. RMI utiliza la capa de transporte, de referencia remota y la capa de aplicaciones, con el fin de tener la comunicación entre los sistemas maestro y esclavo [20].

RMI estándar utiliza una implementación de objeto remoto exportada [8], esto significa que, un objeto de un sistema puede llamar a un método en un objeto en otro lugar de una red, permitiendo así envío de parámetros y la obtención de resultados automáticamente [9], mediante su API se realiza la invocación de un método de un objeto remoto por un objeto residente local [10].

Para aplicaciones que implementa RMI, a menudo cuentan con dos programas independientes como mínimo, que en este caso son el cliente y el servidor [11], los cuales permiten cumplir con el principio de RMI que es el llamado o la invocación de métodos remotos y el envío de parámetros [12]. Hay que tomar en cuenta que en una implementación eficiente de RMI, su desarrollo hace posible descargar clases remotas en una aplicación en ejecución, lo que causa una sobrecarga de tiempo de ejecución importante [13], sin embargo, RMI proporciona compatibilidad para referencias a objetos punto a punto mediante TCP [14].

RMI se presenta como un servicio que proporciona una base sólida y segura para la implementación en varias aplicaciones y escenarios dentro de una red, incluido aplicaciones que requieran una gran cantidad de datos de entrada [15]. Se puede encontrar aplicaciones como ActiveRMI que implementa el servicio de RMI [16], los servidores de juegos están diseñados para ser reutilizables en cualquier otro proyecto que requiera un sistema informático distribuido, debido a la implementación de esta tecnología, que permite a los desarrolladores concentrarse en el diseño del modelo de objetos y la lógica de la aplicación, en lugar de implementar la conexión de socket entre el servidor y el cliente [17].

Una de las principales razones porque se han implementado en muchas ocasiones RMI, se debe a que es una plataforma que ya lleva sus años y es madura en cuanto a la computación distribuida se refiere, además de tener suficiente documentación, lo que les brinda a los desarrolladores una confianza para su uso [18].

También se ha demostrado que el sistema de clúster basado en RMI es mucho más eficiente que la programación de Socket, esto en base a resultados experimentales que se han obtenido de algunos estudios realizados, en donde se ha evidenciado que, al realizar un procesamiento con RMI, requiere menos tiempo de ejecución que la programación basada en Socket, además, el uso directo de la programación de Socket no es muy capaz de enviar grandes cantidades de datos en una sola instancia a todo el clúster [19].

Se puede aplicar RMI para la comunicación entre diferentes sistemas en un clúster, en donde se puede implementar el protocolo de método remoto, que funciona a través del protocolo de Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP / IP). Los sistemas distribuidos basados en RMI pueden funcionar directamente sin almacenar datos en los archivos a medida que suministra el servicio de conexión. RMI proporciona el establecimiento de conexión confiable entre el cliente y el servidor [20]. Además, se puede utilizar para construir un servicio de almacenamiento en caché parcial, puesto que los objetos se pueden exportar y recuperar a través de la red. Luego, se pueden invocar llamadas a métodos en el servidor de objetos remotos, lo que resulta en una ejecución remota [22].

RMI, si bien es un mecanismo de arquitectura distribuida y ofrecido por Java, esto se puede aplicar también con el uso de máquinas virtuales, en la que los métodos de objetos remotos pueden invocarse desde otras máquinas virtuales Java, posiblemente ubicadas en diferentes hosts. [23]. La tecnología Java RMI permite llamar a un método Java en una máquina virtual remota y, es fácilmente aplicable a una red informática heterogénea. Uno de los requisitos cruciales es, poder usarlo para varios tipos de computadoras con varios sistemas operativos instalados. Esto es relativamente fácil con RMI, puesto que está incluida en Java, que es un lenguaje de programación independiente de la plataforma [24]. Los estudios realizados sugieren usar RMI que generen y operen con objetos Java en un sistema Remoto [23].

El aplicar los conceptos de RMI en plataformas móviles puede traer varios beneficios que son la mejor transparencia de recursos del dispositivo cuando se pueden asignar múltiples recursos para una llamada de función. Sin embargo, la tecnología RMI original no admite ningún enrutamiento que no sea el que admiten las capas de red subyacentes; si no hay redes entre dos dispositivos (cliente y servidor), un objeto en el primer dispositivo no puede invocar un método para un objeto en el segundo dispositivo. Además, RMI es una tecnología obsoleta que depende en gran medida del paquete javax de la biblioteca Java SDK; por lo tanto, no es compatible con plataformas móviles como Android [25]. Es por ello que, se dispone de Android RMI que proporciona una interfaz de programación de aplicaciones (API) simple a nivel de usuario y sus abstracciones son casi idénticas a las utilizadas para invocar un servicio dentro del mismo dispositivo. Esto evita que los usuarios modifiquen los códigos fuente de las aplicaciones existentes cuando se ejecutan en múltiples dispositivos Android, y también son portátiles. A diferencia de los enfoques anteriores en los que solo se pueden invocar servicios de aplicaciones, Android RMI permite a los usuarios invocar servicios del sistema y servicios de aplicaciones entre dispositivos mediante el uso de un formato de paquete remoto, que es un mensaje extendido desde el formato de datos Parcelable (una interface para clases, cuyas instancias se pueden escribir y restaurar desde una clase tipo Parcel). Android RMI está diseñado en base a tres objetivos de diseño importantes: transparencia, portabilidad y rendimiento [26].

## Materiales y Métodos

La revisión literaria empieza por definir las bases de datos científicas y bibliográficas en las que se hará la búsqueda del tema que se pretende investigar, en el caso planteado "RMI (Método de Invocación Remoto)", para ello se consideró las siguientes bases de datos bibliográficas: Scopus, IEEE Explore, Google Scholar debido a que se enfocan en la investigación científica y pueden ser de utilidad para la investigación.

Una vez identificadas las bases de datos bibliográficas se procede a hacer la búsqueda con las siguientes cadenas de texto: "RMI", "Remote Method Invocation".

Empezando con IEEE Explore, de donde se obtuvo un resultado preliminar de 417 documentos, entre conferencias, revistas científicas y artículos, en esta parte se realizó una lectura del resumen de los artículos, priorizando los publicados recientemente, con el objetivo de encontrar los documentos más relevantes que aporten información a la investigación en cuestión, obteniendo finalmente 30 que se consideraron los más importantes.

Asimismo, se procedió a hacer la búsqueda en Scopus con un resultando inicial de 3423 documentos, se aplicó un filtro, especificando las áreas temáticas como ciencias de la computación, ingeniería y computación distribuida, además de limitar el tipo de documento como artículo, se logró reducir la cantidad de documentos a 123 y finalmente se determinó que 24 eran los más relevantes.

Por último, en la base de datos de Google Scholar, que en una búsqueda inicial con las palabras claves se obtuvo 25000 resultados, mediante un filtro se determinó una cantidad de 80 documentos que contenían el tema de interés y finalmente se seleccionó 21 considerados como los más importantes.

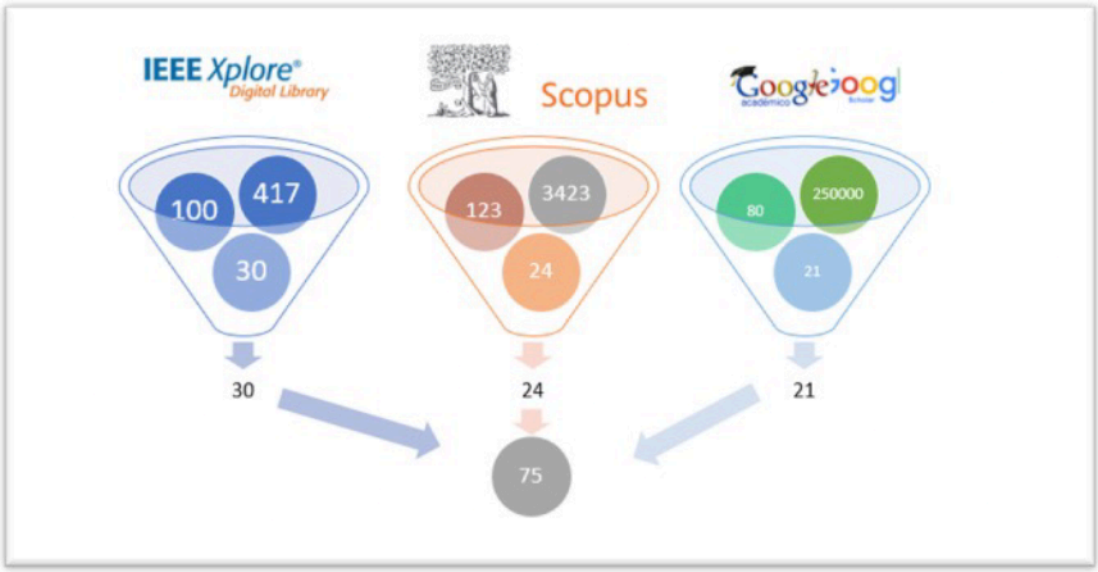



*Gráfico 1 Filtro de documentos. Elaboración propia*

Luego de la búsqueda de los documentos se realizó la lectura comprensiva de los mismos, para determinar las definiciones de los distintos autores y sintetizar en una tabla, además de las ventajas y desventajas que presenta RMI como tal.

## Resultados y Discusión

De la revisión de literatura realizada se obtuvieron algunas definiciones de RMI, las mismas que son conceptualizadas por los autores con sus propias palabras, y que tenían concordancia en su significado. Estas definiciones se detallan a continuación en una tabla con su autor correspondiente.

**Tabla 1 – Definición RMI según autores**

| Autor | RMI |
|---|---|
| Fujie Gao | Sistema complejo, que incluye fenómenos como la interacción de la interfaz de choque, la inestabilidad hidrodinámica, el flujo multifásico y la mezcla turbulenta [27]. |
| Ahmet Sayar | Tipo de llamada a procedimiento remoto que es independiente de la red, ligera y totalmente portátil [28]. |
| Daniel Tejera | Se basa en un hilo que llama a un método en una computadora remota, en donde un servidor obtiene esta invocación, ejecuta el método apropiado y devuelve los resultados del método y el cliente espera hasta que se reciba esta información [29]. |
| Sachin Bagga | Es una forma factible para llamar a un objeto que reside en alguna máquina remota [2]. |
| Minh Le | Es una biblioteca y un marco de nivel relativamente bajo que se basa en llamadas a métodos [30]. |
| Sachin Bagga | Método que permite la comunicación entre los sistemas maestro y esclavo, y proporciona un servicio de establecimiento de conexión confiable que incluso puede pasar a través del firewall [20]. |
| Jan Vimmr | Tecnología que permite llamar a un método en una máquina virtual remota y, es fácilmente aplicable a una red informática heterogénea [24]. |
| [25] | Es una arquitectura distribuida en la que los métodos de objetos remotos pueden invocarse desde otras máquinas posiblemente ubicadas en diferentes hosts [25]. |
| Minh Ahuja | Es una tecnología para distribuir objetos a través de la red, además, permite invocar llamadas de método en objetos que residen e n otra máquina sin tener que mover esos objetos a la máquina que hace la llamada [3]. |
| D.-A. German | Significa que un objeto de un sistema puede llamar a un método en un objeto en otro lugar de una red. Enviará parámetros y obtendrá un resultado de vuelta automáticamente [9]. |
| M. Govindaraju | Es una API para la invocación de métodos remotos: la invocación de un método en un objeto remoto por un objeto residente local [10]. |
| K. Bergner | Es una arquitectura que permite la comunicación entre objetos en procesos diferentes y espacios de direcciones, posiblemente en diferentes anfitriones [31]. |
| Diya Sharon | Es una forma ideal y poderosa de manipular objetos presentes en otro sistema con mucha facilidad [32]. |

*Fuente: Elaboración Propia*

Con las distintas definiciones encontradas se determinó una definición general de RMI que se presenta a continuación:

Se define a RMI como una tecnología muy ligera utilizada en computación distribuida, que posibilita la comunicación entre objetos, permitiendo la realización de llamadas a métodos remotos, independientemente de la red, esto mediante un cliente que realiza la llamada y un servidor que devuelve una respuesta automáticamente.

Además, de las definiciones mencionadas anteriormente, se logra resaltar algunas ventajas y desventajas, evidenciadas en los documentos referentes a RMI. Estas se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 2 – Ventajas y desventajas de RMI**

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| Puede ejecutarse sobre cualquier máquina virtual de Java [24]. | Requiere que los desarrolladores lo configuren y mantengan manualmente [30]. |
| Puede pasar a los firewalls [6]. | Un servidor que acepta ciegamente cualquier solicitud de RMI se abre a ataques de sobrecarga de memoria y / o computacionales [15]. |
| Tiene su propio protocolo de trabajo [21]. | La RMI nativa provoca una reducción en la velocidad de rendimiento [32]. |
| Tiene una disposición que puede restablecer la conexión. [21]. | Su política de diseño y especificaciones para un entorno multi cliente que controla dispositivos físicos de un sistema de control / monitoreo del acelerador [33]. |
| RMI es mucho más eficiente que la programación de Socket ya que requiere menos tiempo de ejecución [19]. | Tiempo de bloqueo inaceptable debido al sincronismo de RMI [33]. |
| Es una plataforma que ya lleva sus años y es madura en cuanto a la computación distribuida se refiere [18]. | Tiempo de bloqueo inaceptable para un cliente / servidor cuando se produce una falla de red [33]. |

*Fuente: Elaboración Propia*

Aunque esta tecnología brinda algunas ventajas, en la actualidad ya no es de uso común, debido a la aparición de nuevos métodos de comunicación como por ejemplo las API REST, por lo cual está quedando obsoleta. Pero es un buen referente para estudiar y analizar la computación distribuida desde su inicio.

## Conclusiones

La revisión literaria es un aporte muy importante para futuras investigaciones porque da una reseña del estado actual de un tema específico y agiliza procesos de investigaciones posteriores, con mayor énfasis en temas de tecnología como RMI, puesto que, son áreas que están en constante evolución con mejoras continuas.

RMI fue uno de los pilares fundamentales de la computación distribuida para pasar a lo que hoy existe, como son los servicios en la nube, muy eficientes y de gran utilidad para las aplicaciones empresariales, que siguen siendo algo que se percibe a diario y se habla mucho en las empresas como una solución tecnológica al consumo de servicios en la nube.

De igual manera, en la actualidad existen paquetes y diferentes abstracciones de software como Android RMI para el desarrollo de aplicaciones móviles, que permiten invocar métodos remotos entre varios dispositivos, lo que reduce el tiempo de invocación y tamaño en bytes que se traduce en una mejora en el rendimiento.

## Referencias


1. Cooke, Ryan; Fahmy, Suhaib; (2020). "A Model for Distributed In-Network and Near-Edge Computing With Heterogeneous Hardware". Future Generation Computer Systems. Recuperado de: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X19312130?via%3Dihub

2. Bagga, Sachin; Girdhar, Akshay; Chandra, Munesh; (2017). "SPMD based time sharing intelligent approach for image denoising". Journal of Intelligent and Fuzzy Systems. Recuperado de: https://content.iospress.com/articles/journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems/ifs169292

3. S.P. Ahuja; R. Quintao; (2002). " Performance evaluation of Java RMI: a distributed object architecture for Internet based applications". IEEE. San Francisco. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/876585

4. Musab, Ali; Shehab, Hamood; Najm, Ihab; Al-yousif, Shahad; Tahir, Nooritawati; (2019). "A Comparative Study in Remote Techniques and Event-Based Invocations". IEEE 10th Control and System Graduate Research Colloquium. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/8837063

5. M.A. de Miguel; (2002). " Solutions to make Java-RMI time predictable". IEEE. Magdeburgo. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/922862

6. Harmanpreet Kaur ; Sachin Bagga ; Ankit Arora (2015). " RMI approach to cluster based Winograd's variant of Strassen's method". IEEE. Amritsar. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/7375307

7. Yu Weihong (2009). " Communication Mechanism of Search and Rescue at Sea Intelligent Decision Support System Based on RMI". IEEE. Phuket. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/4737118

8. Rudiger Kapitza ; Jorg Domaschka ; Franz J. Hauck ; Hans P. Reiser ; Holger Schmidt (2006). "FORMI: integración de objetos fragmentados adaptativos en Java RMI". IEEE. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/4012576

9. D.-A. German; (2005). " RMI: observing the distributed pattern". IEEE. USA. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/1408619

10. M. Govindaraju ; A. Slominski ; V. Choppella ; R. Bramley ; D. Gannon; (2006). " Requirements for and Evaluation of RMI Protocols for Scientific Computing". IEEE. Dallas. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/1592774

11. Arabi E. Keshk (2006). "Implementation of Distributed Application using RMI Java threads ". IEEE. Guiza. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/4458214

12. D.-A. German; (2004). " The net worth of an object-oriented pattern: practical implications of Java RMI". IEEE. Newport Beach. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/1316118

13. Sudarsan, V; Sugumar, R; (2018). "Building a distributed K-Means model forWeka using remote method invocation (RMI) feature of Java". Wiley. Recuperado de: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cpe.5313

14. M. Sharp; A. Rountev (2006). " Static Analysis of Object References in RMI-Based Java Software". IEEE. Moscu. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/1707666

15. Król, Michał; Habak, Karim; Oran, David; Kutscher, Dirk; Psaras, Ioannis; (2018). "RICE: remote method invocation in ICN". ICN 2018 - Proceedings of the 5th ACM Conference on Information-Centric Networking. Recuperado de: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3267955.3267956

16. Meng-Chun Wueng ; Fu-Fang Yang ; Cheng-Zen Yang; (2005). " A novel Java RMI middleware design for active networks". IEEE. Thailand. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/1414708

17. Artur Mlodzinski ; Jaroslaw Wozniak ; Wojciech Zabierowski ; Andrzej Napieralski; (2007). " Portal de juegos en línea como un ejemplo del uso de la tecnología J2EE y RMI". IEEE. Lviv-Polyana. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/4297629

18. Abhaya Induruwa ; Mona Christian; (2008). " Building Sensor Networks with Distributed Intelligence Using Java RMI". IEEE. Cap. Esterel. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/4622670

19. Bagga, Sachin; Girdhar, Akshay; Trivedi, Munesh; Bao, Yinan; Du, Jingwen; (2018). "RMI Approach to Cluster Based Image Decomposition for Filtering Techniques". Advances in Intelligent Systems and Computing. Recuperado de: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-981-10-3773-3_38

20. Bagga, Sachin; Girdhar, Akshay; Yan, Rajun; Lin, Zihan; (2016). "Virtualization Approach to Cluster Based Winograd's Variant of Strassen's Method using RMI". Second International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/7546579.

21. Bagga, Sachin; Girdhar, Akshay; Chandra, Munesh; Yang Trivedi; (2016). "RMI Approach to Cluster Based Cache Oblivious Peano Curves". Proceedings - 2016 2nd International Conference on Computational Intelligence and Communication Technology. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/7546580

22. Gascon-Samson, Julien; Coppinger, Michael; Jin, Fan; Kienzle, Jörg; Kemme, Bettina; (2017). "CacheDOCS: A Dynamic Key-Value Object Caching Service". Proceedings - IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, ICDCSW 2017. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/7979851

23. Boon-Hee Kim ; Young-Chan Kim (2002). " LORB: Infrastructure Design of RMI System for Lightweight Object Request Broker". IEEE. Corea del Sur. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/1032563

24. Vimmr, Jan; Bublík, Ond rej; Pecka, Aleš; (2017). " A parallel implementation of an implicit discontinuous Galerkin finite element scheme for fluid flow problems". Advances in Engineering Software. Recuperado de: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965997816306858?via%3Dihub

25. Le, Minh; Clyde, Stephen; Kwon, Young-Woo; (2019). "Enabling multi-hop remote method invocation in device-to-device networks". Human-centric Computing and Information Sciences. Recuperado de: https://hcis-journal.springeropen.com/articles/10.1186/s13673-019-0182-9

26. Kang, HeeEun; Jeong, Kihyun; Lee, Kwonyong; Park, Sungyong; Kim, Youngjae; (2016). "Android RMI: a user-level remote method invocation mechanism between Android devices". Journal of Supercomputing. New York. Recuperado de: https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11227-015-1471-3

27. Gao, Fujie; Zhang, Yousheng; He, Zhiwei; Tian, Baolin; (2016). "Formula for growth rate of mixing width applied to Richtmyer-Meshkov instability". Physics of Fluids. Recuperado de: https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.4966226

28. Sayar, Ahmet. (2015). "Ant-based interactive workflow management: a case study on RMI". International Journal of Communication Systems. Recuperado de: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/dac.2766

29. Tejera, Daniel; Tolosa, Ruth; Miguel, A; Alonso, Alejandro; (2010). "Two Alternative RMI Models for Real-Time Distributed Applications". ISORC 2010 - 2010 13th IEEE International Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing. Madrid. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/1420996

30. Le, Minh; Clyde, Stephen; (2018). "INGRIM: A Middleware to Enable Remote Method Invocation Routing in Multiple Group Device-to-Device Networks". Proceedings - IEEE 2018 International Congress on Cybermatics. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/8726609

31. K. Bergner ; A. Rausch ; M. Sihling; (2002). " Casting an abstract design into the framework of Java RMI". IEEE. Dunedin. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/707661

32. Sharon, Diya; Niranjani, T; (2015). "Effective usage of customizable extensions on JAVA for optimized high performance computation". Proceedings - NCET NRES EM 2014: 2nd IEEE National Conference on Emerging Trends in New and Renewable Energy Sources and Energy Management. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/7088744

33. Noriichi, Kanaya; Mori, Shintaro; Shikanai, Akihiko; (2016). "Asynchronous distributed object model using Java for the control system of a synchrotron radiation source". IEEE Transactions on Nuclear Science. Recuperado de: https://ieeexplore.ieee.org/document/7579226

VOL. 5 Nº1 - 2023

IBARRA - ECUADOR | Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Innovation & Development in Enginnering in Applied Science
IDEAS

# Material compuesto biodegradable para aplicaciones ortopédicas: algunas consideraciones sobre caracterización microestructural, electroquímica y propiedades mecánicas.

https://doi.org/10.53358/ideas.v5i1.870

**Juan Carlos Rincón Montenegro** [1]

[1] Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad del Norte, Km 5 Antigua Vía Puerto Colombia, Barranquilla, 080001, Atlántico, Colombia.

[1]*rinconcj@uninorte.edu.co*

Fecha de envío, marzo 30/2023 - Fecha de aceptación, mayo 19/2023 - Fecha de publicación, Julio10/2023

## RESUMEN

En los últimos años se ha desarrollado una nueva ola de biomateriales para una diversidad de aplicaciones. Los investigadores se han centrado en mejorar las características y propiedades esenciales en los biomateriales en aplicaciones ortopédicas; la biocompatibilidad, bioactividad y el control de los mecanismos de corrosión en materiales biodegradables han sido blanco de estudio y desarrollo de nuevos materiales innovadores en esta área de la biomédica. Al implementar la adición de un material cerámico de refuerzo en una matriz de aleación metálica biodegradable, se pueden mejorar varias de estas características, y en adición a estas, propiedades mecánicas, superficiales y hasta de osteointegración. En esta revisión, se intentará dar un contexto de la caracterización microestructural, electroquímica y mecánica de estos biomateriales, al igual que aplicaciones y técnicas de síntesis.

**Palabras Clave:** Materiales biodegradables, Materiales compuestos, Corrosión, Técnicas de caracterización, Biocompatibilidad, Implantes ortopédicos.

**Abstract.** In recent years, a new wave of biomaterials has been developed for a variety of applications. Researchers have focused on enhancing the essential characteristics and properties of biomaterials in orthopedic applications. Biocompatibility, bioactivity, and control of corrosion mechanisms in biodegradable materials have been the focus of study and the development of innovative materials in this area of biomedicine. By implementing the addition of a ceramic reinforcement material in a biodegradable metal alloy matrix, several of these characteristics can be improved, along with mechanical, surface, and even osteointegration properties. This review aims to provide an overview of the microstructural, electrochemical, and mechanical characterization of these biomaterials, as well as their applications and synthesis techniques.

**Keywords:** Biodegradable materials, Composite materials, Corrosion, Characterization techniques, Biocompatibility, Orthopedic implants

*Autor de correspondencia:*
*Juan Carlos Rincón Montenegro , rinconcj@uninorte.edu.co*

## Introducción

El estudio de la ortopedia tiene sus inicios en la época prehistórica y el Antiguo Egipto, donde los hombres del paleolítico utilizaban la técnica de entablillado para reparar la fractura de huesos [1]. No obstante, el uso de los metales en aplicaciones ortopédicas se remonta al siglo XVI [2]. Petronuis, en 1565, fue el primero en utilizar una lámina de oro para corregir la hendidura de paladar, y posteriormente, en 1775, Lapeyode y Sicre emplearon un alambre para reparar una fractura ósea. Langenbeck, en 1840, utilizó un clavo para reparar una fractura de cadera. Lane, en 1095 y Lambotte, en 1907, utilizaron metales para fijaciones internas en las fracturas por primera vez [3]. Hasta el siglo XVIII, los implantes ortopédicos eran producidos en plata y oro, debido a sus propiedades antisépticas que ayudan en la prevención de infecciones. Luego, se introdujo el acero y en el siglo XX, tomaron protagonismo el acero inoxidable y aleaciones metálicas, como el cromo (63%)-cobalto (30%)- molibdeno (5%), denominada Vitalium por Venable y Stuck en 1936, quienes lo usaron para reemplazar la pérdida de piezas dentales [1], [4].

En 1940, Küntcher, un traumatólogo alemán creó un sistema para tratar fracturas diafisarias de tibia y fémur por medio de la inserción de un clavo de acero inoxidable en hospitales de campaña durante la Segunda Guerra Mundial. En esta misma época, se empezó a emplear titanio y sus aleaciones como material quirúrgico. En el año 1949, Robert Danis, considerado el padre de la osteosíntesis, propuso el uso de placas con tornillos para la reducción de fracturas, con una formación de callo inicial y una rápida recuperación funcional [5]. En la segunda mitad del siglo XX, John Charnley, traumatólogo inglés, creó la prótesis de metal e implantes de polietileno de elevada densidad, las cuales sintetizaba al hueso utilizando cemento metil-metacrilato [1].

## Materiales biodegradables en la medicina

Existe una motivación muy grande en investigar materiales biodegradables como contraparte a los materiales utilizados tradicionalmente en implantes ortopédicos, en aplicaciones en las que es necesaria una segunda cirugía para retirar el implante, tienen una ventaja muy grande debido a que no necesita una nueva cirugía que puede conllevar complicaciones y nuevos cuidados posoperatorios. Las características importantes para tomar en cuenta al desarrollar y analizar materiales biodegradables para implantes ortopédicos son la biocompatibilidad de los elementos que componen el implante que va a absorber el cuerpo, la velocidad de corrosión paulatina de estos elementos, para que el cuerpo los pueda absorber en dosis aceptables. Luego de cumplir con estas propiedades de una manera correcta, las propiedades mecánicas como resistencia al desgaste, alta capacidad de carga y baja densidad son optimizadas [6], [7].

Los polímeros biodegradables fueron los primeros materiales desarrollados para estas aplicaciones en implantes comerciales biodegradables para ortopedia, obtenidos a partir del ácido poliglicólico (PGA), poliláctico (PLA) y el ácido poliláctico glicólico (PLGA), estos han sido investigados y desarrollados para un sinnúmero de aplicaciones biomédicas, entre ellas, hilos para suturas, dispositivos de administración de fármacos y en la industria ortopédica como pines y tornillos [7],[8],[9].

*Juan Carlos Rincón Montenegro*
*rinconcj@uninorte.edu.co*

## Materiales compuestos biodegradables en aplicaciones ortopédicas

Los biomateriales compuestos se presentan como una unión de una matriz, hecha de una aleación metálica y partículas cerámicas de refuerzo como carburo de tungsteno (WC), Diboruro de titanio (TiB2), alúmina (Al2O3), zirconia (ZrO2), HA y β-TCP [10], [11]. En los materiales biodegradables para aplicaciones ortopédicas, tanto la matriz metálica como el refuerzo deben ser biodegradables y biocompatibles en el ambiente del cuerpo humano [11]. Siendo ampliamente utilizado en aplicaciones biomédicas el Al2O3, gracias a ser químicamente inerte, al combinarlo con una aleación basada en Zinc aumenta la resistencia al desgaste y la biocompatibilidad [12][13]. Al combinar hidroxiapatita con una aleación basada en Mg por el método de sinterización por plasma, se obtienen propiedades mecánicas superiores y una mejor resistencia a la corrosión [14]. En aleaciones basadas en titanio (Ti–13Nb– 13Zr), la adición de hidroxiapatita tiende a impedir la transformación de α-Ti en β-Ti y en adiciones de aproximadamente 10% posee excelentes propiedades mecánicas y una resistencia a la corrosión óptima en un fluido corporal artificial [15]. Los fosfatos de calcio tienen una composición similar a la del hueso humano y poseen una excelente biocompatibilidad y estimula la osteointegración en los procesos de sanación del hueso. Al utilizar fosfatos de calcio en un material, ya sea por recubrimiento o sinterizado, se ha evidenciado una mejora en la adhesión y proliferación de los osteoblastos en el sustrato [16], [17].

## Caracterización y mecanismos de corrosión en materiales biodegradables en aplicaciones ortopédicas

En aplicaciones ortopédicas, los materiales biodegradables son caracterizados con respecto a sus propiedades electroquímicas por medio de ensayos in vivo e in vitro, en los que el material es expuesto a un medio que simula el medio de trabajo en el que será implementado este. En los ensayos in vitro, el comportamiento de la corrosión del material es medido utilizando métodos electroquímicos de pérdida de masa, principalmente la polarización potenciodinámica estándar (PP) y la espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) [10]. Con respecto a los medios corrosivos, los más comunes son la solución salina equilibrada de Hanks (HBSS), solución salina tamponada con fosfato (PBS), fluido corporal simulado (SBF) y solución salina de Ringer (RSS) [18].

Según el método estándar para medir la tasa de corrosión y el potencial electroquímico de un material metálico, ASTM G59-97 [19], la tasa de corrosión del material se evalúa usando la ecuación (1).

$$C.R = 3{,}27 \times 10^{3} \frac{i_{corr} EW}{\rho} \tag{1}$$

Donde,ρ es la densidad (g/cm3) del material, $i_{corr}$ es la densidad de corrosión electroquímica, EW es el peso equivalente (g/eq).

La densidad de corrosión electroquímica se calcularía utilizando la ecuación (2).

$$i_{corr} = \frac{\beta_a \beta_b}{2{,}303\, R_\rho (\beta_a + \beta_b)} \tag{2}$$

Del mismo modo, se puede utilizar la norma estándar ASTM G31-72 [20] para estandarizar los procedimientos y factores que influyen en los test de inmersión para corrosión, enfocados en pérdida de masa, que es calculada según la ecuación (3).

$$C.R = \frac{KW}{Atp} \tag{3}$$

Donde *W, A, t y K* son la pérdida de masa en gramos, el área superficial de la muestra en cm2, el período de inmersión en horas y una constante igual a 8.76x104 mm/año, respectivamente.

## Caracterización superficial y microestructural

Cui, et al. [21], para evaluar la morfología de la superficie de una matriz de una aleación de Mg ZK61 con distintos porcentajes de β-TCP, las composiciones químicas y la microestructura transversal han utilizado microscopía electrónica de barrido (SEM, TESCAN Mira3L MH), equipada con espectrómetro de dispersión de energía (EDS). Esta técnica utiliza electrones en lugar de luz para generar una imagen, permite evaluar visualmente la integridad y disposición final de la superficie del material de prueba con una resolución de 0.2 nm, tal como se muestran en las figuras 1-3.

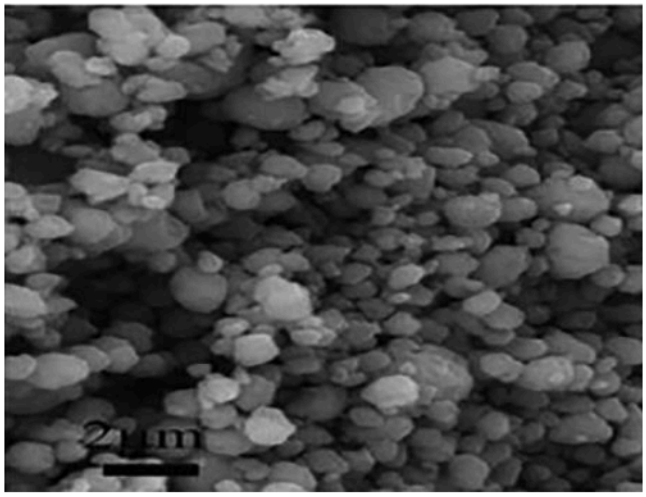



*Figura 1. Micrografía SEM de las partículas de fosfato de calcio [11]*

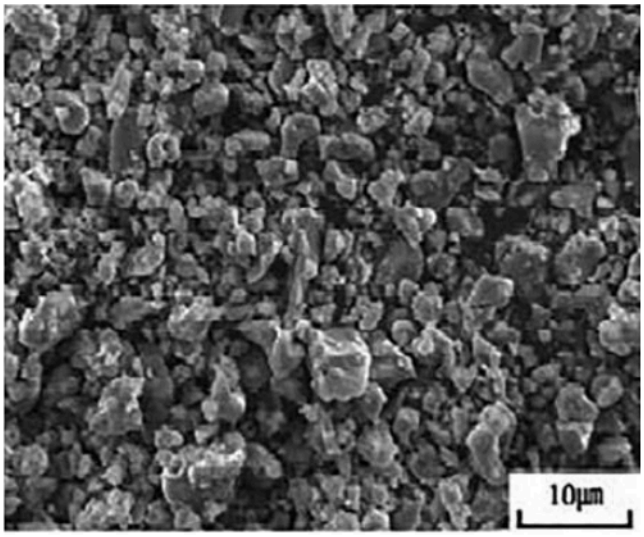



*Figura 2. Micrografía SEM de polvo de HA [11]*

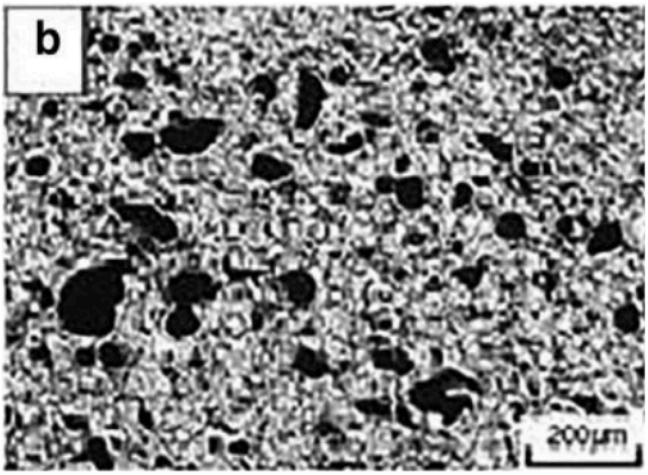



*Figura 3. Micrografía de compuesto matriz de Mg - 10%wt HA [11]*

Con un difractómetro de rayos X (XRD), se observó la fase de compuesta y los productos de corrosión, utilizando un XRD DX2700, con $\lambda$=0.5406 Å que opera a 40 kV y 30 mA.

## Caracterización de propiedades mecánicas

Los ensayos más comunes para determinar las propiedades mecánicas de los materiales compuestos para ser implementados en aplicaciones ortopédicas, son los ensayos de dureza y de esfuerzos a compresión, de la misma forma, dependiendo de las aplicaciones del implante, estas cargas varían y se hacen necesarios otros ensayos, como cargas cíclicas que producen fatiga y a desgaste, para determinar propiedades tribológicas. El ensayo de dureza Vickers consiste en presionar una punta de diamante contra la superficie del material a examinar, se realiza luego de lustrar la superficie de la muestra mecánicamente, en una máquina de ensayos de microdureza (HVS-1000A). El ensayo de cargas a compresión, en cambio, se realiza en una máquina de ensayos mecánico universal (D2-20) en muestras de 5mm de diámetro x 5mm de alto [21].

## Técnicas de fabricación de materiales compuestos biodegradables para implantes ortopédicos

Desde los años 80, la sinterización por plasma es el método más común para fabricar cermets y aleaciones metálicas a partir de polvos metálicos y cerámicos. El proceso se lleva a cabo introduciendo los polvos en un molde conductor que es prensado por unos pistones, generalmente fabricados de grafito, que aplican presiones hasta de 100 MPa. Esto, a la vez que, pulsos de corriente atraviesan los pistones y el molde, permite calentar de una manera muy veloz los polvos, hasta 500°C/min. Este proceso tiene ventajas como un bajo tiempo de sinterización y evita que, los materiales sinterizados reaccionen durante el calentamiento [22]. Véase la figura 4.

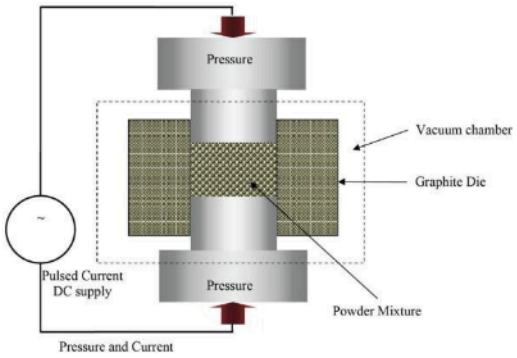



*Figura 4. Mecanismo para la sinterización por plasma [23]*

Al combinar hidroxiapatita con una aleación basada en Mg por el método de sinterización por plasma, se obtienen propiedades mecánicas superiores y una mejor resistencia a la corrosión [14].

Los efectos de la temperatura de sinterizado y la presión de sinterizado son evaluados por D. Kumar [24] en aleaciones basadas en Mg, reforzadas con Silicio e Hidroxiapatita.

La fabricación de materiales compuestos puede ser realizada por fundición y agitación en un horno equipado con un dispositivo de agitación de alto cizallamiento, bajo una atmósfera de protección. Se funde y más tarde es recocido a 420°C por 13h para homogeneizar el material, luego es extruido y cortado para realizar pruebas [25]. El método de mezclar, mientras se funden los componentes de la aleación, es ventajoso porque elimina posibles impurezas y burbujas de gas en el material y deja una mezcla uniforme. Ver figura 5.

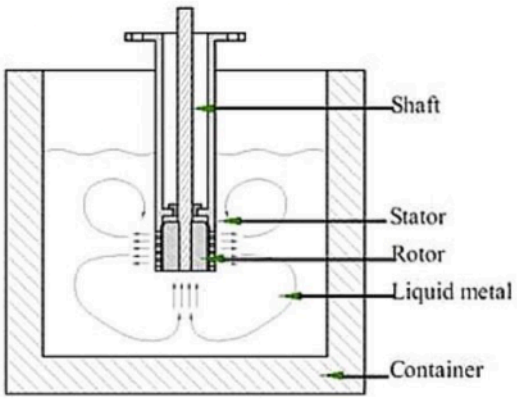



*Figura 5. Diagrama de un dispositivo de agitación de alto cizallamiento [25]*

El proceso de metalurgia de polvos se compone de distintas fases que son necesarias para producir un material con buenas propiedades, primero se precisan las partículas de los materiales que componen la aleación, luego se muelen y mezclan hasta el tamaño óptimo para realizar el sinterizado, ahora, se compactan en una prensa hidráulica y se procede a sinterizar la mezcla seguido a esto, dependiendo de la aplicación y las propiedades deseadas, se puede forjar en frío o en caliente, extruir, maquinar, entre otros procesos secundarios [26].

## Conclusiones

En esta revisión se investigó los últimos años de desarrollo en materiales compuestos biodegradables en implantes ortopédicos, centrándose en las técnicas de caracterización y de fabricación de estos biomateriales.

Se puede observar con base en todas las investigaciones nombradas en esta revisión, que espera un futuro prometedor en los materiales compuestos para aplicaciones en implantes biodegradables, gracias a la capacidad de conseguir propiedades mecánicas y de corrosión ideales para las aplicaciones en las que va a desempeñarse el implante.

Del mismo modo, hay que estar consciente que aún falta mucho por investigar en esta área y se hace necesario por el impacto que puede tener el uso de estos materiales en los pacientes.

## Referencias

1. P. Gutiérrez de Rozas Astigarraga, "Una visión histórica de la cirugía ortopédica y traumatológica a través del desarrollo de los bioimplantes, "Universidad de Cantabria, 2013.

2. E. Marchetti, O. May, J. Girard, H.-F. Hildebrand, H. Migaud, and G. Pasquier, "Biomateriales en cirugía ortopédica", EMC - Técnicas Quirúrgicas - Ortopedia y Traumatología, 2(3), pp. 1–24, 2010.

3. A. Aybar, "Historia- concepto de deformidad y disfuncion- clasificacion de enfermedades del aparato locomotor", pp. 63–72, [Online]. Available: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-doc/clase06.pdf.

4. Espinoza Coronado, W. (2020). Distribución de planta y su influencia en la productividad en el área de producción en una empresa del sector metalmecánica en los últimos 10 años. N. Eliaz, "Degradation of implant material", Degradation of Implant Materials, 9781461439, pp. 1–516, 2012

5. J. María Varaona, "Historia de la osteosíntesis," Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología, 75(3), 2010.

6. A. Vennimalai Rajan, C. Mathalai Sundaram, and A. Vembathu Rajesh, "Mechanical and morphological investigation of bio-degradable magnesium AZ31 alloy for an orthopedic application," Materials Today: Proceedings, 21, pp. 272–277, 2020.

7. M. Carboneras Chamorro et al., "Materiales metálicos biodegradables en el campo biomédico", Acta Científica y Tecnológica, 19, pp. 30–34, 2011, [Online]. Available: https://core.ac.uk/download/pdf/36133460.pdf.

8. M. Navarro, A. Michiardi, O. Castaño, and J. A. Planell, "Biomaterials in orthopaedics," Journal of the Royal Society Interface, 5(27). Royal Society, pp. 1137–1158, Oct. 06, 2008.

9. S. V. Gohil, S. Suhail, J. Rose, T. Vella, and L. S. Nair, "Polymers and Composites for Orthopedic Applications," in Materials and Devices for Bone Disorders, Elsevier Inc., 2017, pp. 349–403.

10. H. Kabir, K. Munir, C. Wen, and Y. Li, "Recent research and progress of biodegradable zinc alloys and composites for biomedical applications: Biomechanical and biocorrosion perspectives," Bioactive Materials, 6(3). KeAi Communications Co., pp. 836–879, Mar. 01, 2021.

11. V. K. Bommala, M. G. Krishna, and C. T. Rao, "Magnesium matrix composites for biomedical applications: A review," Journal of Magnesium and Alloys, 7(1). National Engg. Reaserch Center for Magnesium Alloys, pp. 72–79, Mar. 01, 2019.

12. J. B. Park, "Aluminum Oxide: Biomedical Applications," in Concise Encyclopedia of Advanced Ceramic Materials, Elsevier, 1991, pp. 13–16.

13. H. Aghajani Derazkola and A. Simchi, "Effects of alumina nanoparticles on the microstructure, strength and wear resistance of poly(methyl methacrylate)-based nanocomposites prepared by friction stir processing," Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 79, pp. 246–253, Mar. 2018.

14. Prakash, S. Singh, K. Verma, S. S. Sidhu, and S. Singh, "Synthesis and characterization of Mg-Zn-Mn-HA composite by spark plasma sintering process for orthopedic applications," Vacuum, 155, pp. 578–584, Sep. 2018.

15. Y. H. He, Y. Q. Zhang, Y. H. Jiang, and R. Zhou, "Effect of HA (Hydroxyapatite) content on the microstructure, mechanical and corrosion properties of ([Formula presented])-xHA biocomposites synthesized by sparkle plasma sintering," Vacuum, 131, pp. 176–180, Sep. 2016.

16. S. V. Dorozhkin, "Calcium orthophosphate coatings on magnesium and its biodegradable alloys," Acta Biomaterialia, 10(7). Elsevier Ltd, pp. 2919–2934, Jul. 2014.

17. B. Heimann, "Magnesium alloys for biomedical application: Advanced corrosion control through surface coating," Surface and Coatings Technology, p. 126521, Oct. 2020.

18. P. Li et al., "Selection of extraction medium influences cytotoxicity of zinc and its alloys," Acta Biomaterialia, 98, pp. 235–245, Oct. 2019.

19. ASTM, "ASTM G59-97(2020)," Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020. http://www.astm.org/ (accessed Dec. 06, 2020).

20. ASTM, "ASTM G31-72(2004)," Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2004. https://www.astm.org (accessed Dec. 06, 2020).

21. Z. Cui, Y. Zhang, Y. Cheng, D. Gong, and W. Wang, "Microstructure, mechanical, corrosion properties and cytotoxicity of beta-calcium polyphosphate reinforced ZK61 magnesium alloy composite by spark plasma sintering," Materials Science and Engineering C, 99, pp. 1035–1047, Jun. 2019.

22. P. Díaz Campbell-Smith, "Sinterización por Spark Plasma Sintering (SPS) de materiales compuestos para herramientas de corte-Trabajo fin de máster-Universidad de Oviedo."

23. C. Prakash, S. Singh, B. S. Pabla, S. S. Sidhu, and M. S. Uddin, "Bio-inspired low elastic biodegradable Mg-Zn-Mn-Si-HA alloy fabricated by spark plasma sintering," Materials and Manufacturing Processes, 34(4), pp. 357–368, Mar. 2019.

24. D. Kumar, "Bio-mechanical characterization of Mg-composite implant developed by spark plasma sintering technique," Materials Today: Proceedings, Jul. 2020.

25. H. R. Zheng, Z. Li, C. You, D. B. Liu, and M. F. Chen, "Effects of MgO modified β-TCP nanoparticles on the microstructure and properties of β-TCP/Mg-Zn-Zr composites," Bioactive Materials, 2(1), pp. 1–9, Mar. 2017.

26. S. Jayasathyakawin, M. Ravichandran, N. Baskar, C. A. Chairman, and R. Balasundaram, "Magnesium matrix composite for biomedical applications through powder metallurgy – Review," in Materials Today: Proceedings, Jan. 2020, 27, pp. 736–741.

VOL. 5 Nº1 - 2023

IBARRA - ECUADOR | Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Innovation & Development in Enginnering in Applied Science
IDEAS

# Domotics in inclusion and health: Descriptive Study

http://doi.org/110.53358/ideas.v5i1.899

**Francisco Montenegro[1], Steven Vélez[1], David Gonzáles[1], Daniel Jaramillo[1], Ana Cristina Umaquinga[1]**

[1] Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

*[1]{lfmontenegrop, jsvelezi, adgonzalesb, edjaramillo, acumaquinga}@utn.edu.ec*

Fecha de envío, marzo 10/2023 - Fecha de aceptación, junio 13/2023 - Fecha de publicación, Julio 10/2023

## Abstract

The present research is a bibliographic, exploratory, descriptive, and documentary study of the main contributions of the home automation area for people with disa-bilities, including mental, physical, or temporary therapy. The study selects 30 jour-nal articles or review articles from the Scopus database of the main quartiles Q1, Q2, Q3, that meet the purpose of the study and respond to the research question, from a total of 228 articles (208 articles, 20 reviews) of the last 10 years and that have English language. Among the main results, 3 specific areas of interest of the scientific community are identified: Telemedicine, home automation, Artificial Intelligence, in studies of remote monitoring for medical assistance of the elderly, disabled people, medical centers, additionally for intelligent energy management, portable sensors, IT Smart House, stress management, emergency calls, alternative communication with brain-computer interfaces, education and innovation of algorithms. The purpose of this research is to provide a first approach to the scientific, academic and business community that initiates learning in this area, in order to provide a review of the most relevant contributions in this line of knowledge.

**Keywords:** Home Automation, Telecommunications, Ambient Assisted Living (AAL), Quality of Life, Assistive technologies, Accessibility

**Resumen.** La presente investigación es un estudio de tipo documental, exploratorio y descriptivo acerca de las principales aportaciones en el área de la domótica para personas con discapacidad. De un total de 228 artículos (208 artículos, 20 revisiones) publicados en inglés en los últimos 10 años, este estudio selecciona 30 artículos científicos y de revisión de la base de datos Scopus, ubicados en cuartiles Q1, Q2 y Q3, dentro de la temática de estudio. Entre los principales resultados, se identifican 3 áreas de interés en la comunidad científica: (i) Telemedicina, (ii) domótica, (iii) Inteligencia Artificial. Adicionalmente existe estudios de interés en monitorización remota para asistencia médica de personas mayores, discapacitados, centros médicos, así como, investigaciones de gestión inteligente de la energía, sensores portátiles, IT Smart House, gestión del estrés, llamadas de emergencia, comunicación alternativa con interfaces cerebro-ordenador, educación e innovación de algoritmos. El propósito de esta investigación es proporcionar una primera aproximación a la comunidad científica, académica y empresarial que se inicia en el aprendizaje en esta área, con el fin de proporcionar una revisión de las contribuciones más relevantes en esta línea de conocimiento.

**Palabras clave:** Domótica, Telecomunicaciones, Vida Cotidiana Asistida por el Entorno (AAL), Calidad de Vida, Tecnologías de Apoyo, Accesibilidad

*Autor de correspondencia:*
*Ana Cristina Umaquinga Criollo, acumaquinga@utn.edu.ec*

## Introducción

The term telemedicine is relatively new. However, this kind of service has proven to continue evolving in line with demands from different contexts in search of efficiency and systems acceptance. [8,17]; It is crucial to mention that one of the central obstacles found throughout the years when using wireless networks is information management security and safety resulting in a non-exponential growth of this industry and that experts seek opportunities helping get over such hurdle. [17].

The main focus of scientific publications in the area of home automation is on improving the quality of life of people with special needs, especially through advances in telemedicine and telecommunications. These investigations seek to provide creative solutions that promote greater independence, safety, and comfort in the daily lives of these people. In addition, the importance of inclusion is highlighted, since, using technologies such as home automation and telecommunications, tools are developed that facilitate the participation and active integration of people with special abilities in various areas of society. Specific solution models are proposed that are viable and effective to address cases of people with special abilities, where the integration of these technologies is considered necessary.

In the second section of this paper denominated Materials and Methods was written after analyzing the connection between a bibliography and information gathering instrument. Similarly, section 3 is comprised by a complete synthesis of every document studied organized in a narrative form. Section 4 conclusions drawn from the study of articles. Lastly, section 5 gives an opening to possible new subject matters or circumstances to do research on.

## Materials and methods

This Project has been performed based on mixed, documental, and exploratory inves-tigation describing qualitative and quantitative data primarily focused on Home Automation and handicaps explained as follows. Previously consulted articles had as a common objective to facilitate the realization of day-to-day tasks to those suffering from mental or physical handicaps or even experiencing a kind of therapy to help them perform activities through the use of technology such as Home Automation including Artificial Intelligence which has had an unquestionable success in recent years. Hopefully safety, health, and the optimum development of patients with special needs is likely to be assured.

### Information survey

There isn't a great deal of information about the chosen subject in diverse bibliographical databases, for this reason Table 1 highlights search equation related infor-mation. It should be noted that those articles complying with requirements were exclusively considered such as articles publishing relevant information in the last 10 years, articles categorized in quartiles Q1 and Q2 dismissing articles not written in English. In this context, the offered range was minimized to obtain articles containing the most relevant information..

**Table 1. Search equations**

| | Search string | Filters | Articles | Review | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ( TITLE-ABS-KEY ( home AND automation ) OR TITLE-ABS-KEY ( domotics ) AND TITLE-ABS-KEY ( telecommunications ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2022 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2015 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2013 ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) ) | Article OR Review | 204 | 15 | 219 |
| 2 | (TITLE-ABS-KEY ("artificial intelligence") AND TITLE-ABS-KEY ("therapy" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "telecommunications" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2012 ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) ) | Article OR Review | 4 | 5 | 9 |

## Results

The articles selected for this study identify the following information in Figure 1.

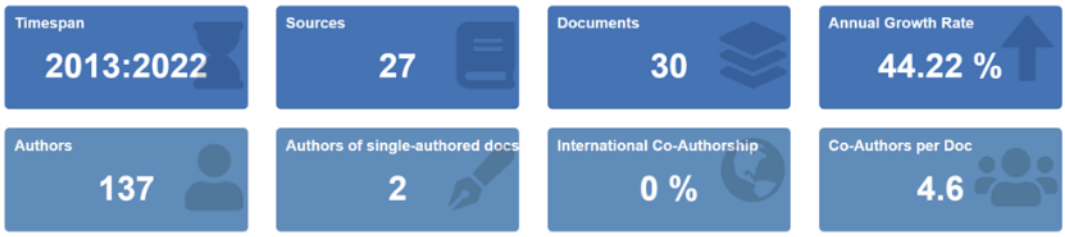



*Fig. 1. Articles selected. Bibliometrix tool [31]*

After an extensive analysis regarding the information inquired, three fundamental points were found which the article was based on, governed by different topics. For this reason, the field of telemedicine, home automation and artificial intelligence were categorized in different areas; all references described in Table 2.

**Table 2. Summary**

| Area | Reference |
|---|---|
| Telemedicine | [4, 8, 11, 17, 28, 30] |
| Home automation | [1, 2, 3, 7, 12, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 27, 29] |
| Artificial Intelligence | [5, 6, 9, 10, 13, 14, 20, 22, 24, 25, 26] |

In addition, there is a growing interest in the research topics of this study in Figure 2.

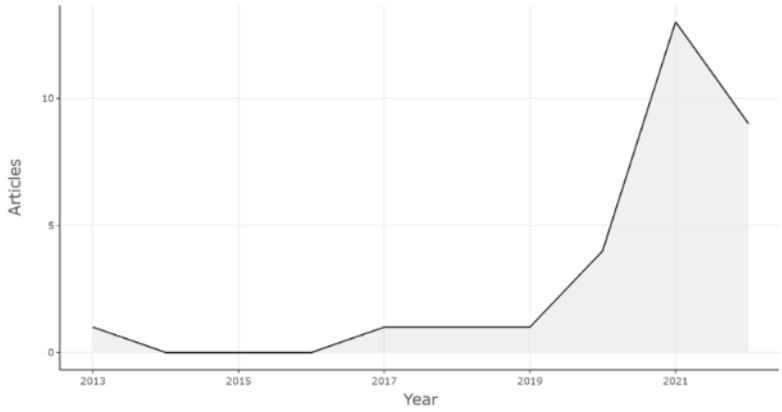



*Fig. 2. Bibliometrix tool [31]*

## Telemedicine

The morphology of the term 'telemedicine' makes its concept evident; [17] assures that telemedicine is a research task and multidisciplinary application that uses advanced technology regarding data processing, telecommunication, bio detection and artificial intelligence. By extension, this expression is used to name environments in which remote monitorization (medical assistance) is realized by technology. The application of this new medical care technique emerged as a solution to difficulties faced distinctively by the elderly and individuals with special needs namely to commute to health centers in rural areas to either preventative care or to seek medical treatment.

In [8] cardiovascular disease prevention is the objective, therefore a monitoring system by means of an electrocardiogram (ECG) implemented with Zigbee technology to facilitate the evaluation of hear electrical-activity is suggested. The monitoring system can be implemented to provide a contrasting approach.

On the other hand [4] the operation of mHealth is detailed and the way aggregate information is transmitted in the form of mobile phone signals pertaining to an individual to other digital personal assistant acting as edge device. This type of wireless communication was possible using technologies like Bluetooth, Zigbee, RFID and so on. The edge device was used to perform a local layout effect over measured vital signs. Then, if an anomaly was evident, a notification was sent to appropriate healthcare authorities. This process would optimize the monitoring, analysis and illness symptomatology detection.

In [11] Long-Acting Therapies are revealed, particularly those therapies that require less visits to clinics in order to administer treatment and that is when Telemedicine and Artificial Intelligence come in since they may be adapted to the treatment efficacy for illnesses such as chronic eye disease mitigating the burden of treatment.

In [28] indicates a cellular model that describes tumor immune dynamics incorporating the function of estrogens. Telemedicine comes into this aspect since it will be able to analyze and explain the complex structures of the mathematical models that will be used for the interaction that the cells will have.

## Home Automation

In research [2] raises a new energy management technique in smart homes. (SHEM) Smart Homes Energy Management—for its acronym in English comprised by a 3kWp photovoltaic generation system, a 10kWh lithium -ion battery bank and a 3,6kW hybrid inverter developed with Dynamic -proactive mathematics in addition to using a whole linear and mixed linear programming model, with rugged adjustable programming (ADJ-ROBUST-MILP). At the same time, in [23] several suggested articles are grouped aiming to provide wireless sensor networks (WSN) energy opti-mization alternatives taking different routes to maximize the use of energy and cost-reduction processes.

The Internet of things (IoT) describes the network of physical objects. It is a tech-nology based on wireless networks for the purpose of connecting devises simultane-ously to Internet that said, [15] introduces a new model called "An enhanced ON/OFF traffic modelling technique for modelling the IoT smart city" aiming to simplify the complexity in burst of data occurring in IoT data exchange.

Although technological advancements not only improve and optimize processes, they become more vulnerable in regards to data management, privacy and security, that said [16] an efficient data security system unfolds through an authentication mechanism that, with user help is able to authenticate interactions performed by each device with a web server. Document [1] determines real-time threats and protective actions required for the implementation of a Smart House IT device module.

It is worth mentioning that [29] is an article written according to a previous in-quiry exploration from which a bibliography analysis in the field of Internet of Things is performed.

"The IoT paradigm is not considered a new technology, but a combination of ap-proaches that makes use of semiconductors, networks and data processing advance-ments research ". [21] Exemplifies many technological applications that use a ma-chine-to-machine wireless communication.

Item [7] explains the design of an application that accepts interventions for the training of stress management founded on the cognitive-behavioral theory. Such application is key since artificial intelligence would be a useful instrument to be in-cluded in a psychotherapy model.

Likewise in [19] support measures of technical basis are increasingly valuable to an aging society, then such support measures may provide a self-determined life in a familiar environment despite the vital need for attention. For instance, a support measure is an at home emergency calls smart system (iHNR), which automatically detects critical emergency situations such as falls so it transmits this information to an emergency call center hence, the call for assistance and response becomes faster. Now, [18] talks about and contrasts smart home information providing a set of soft-ware and hardware independently and remotely controlled connected to a network providing a smarter living conditions.

Part of what was mentioned in [19] is explained in [3] stating that individuals hav-ing motor and cognitive impairments face hardship in every day life because of lim-ited accessibility and inclusion in spaces limiting their autonomy and independence thus the mention of DOMHO project which addresses these issues seizing an innova-tive solution: a smart apartment or co-housing—semi-communal housing. Moreover, the aim of the project is to

explore well-known effects of co-housing in terms of health benefits and the well-being of its residents as assisted-living technology is combined with the environment.

In [27] it is said that Technology has a presence and increasingly plays a major role in Parkinson's disease whether is embraced or rejected by patients and doctors, it certainly is a growing field without doubt. Portable sensors have had the utmost attention by far. With [12]in recent years there has been an explosion in home-automation systems making every-day life easier, but it is true that there aren't enough tools specifically aimed to this population sector.

**Artificial Intelligence**

Formulates a feasible solution consisting of exploiting the flexibility and adapta-bility Software Defined Networks provide (SDN) together with Network Function Virtualization (NFV) focused on improving quality service and residential networks.

In [22] it is indicated that brain-computer interfaces are capable of detecting specific patterns and translate them into control signals for external devices by providing users suffering from serious motor-disabilities an alternative solution to communicate and interact with the world.

Moreover, in [13] it is said that product, project and service development current trends are focused on having greater consideration when it comes to User Experience. Therefore, traditional training and educational methodologies are to modified for stu-dent learning yet so that they are able to develop conflict-resolution techniques vital for their professional career, similarly [6] contrasts far more complex information indicating that data processing generated in a bulk at high-speed from the Internet of things, Smart cities, home-automation, smart surveillance and electronic medical care systems require efficient services in data processing and data analysis within the sur-rounding perimeters to reduce latency and response time.

Having said that, the issue in [14] which refers to performance and usability related to user interface, technology reliability, privacy and attitude towards home automa-tion. A series of demotics'-systems guidelines proved a high reliability level these advanced tools. From the machine learning view, article [24] denotes that in recent years, technological paradigms like the Internet of Things (IoT) to include machine learning have become crucial because of the benefits its application represents to sev-eral specialized fields, thus the implementation of those 2 technologies promotes the formulation of more and better automatic control systems that better adjust to each user's specific preferences in the field of Home Automation. Finally, an experimental case study is presented validating the effectivity on the platform, where smart homes residents' behavioral patterns were established.

That said, [10] innovative algorithms raised related to image reconstruction based on DL which correct analyzing artifacts, the loss of signal and noise amplification with a kind of effectivity never before seen. This is just an example of what DL algo-rithms provide promised value proposals in musculoskeletal radiology. In [20] a technology convergence is based including major synergy with life-science technology capturing the value of massive multi-modal data in the form of predictive models supporting decision-making processes. Both articles have the same objective estab-lishing a reduced error rate and increased productivity in connection with artificial intelligence illness detection.

One of the purposes of artificial intelligence [25] explains is that it is a superior tool predicting IIU success with a satisfactory predictive value (over 70% in the men-tioned study) since it uses masculine and feminine reference factors. Hence, this pro-cess allows for the success probability prediction of the treatment and consequently, recipients of such treatments and their families have an opportunity to improve their quality of life.

Let us now consider [26] ML whose objective is to develop models capturing con-nections and essential patterns between input variables and data output. As long as high-quality data is available, we will be able to build models accurately predicting critical variables in each step of the planning process to automize and enhance results. This process aims to reduce or completely eliminate the trial-and-error process result-ing in high-quality planning.

Finally, [30] reveals aptamer-pharmakon (ApDC) able to significatively improve therapeutic efficacy and reduce toxicity in medication systems; using artificial intelli-gence advancements a protein and ARN prediction structure could be achieved; com-bining ApDC and IA concepts to mark a major breakthrough, since biopharmaceutical production would be faster and accurate for the treatment of several types of cancer.

## Conclusions

It is safe to say that today, home automation is a primary system aimed to comfort those individuals with special needs by controlling several rooms at home, office even buildings depending on the need required. In this study a few predominant do-motics applications have been numbered, nevertheless there are other applications equally important; allowing countries to greater save power, which is way domotics applied to light is an outstanding present-day option. Domotics and artificial intelli-gence go hand-in hand although the cost of home automation is high at the moment, enormous savings will be achieved on the long run as well as better efficacy in energy consumption. It is worth mentioning that domotics and AI combined can optimize several areas of telemedicine as medical treatments and medica care simplify. This article highlights the long-term positive impact of home automation on energy con-sumption as well as the optimization of medical care and treatments in the field of telemedicine.

The increasing processing of high-volume, high-speed data of different types (struc-tured, unstructured, semi-structured) from various sources such as the Internet of Things, M2M, smart cities, home automation, smart surveillance systems and e-health care, raises the need for efficient data processing and analysis services.

In the area of machine learning has become crucial in the context of the Internet of Things (IoT) and Ambient Assisted Living (AAL). Its application in home automa-tion and other specialized fields allows the development of more efficient automatic control systems, adapted to the individual preferences of each user, allowing to con-tribute in areas such as health, quality of life, accessibility and inclusion mainly, additionally it focuses on the validation of the effectiveness of this platform, pattern analysis, sensor behavior, applications for Smart Homes.

The assistive technologies provide a home environment adapted to the individual, facilitating communication and access to remote medical services, and fostering inde-pendence, social inclusion, and better quality of life for people with these types of special abilities.

Additional areas of interest have been identified in this study, such as performance, user interface usability, user-centered design, user experience, and privacy. Further-more, it has been confirmed that a series of guidelines established in home automa-tion systems demonstrate a high level of reliability.

To conclude, it must be emphasized that telemedicine, home automation and artifi-cial intelligence are of great help, since they facilitate and allow to lead a life without so much complexity; the three areas have a common goal which is to seek health and improvement of people who have catastrophic diseases or any special ability, all this is possible thanks to the technology that offers them the opportunity for a great change in their lives.

## Future work

Artificial intelligence and home automation are suggested to be explored in depth. As research progresses, it becomes clear that there is much information to be ex-plored, including fascinating areas such as low-cost home nanotechnology to auto-mate home maintenance.

It is vital to make society aware of the features and benefits, security, privacy, ac-cessibility and affordability of home automation. By enabling people to effectively manage and automate their properties, they can achieve greater well-being, security and control over their belongings.

A crucial aspect worth highlighting for future studies is the specification of rela-tionship of home automation in a field of telemedicine in everyday life essentially considering related key factors such as network infrastructure, coverage, dimensions, among others.

## References

1. Alexandrov VA, Desnitsky VA, Chaly DY (2019) Design and Security Analysis of a Fragment of Internet of Things Telecommunication System. Autom Control Comput Sci 53:851–856. doi: 10.3103/S0146411619070241

2. de Azevedo RM, Canha LN, Garcia VJ, Sepúlveda Rangel CA, Silva Santana TA, Nadal ZI (2022) Dynamic and proactive matheuristic for AC/DC hybrid smart home energy operation considering load, energy resources and price uncertainties. Int J Electr Power Energy Syst 137:107463. doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107463

3. Bacchin D, Pluchino P, Grippaldi AZ, Mapelli D, Spagnolli A, Zanella A, Gamberini L (2021) Smart Co-housing for People With Disabilities: A Preliminary Assessment of Caregivers' Interaction With the DOMHO System. Front Psychol 12. doi: 10.3389/FPSYG.2021.734180

4. Barot V, Patel DR (2022) A physiological signal compression approach using optimized Spindle Convolutional Auto-encoder in mHealth applications. Biomed Signal Process Control 73:103436. doi: 10.1016/J.BSPC.2021.103436

5. Chen J, Li K, Zhang Z, Li K, Yu PS (2022) A Survey on Applications of Artificial Intelligence in Fighting against COVID-19. ACM Comput Surv 54. doi: 10.1145/3465398

6. Cumin J, Lefebvre G, Ramparany F, Crowley J (2020) PSINES: Activity and Availability Prediction for Adaptive Ambient Intelligence. ACM Trans Auton Adapt Syst. doi: 10.1145/nnnnnnn.nnnnnnn

7. Danieli M, Ciulli T, Mousavi SM, Riccardi G (2021) A Conversational Artificial Intelligence Agent for a Mental Health Care App: Evaluation Study of Its Participatory Design. JMIR Form Res 5:e30053. doi: 10.2196/30053

8. Dey N, Ashour AS, Shi F, Fong SJ, Sherratt RS (2017) Developing residential wireless sensor networks for ECG healthcare monitoring. IEEE Trans Consum Electron 63:442–449. doi: 10.1109/TCE.2017.015063

9. Flores Moyano R, Fernandez D, Merayo N, Lentisco CM, Cardenas A (2020) NFV and SDN-Based Differentiated Traffic Treatment for Residential Networks. IEEE Access 8:34038–34055. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2974504

10. Fritz J, Kijowski R, Recht MP (2022) Artificial intelligence in musculoskeletal imaging: a perspective on value propositions, clinical use, and obstacles. Skeletal Radiol 51:239–243. doi: 10.1007/S00256-021-03802-Y

11. Ghanchi F, Bourne R, Downes SM, Gale R, Rennie C, Tapply I, Sivaprasad S (2022) An update on long-acting therapies in chronic sight-threatening eye diseases of the posterior segment: AMD, DMO, RVO, uveitis and glaucoma. Eye. doi: 10.1038/S41433-021-01766-W

12. Gonzalez D, Patricio MA, Berlanga A, Molina JM (2021) Variational autoencoders for anomaly detection in the behaviour of the elderly using electricity consumption data. Expert Syst 1–12. doi: 10.1111/exsy.12744

13. Gutiérrez-Martínez Y, Bustamante-Bello R, Navarro-Tuch SA, López-Aguilar AA, Molina A, Longoria IÁI (2021) A challenge-based learning experience in industrial engineering in the framework of education 4.0. Sustain 13. doi: 10.3390/su13179867

14. Gutierrez-Torre A, Bahadori K, Baig S ur R, Iqbal W, Vardanega T, Berral JL, Carrera D (2021) Automatic Distributed Deep Learning Using Resource-constrained Edge Devices. IEEE Internet Things J. doi: 10.1109/JIOT.2021.3098973

15. Ibrahim AS, Youssef KY, Kamel H, Abouelatta M (2020) Traffic modelling of smart city internet of things architecture. IET Commun 14:1275–1284. doi: 10.1049/IET-COM.2019.1252

16. Khoa TA, Nhu LMB, Son HH, Trong NM, Phuc CH, Phuong NTH, Van Dung N, Nam NH, Chau DST, Duc DNM (2020) Designing Efficient Smart Home Management with IoT Smart Lighting: A Case Study. Wirel Commun Mob Comput 2020. doi: 10.1155/2020/8896637

17. Li KF (2013) Smart home technology for telemedicine and emergency management. J Ambient Intell Humaniz Comput 4:535–546. doi: 10.1007/S12652-012-0129-8

18. Li W, Yigitcanlar T, Erol I, Liu A (2021) Motivations, barriers and risks of smart home adoption: From systematic literature review to conceptual framework. Energy Res Soc Sci 80:102211. doi: 10.1016/j.erss.2021.102211

19. Lukas A, Maucher I, Bugler S, Flemming D, Meyer I (2021) Security and user acceptance of an intelligent home emergency call system for older people living at home with limited daily living skills and receiving home care. Z Gerontol Geriatr 54:685–694. doi: 10.1007/s00391-020-01763-w

20. Moingeon P, Kuenemann M, Guedj M (2022) Artificial intelligence-enhanced drug design and development: Toward a computational precision medicine. Drug Discov Today 27:215–222. doi: 10.1016/J.DRUDIS.2021.09.006

21. Montori F, Bedogni L, Di Felice M, Bononi L (2018) Machine-to-machine wireless communication technologies for the Internet of Things: Taxonomy, comparison and open issues. Pervasive Mob Comput 50:56–81. doi: 10.1016/J.PMCJ.2018.08.002

22. Palumbo A, Ielpo N, Calabrese B (2022) An FPGA-Embedded Brain-Computer Interface System to Support Individual Autonomy in Locked-In Individuals. Sensors 22:318. doi: 10.3390/S22010318

23. Rathore RS, Sangwan S, Kaiwartya O, Aggarwal G (2021) Green Communication for Next-Generation Wireless Systems: Optimization Strategies, Challenges, Solutions, and Future Aspects. Wirel Commun Mob Comput 2021. doi: 10.1155/2021/5528584

24. Reyes-Campos J, Alor-Hernández G, Machorro-Cano I, Olmedo-Aguirre JO, Sánchez-Cervantes JL, Rodríguez-Mazahua L (2021) Discovery of resident behavior patterns using machine learning techniques and IoT paradigm. Mathematics 9:1–25. doi: 10.3390/MATH9030219

25. Sene A.A., Zandieh Z., Soflaei M., Torshizi H.M. SK (2021) Using artificial intelligence to predict the intrauterine insemination success rate among infertile couples _ Enhanced Reader.pdf

26. Sheng Y, Zhang J, Ge Y, Li X, Wang W, Stephens H, Yin FF, Wu Q, Wu QJ (2021) Artificial intelligence applications in intensity modulated radiation treatment planning: An overview. Quant. Imaging Med. Surg. 11:4859–4880

27. Simonet C, Noyce AJ (2021) Domotics, Smart Homes, and Parkinson's Disease. J Parkinsons Dis 11:S55–S63. doi: 10.3233/JPD-202398

28. Wang F, Idrees M, Sohail A (2022) "AI-MCMC" for the parametric analysis of the hormonal therapy of cancer. Chaos, Solitons & Fractals 154:111618. doi: 10.1016/J.CHAOS.2021.111618

29. Wang Y, Zhang F, Wang J, Liu L, Wang B (2021) A Bibliometric Analysis of Edge Computing for Internet of Things. doi: 10.1155/2021/5563868

30. Yang C, Jiang Y, Hao SH, Yan XY, Hong DF, Naranmandura H (2022) Aptamers: an emerging navigation tool of therapeutic agents for targeted cancer therapy. J Mater Chem B 10:20–33. doi: 10.1039/D1TB02098F

31. Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. Journal of Informetrics , 11(4), 959-975.

VOL. 5 Nº1 - 2023

IBARRA - ECUADOR

Facultad de Ingeniería en **Ciencias Aplicadas**
Innovation & Development in Engineering and Applied Science

IDEAS

# Estudio de los micro movimientos en las tareas de confección con máquinas de coser industriales

http://doi.org/110.53358/ideas.v5i1.904

**Joan Daniel Angulo[1], Omar Godoy Collaguazo[1]**

[1] Universidad Técnica del Norte, Imbabura-Ibarra, ECUADOR
*ovgodoy@utn.edu.ec, jdangulog@utn.edu.ec*

Fecha de envío, Mayo 22/2023 - Fecha de aceptación, Junio 20/2023 - Fecha de publicación, Julio 10/2023

**Resumen:**

Esta investigación realiza una indagación documental, cuantitativa y experimental, que analiza los micro movimientos en las tareas de confección con máquinas de coser industriales, mediante el estudio de métodos para el diseño de tiempos predeterminados en la manufactura de camisetas básicas. Para ello, se estudió la situación de la empresa XIOMAC segregada en tres fases integrales. Fase 1 determinación de ciclos a estudiar, Fase 2 levantamiento de información y análisis del uso de diferentes metodologías de ejecución del trabajo, Fase 3 optimización laboral y rediseño de Layout mediante capacitaciones personalizadas. Como resultado se obtuvo la reducción del tiempo de producción, riesgos ergonómicos y construcción de la base de datos. El control de los micro movimientos supone un avance para el desarrollo del proceso de confección, además de que sirve como guía para cualquier persona afín a la manufactura de prendas de vestir.

**Palabras clave**: micro movimiento, tiempo estándar, estudio de métodos, medición del trabajo, Layout

**Abstract:** This research carries out a documentary, quantitative and experimental investigation, which analyzes the micro movements in the tasks of confection with industrial sewing machines, by means of the study of methods for the design of predetermined times in the manufacture of basic T-shirts. For this purpose, the situation of the XIOMAC company was studied segregated in three integral phases. Phase 1: Determination of cycles to be studied, Phase 2: Information gathering and analysis of the use of different work execution methodologies, Phase 3: Labor optimization and Layout redesign through personalized training. As a result, production time reduction, ergonomic risks and database construction were obtained. The control of micro movements represents an advance for the development of the manufacturing process, and it also serves as a guide for any person involved in the manufacture of garments.

**Key words:** micro movement, standard time, method study, work measurement, Layout.

*Autor de correspondencia:*
*Omar Godoy, ovgodoy@utn.edu.ec*

## Introducción

El mundo de la confección involucra una gran cantidad de procedimientos o también llamados micro movimientos, que deben ser ajustados adecuadamente para la sustentabilidad económica de una empresa, desde la llegada de la materia prima (telas e insumos) hasta el producto final (camisetas, pantalones, vestidos, entre otros). El área textil siendo una protagonista a nivel global, forma parte de las acciones de manufactura más críticas para el crecimiento de desarrollo, de esta manera, el sector de la confección requiere del 50% de las industrias textiles (tejidos); siendo así, para el aumento de la eficiencia, producción y rendimiento dentro de una empresa, se implementa el estudio de los movimientos que realizan las personas a cargo de la maquinaria y entrega de materia prima, con el objetivo de la obtención de resultados óptimos en los tiempos de entrega de los productos finales [1][2].

El ingeniero mecánico Frederick Tylor determinó que, cada actividad debe ser preparada con anticipación y con instrucciones específicas para cada trabajador. Su estudio lo presentó en el famoso artículo "Shop Management" con módulos de estudio de métodos, estandarización de equipos y tiempos, además de cálculos para la planeación de actividades [3]. En este sentido, la ingeniería de métodos ayuda a la planificación de actividades, permitiendo el cumplimiento de los objetivos planteados, como: cumplir la producción en el tiempo establecido, entrega de producto sin demora, área de trabajo organizada y secuencia de un proceso a otro. Por otra parte, la simplificación de procedimientos innecesarios (búsqueda de materiales), el establecer un ambiente de trabajo apacible entre los trabajadores en la reducción de actividades de esfuerzo físico durante el proceso, se lo hace por medio de las etapas analítica y constructiva para elevar o alcanzar el nivel de calidad [4].

El tiempo estándar en los procesos de confección es el factor con mayor influencia, con el fin de la disminución a un solo conjunto de micro movimientos de trabajo en un lapso determinado [5]. La evaluación de los tiempos se referencia al contenido del trabajo, tomando en cuenta la consideración de fatiga, demoras personales y retrasos inevitables, esto mediante un cronómetro con el objetivo de crear una base de datos y tomar las decisiones correspondientes [6][9]. Los suplementos en el trabajo se definen como las tolerancias aplicadas a los tiempos estándar, que permiten alcanzar las metas, a su vez, al no ser consideradas ocurriría todo lo contrario, es decir, se complicaría el proceso de alcanzar las metas propuestas. Los suplementos se clasifican en dos criterios: retrasos del personal (personales, inevitables y evitables) y por fatiga (condiciones de trabajo, naturaleza del trabajo y estado de salud) [10][11][12].

La economía de movimientos tiene la característica de la reducción de fatiga del trabajador, reducir tiempos de cumplimiento y optimizar las condiciones de ambiente del trabajo, para hacer más eficiente el proceso [7]. Además, este tipo de movimiento funciona en base a tres factores fundamentales: aplicación y uso del cuerpo humano, arreglo del área de trabajo, diseño de herramientas y equipo [14]. El estudio y medición de trabajo, al ser una relación directa con la ingeniería de métodos, permite el rediseño de un procedimiento para corregir las posturas, reducir los tiempos muertos y costos de los mismos para mejorar el rendimiento de las operarias, lo que se obtiene el ahorro de costos y aumento de eficiencia para el aprovechamiento de oportunidades futuras [8][9].

Los micro movimientos son ciclos muy cortos y repetitivos, además de tener su propio ritmo y secuencia, lo que significa que, fácilmente pueden ser optimizados para economizar movimientos, energías y encontrar una sucesión efectiva de los mismos [15]. Los micro movimientos o THERBLIGS (movimientos básicos) se dividen en dos: los eficientes y no eficientes, los primeros contribuyen al progreso positivo del trabajo y se pueden eliminar temporalmente, y, los segundos deben ser eliminados permanentemente, aplicando el estudio de métodos, de esta manera, el realizar el estudio de tiempos de una producción nueva de forma visual y analítica, ayuda a aumentar el rendimiento de los productos y evitar reprocesos (verificación de funcionamiento de maquinaria y materiales al alcance) [10][11].

## Materiales y métodos

La metodología aplicada se enfoca en el estudio de caso (costo, calidad, entrega, flexibilidad y servicio), mismo que consistió en el análisis operacional del área de producción de la empresa de confección XIOMAC, con la finalidad de establecer tiempos predeterminados de los micro movimientos de las tareas de confección con máquinas de coser industriales para la manufactura de camisetas básicas. La empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Ibarra, Ecuador [12], con coordenadas geográficas (0.36230189085501296, -78.1127691850867), cuenta con 8 colaboradores y varios clientes a nivel nacional.

**Tabla 1. Población colaboradores XIOMAC**

| Año | Femenino | Masculino | Total |
|---|---|---|---|
| enero - diciembre 2022 | 5 | 3 | 8 |

### Construcción del instrumento

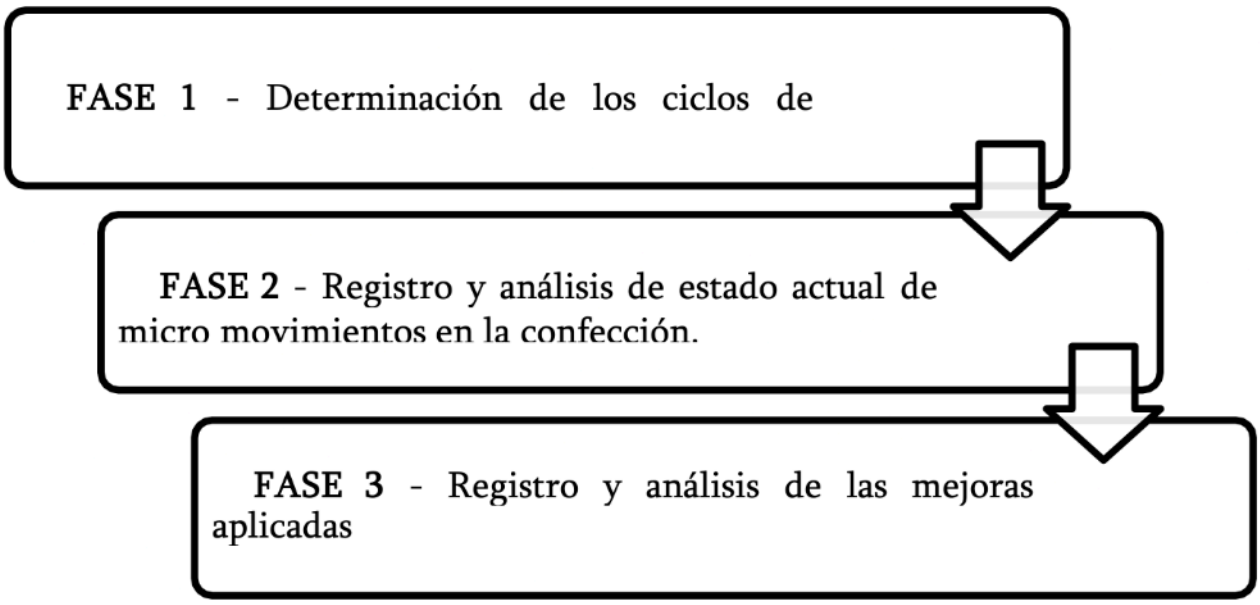



*Fig. 1 Diagrama de bloque del plan de investigación*

**Esquema del plan de trabajo.** El proceso investigativo sigue la secuencia de trabajo establecida en tres FASES, la primera fase comprende los tiempos de las operaciones para determinar los ciclos a estudiar según las tablas de Westinghouse y General Electric respectivamente. La segunda fase comprende el registro de los tiempos de los micro movimientos desglosados por cada operación, para posteriormente, analizarlos y evidenciar las problemáticas que pueden presentarse al no poseer un sistema estandarizado de movimientos. La tercera fase implica la estandarización de los micro movimientos y su respectivo registro, de modo que se eliminen tareas innecesarias para aumentar el nivel de eficiencia y productividad.

Se elaboró un instrumento para levantamiento de información, mismo que implica el desarrollo de flujogramas (proceso y muestral), diagrama de recorrido, cursogramas (sinóptico y analítico), diagramas bimanuales y simogramas, que permitieron llevar un registro del proceso de manufactura de camisetas básicas, además, se emplearon herramientas de medición y análisis del tiempo como cronómetro, calculadora, cámara y computadora con software de edición de videos.

El flujograma muestral del estudio indica la organización del proceso de confección, mostrando las secciones, máquinas y operaciones que se requieren para la manufactura de dicha prenda de vestir, tal como se muestra en la Fig. 2.

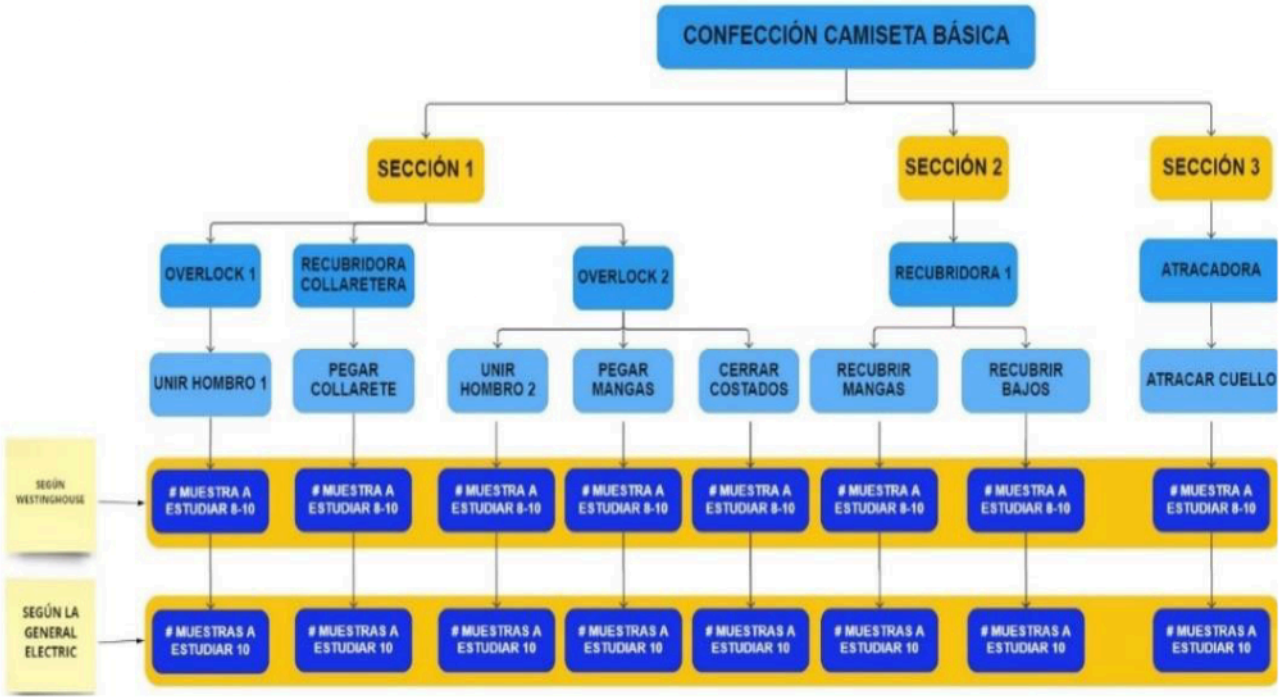



*Fig. 2 Flujograma muestral*

El cursograma sinóptico se enfoca en la construcción del proceso, tomando como referencia aquellos pasos de mayor relevancia que le dan sentido al estudio, es decir, mostrando la actividad que realiza el trabajador.

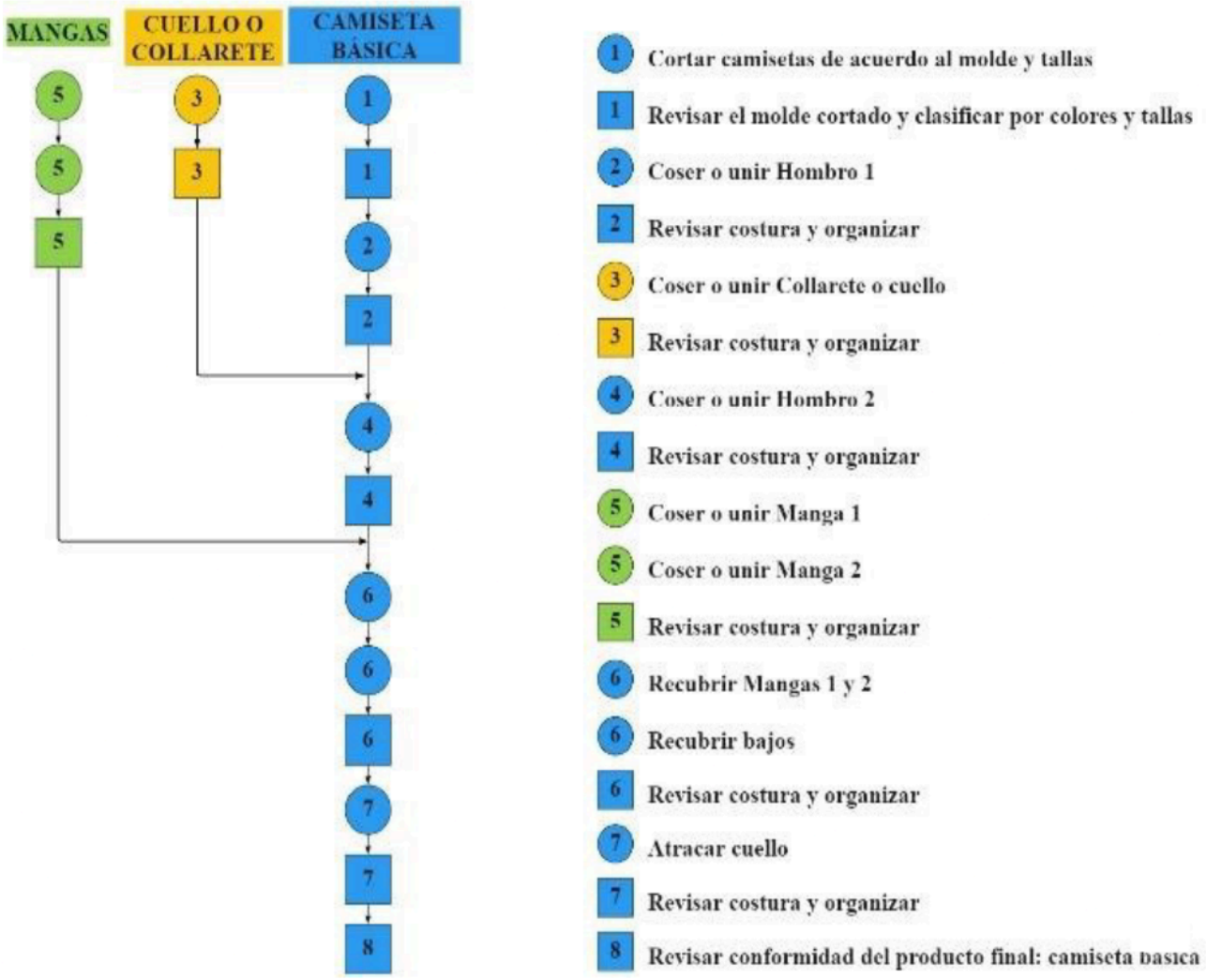



*Fig. 3 Cursograma sinóptico*

El diagrama bimanual indica los micro movimientos o THERBLINGS de cada extremidad, donde el operario ejecuta para la construcción de un solo paso del proceso, como se muestra en la Fig. 4 de la operación unir hombro 1.

*Joan Daniel Angulo, Omar Godoy Collaguazo*
*ovgodoy@utn.edu.ec, jdangulog@utn.edu.ec*

| DIAGRAMA BIMANUAL | | | | | | | | | | | | XIOMAC FASHION |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Diagrama No** | 1 | **Nombre Especialista** | Daniel Angulo | | | | | | | | | |
| **Producto:** | CAMISETA BÁSICA | | **MÉTODO** | **ACTUAL** | | | | | | | | |
| **Operación:** | HOMBRO 1 | | | **PROPUESTO** | | | | | | | | |
| **Lugar:** | XIOMAC - PRODUCCIÓN | | **HORA INICIO** | | | | | | | | | |
| **Operario (s):** | DAYANA TAIMAL | | | | | | | | | | | |
| **Fecha:** | 30-may-22 | | **HORA FINAL** | | | | | | | | | |
| Descripción mano izquierda | | | SÍMBOLO | | | | | SÍMBOLO | | | | Descripción mano derecha |
| PIEZAS DELANTERAS EN MESA DE MÁQUINA | | | | | | | | | | | | PIEZAS POSTERIORES EN MESA DERECHA |
| | | | | | | | | | | | | TOMAR POSTERIOR |
| PREPARAR POSICIÓN EN OVERLOCK | | | | | | | | | | | | PREPARAR POSICIÓN EN OVERLOCK |
| TOMAR DELANTERO | | | | | | | | | | | | |
| PREPARAR POSICIÓN EN OVERLOCK | | | | | | | | | | | | PREPARAR POSICIÓN EN OVERLOCK |
| ENSAMBLAR HOMBRO 1 | | | | | | | | | | | | GUIAR HOMBRO 1 |
| TOMAR UNION | | | | | | | | | | | | |
| ALINEAR DELANTERO Y POSTERIOR | | | | | | | | | | | | ALINEAR DELANTERO Y POSTERIOR |
| MOVER A MESA IZQUIERDA | | | | | | | | | | | | MOVER A MESA IZQUIERDA |
| **TOTAL** | | | **1** | **3** | **0** | **3** | **1** | **1** | **3** | **0** | **2** | **1** | **TOTAL** |

*Fig. 4 Diagrama Bimanual*

El simograma muestra los micro movimientos o THERBLINGS de cada extremidad, donde el operario ejecuta para la construcción de un solo paso del proceso, pero con el tiempo de ejecución, como se indica en la Fig. 5 de la operación unir hombro 1.

| SIMOGRAMA | | | | | | XIOMAC FASHION |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre Especialista: DANIEL ANGULO | Diagrama No. | 1 | | | MÉTODO | ACTUAL |
| Lugar: XIOMAC | Producto: | CAMISETA BÁSICA | | | | PROPUESTO |
| Operario: DAYANA TAIMAL | Operación: | HOMBRO 1 | | | HORA INICIO | |
| Fecha: | | | | | HORA FINAL | |
| DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA | TIEMPO | THERBLIG | TIEMPO EN TOTAL | THERBLIG | TIEMPO | DESCRIPCIÓN MANO DERECHA |
| PIEZAS DELANTERAS EN MESA DE MÁQUINA | 0 | | 0 | | 0 | PIEZAS POSTERIORES EN MESA DERECHA |
| | 0 | T. | 0 | T. | 0 | TOMAR POSTERIOR |
| PREPARAR POSICION EN OVERLOCK | 0 | P.P | 0 | P.P | 0 | PREPARAR POSICION EN OVERLOCK |
| TOMAR DELANTERO | 0,8 | T. | 0,8 | | 0,8 | |
| PREPARAR POSICION EN OVERLOCK | 4,06 | P.P | 4,06 | P.P | 4,06 | PREPARAR POSICION EN OVERLOCK |
| ENSAMBLAR HOMBRO 1 | 3,2 | E. | 3,2 | E. | 3,2 | GUIAR HOMBRO 1 |
| TOMAR UNION | 0,4 | T. | 0,4 | | 0,4 | |
| ALINEAR DELANTERO Y POSTERIOR | 1,1 | P.P | 1,1 | P.P | 1,1 | ALINEAR DELANTERO Y POSTERIOR |
| MOVER A MESA IZQUIERDA | 1,1 | M. | 1,1 | M. | 1,1 | MOVER A MESA IZQUIERDA |
| **TOTAL** | | | 10,66 | | | **TOTAL** |

*Fig. 5 Simograma*

Los micro movimientos son las acciones que se ejecutan para la consecución de una tarea, ahora se debe reconocer si esta tarea es necesaria o no, para esto se emplean cinco pautas de cumplimiento: propósito (para aseverar la tarea), lugar (de cumplimiento en el sitio predispuesto), sucesión (si corresponde al lugar en la línea de proceso), persona (para aseverar si lo ejecutará la persona correcta) y medios (los empleados y máquinas) [13]. Además, es una descomposición en procesos más pequeños o elementales, con el fin de obtener una mejor visualización del procedimiento de la elaboración del producto y eliminar los movimientos innecesarios como la búsqueda de materiales (hilos, carreteles, pinzas, alfileres, entre otros) [14].

**Tabla 2. Micro movimientos o therbligs**

| THERBLIGS EFICIENTES | | THERBLIGS INEFICIENTES | |
|---|---|---|---|
| **NOMBRE** | **SIGLA** | **NOMBRE** | **SIGLA** |
| **ALCANZAR** | AL. | BUSCAR | B. |
| **TOMAR** | T. | SELECCIONAR | S. E |
| **MOVER** | M. | INSPECCIONAR | I. |
| **SOLTAR** | S. L | DEMORA EVITABLE | D.E. T |
| **ENSAMBLAR** | E. | DEMORA INEVITABLE | D.I |
| **DESMONTAR** | D.S | COLOCAR EN POSICION | P. |
| **USAR** | U. | DESCANSAR | D.E. S |
| **PREPARAR POSICIÓN** | P. P | SOSTENER | S. O. |
| | | PLANEAR | P. L. |

El estudio de métodos de trabajo realizado se concentra en la situación actual de la empresa, para analizar los micro movimientos de las operarias en el desplazamiento dentro del área de trabajo y seguir la secuencia correcta del proceso de elaboración de camisetas básicas, teniendo en cuenta que, cada máquina tiene la característica para una actividad determinada [15].

## Desarrollo del estudio

El desarrollo del estudio en cada una de sus fases presentó los siguientes pasos:

A. El patronaje y escalado en el programa AUDACES.

B. El tendido de la tela jersey, corte y clasificación de las piezas.

C. Grabación en video y confección de las camisetas.

D. Solo en la fase 3 se presentó el paso de correcciones y orientación a las operarias para mejorar su trabajo.

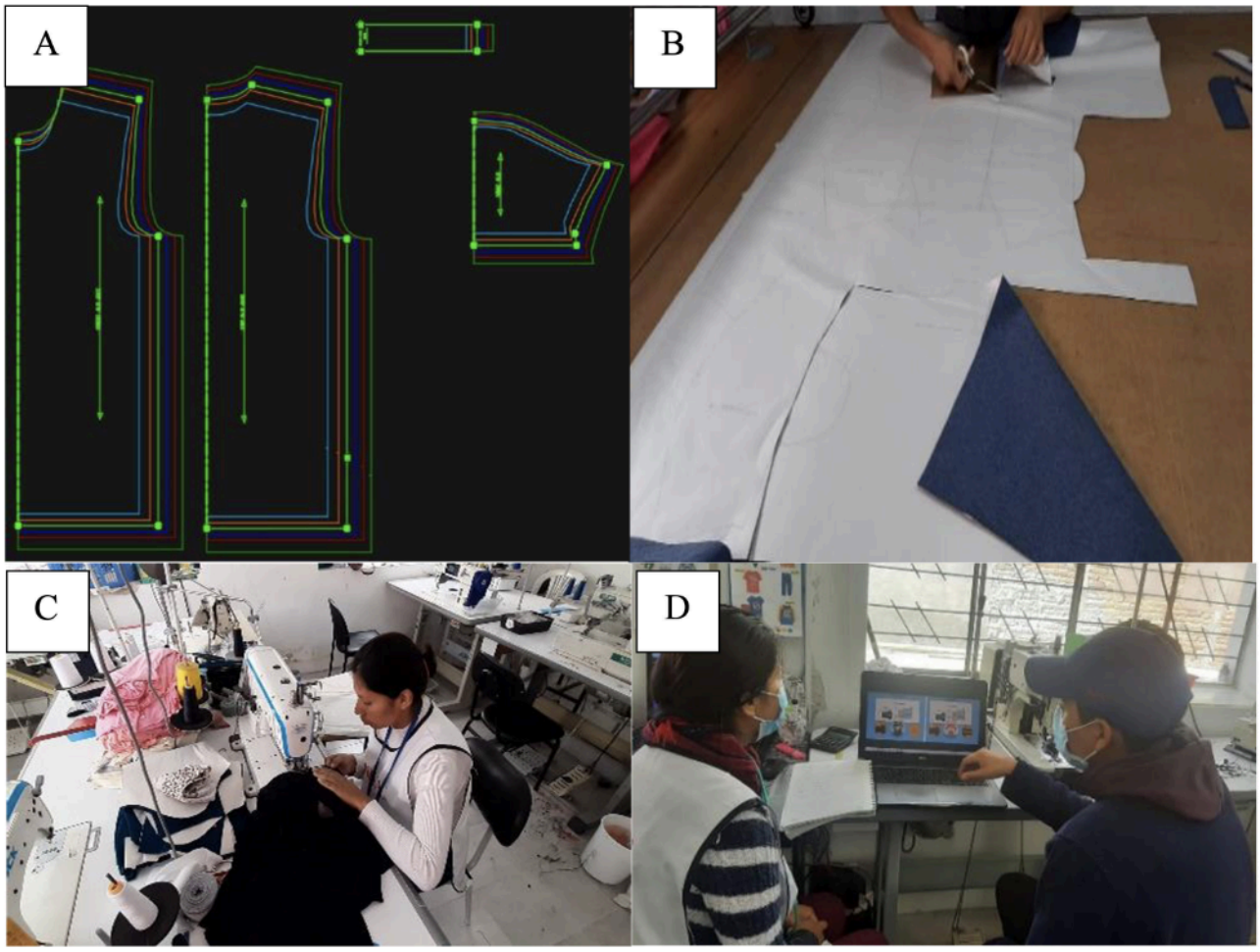



*Fig. 6 Desarrollo del estudio para cada fase.*

## Resultados y discusión

Los datos obtenidos del estudio de micro movimientos en las tareas de confección industriales para manufactura de camisetas básicas, es sometida al análisis estadístico en el software PAST 4; como se aprecia en las Tabla 3, 4 y 5 los resultados de confiabilidad del instrumento utilizado el p (normal > 0,05). Finalmente, se identificó la información, dentro del rango de confianza, para cada una de las tres fases de la investigación.

**Tabla 3. Test de normalidad FASE 1**

| | HOMBRO 1 | COLLARETE | HOMBRO 2 | MANGA 1 Y 2 | CERRAR COSTADOS | RECUBRIR MANGAS | RECUBRIR BAJOS | ATRACAR CUELLO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Shapiro-Wilk W | 0,8856 | 0,9577 | 0,9395 | 0,9556 | 0,9707 | 0,9559 | 0,8262 | 0,9634 |
| p(normal) | 0,3357 | 0,792 | 0,6622 | 0,7769 | 0,8797 | 0,779 | 0,1303 | 0,8316 |
| Anderson-Darling A | 0,3377 | 0,2092 | 0,2378 | 0,2092 | 0,227 | 0,263 | 0,4813 | 0,2078 |
| p(normal) | 0,3275 | 0,7134 | 0,5977 | 0,7134 | 0,6397 | 0,5209 | 0,1192 | 0,7191 |
| p(Monte Carlo) | 0,3641 | 0,8135 | 0,7088 | 0,8133 | 0,7528 | 0,6153 | 0,1272 | 0,8198 |
| Lilliefors L | 0,2434 | 0,2182 | 0,2082 | 0,1785 | 0,2047 | 0,2541 | 0,3225 | 0,2149 |
| p(normal) | 0,431 | 0,6078 | 0,6796 | 0,8676 | 0,7039 | 0,3634 | 0,08843 | 0,6313 |
| p(Monte Carlo) | 0,4349 | 0,612 | 0,7056 | 0,8953 | 0,7333 | 0,3602 | 0,0861 | 0,6523 |
| Jarque-Bera JB | 0,6407 | 0,443 | 0,3796 | 0,3915 | 0,1 | 0,1337 | 0,7105 | 0,3617 |
| p(normal) | 0,7259 | 0,8013 | 0,8271 | 0,8222 | 0,9512 | 0,9353 | 0,701 | 0,8345 |
| p(Monte Carlo) | 0,3269 | 0,634 | 0,7447 | 0,7243 | 0,9853 | 0,974 | 0,2148 | 0,7867 |

**Tabla 4. Test de normalidad FASE 2**

| | UNIR HOMBRO 1 | COLLARETE | UNIR HOMBRO 2 | MANGA 1 Y 2 | CERRAR COSTADOS | RECUBRIR MANGAS | RECUBRIR BAJOS | ATRACAR CUELLO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Shapiro-Wilk W | 0,954 | 0,8526 | 0,9171 | 0,903 | 0,9136 | 0,9426 | 0,9261 | 0,971 |
| p(normal) | 0,7161 | 0,06236 | 0,3331 | 0,2361 | 0,3066 | 0,5819 | 0,4108 | 0,8996 |
| Anderson-Darling A | 0,2646 | 0,7624 | 0,3222 | 0,3576 | 0,4197 | 0,263 | 0,3556 | 0,1675 |
| p(normal) | 0,6113 | 0,0311 | 0,4639 | 0,3776 | 0,2603 | 0,6166 | 0,3819 | 0,9097 |
| p(Monte Carlo) | 0,6608 | 0,0309 | 0,4871 | 0,3946 | 0,2748 | 0,6624 | 0,3969 | 0,9399 |
| Lilliefors L | 0,1393 | 0,3247 | 0,1411 | 0,1559 | 0,2126 | 0,1403 | 0,1984 | 0,1351 |
| p(normal) | 0,8403 | 0,003205 | 0,8264 | 0,696 | 0,2213 | 0,8323 | 0,3153 | 0,8704 |
| p(Monte Carlo) | 0,8429 | 0,005 | 0,8398 | 0,6935 | 0,2283 | 0,8387 | 0,3209 | 0,8689 |
| Jarque-Bera JB | 0,1475 | 1,662 | 0,9132 | 0,8008 | 0,7582 | 0,6078 | 0,842 | 0,411 |
| p(normal) | 0,9289 | 0,4355 | 0,6334 | 0,67 | 0,6845 | 0,7379 | 0,6564 | 0,8142 |
| p(Monte Carlo) | 0,9421 | 0,0967 | 0,3188 | 0,4075 | 0,4297 | 0,5722 | 0,3728 | 0,7651 |

**Tabla 5. Test de normalidad FASE 3**

| | UNIR HOMBRO 1 | COLLARETE | UNIR HOMBRO 2 | MANGA 1 Y 2 | CERRAR COSTADOS | RECUBRIR MANGAS | RECUBRIR BAJOS | ATRACAR CUELLO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Shapiro-Wilk W | 0,9097 | 0,9234 | 0,9588 | 0,9567 | 0,9014 | 0,8958 | 0,9738 | 0,948 |
| p(normal) | 0,2792 | 0,3859 | 0,7726 | 0,7477 | 0,2269 | 0,1967 | 0,9235 | 0,6445 |
| Anderson-Darling A | 0,4073 | 0,3743 | 0,2322 | 0,3063 | 0,4477 | 0,5786 | 0,1665 | 0,3003 |
| p(normal) | 0,2805 | 0,342 | 0,7286 | 0,5059 | 0,2191 | 0,0979 | 0,9116 | 0,5152 |
| p(Monte Carlo) | 0,2992 | 0,3495 | 0,7536 | 0,537 | 0,2359 | 0,1036 | 0,9464 | 0,5426 |
| Lilliefors L | 0,1939 | 0,1976 | 0,1542 | 0,1596 | 0,1839 | 0,2156 | 0,1386 | 0,173 |
| p(normal) | 0,3491 | 0,3209 | 0,7117 | 0,6606 | 0,4323 | 0,2042 | 0,8449 | 0,5321 |
| p(Monte Carlo) | 0,3535 | 0,3258 | 0,7139 | 0,6697 | 0,4387 | 0,2062 | 0,8513 | 0,5408 |
| Jarque-Bera JB | 0,9932 | 0,5077 | 0,7154 | 0,05111 | 0,9692 | 1,495 | 0,4087 | 0,723 |
| p(normal) | 0,6086 | 0,7758 | 0,6993 | 0,9748 | 0,616 | 0,4735 | 0,8152 | 0,6966 |
| p(Monte Carlo) | 0,2638 | 0,6775 | 0,4918 | 0,9845 | 0,2851 | 0,1091 | 0,7638 | 0,4728 |

## Análisis estadístico de las operaciones FASE 1

La información de la Tabla 6 indica el análisis estadístico, para la determinación de ciclos que serán sometidos a estudio según los métodos de la Westinghouse y General Electric [16].

**Tabla 6. Análisis estadístico de la Fase 1**

| # CAMISETA | OPERACIONES | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | UNIR HOMBRO 1 | COLLARETE | UNIR HOMBRO 2 | MANGA 1 Y 2 | CERRAR COSTADOS 1 Y 2 | RECUBRIR MANGAS 1 Y 2 | RECUBRIR BAJOS | ATRACAR CUELLO | SUMA TIEMPO |
| 1 | 26,00 | 27,57 | 10,95 | 45,34 | 29,39 | 49,92 | 43,39 | 5,06 | 237,62 |
| 2 | 23,30 | 29,36 | 11,82 | 46,42 | 30,15 | 48,42 | 42,40 | 8,03 | 239,90 |
| 3 | 23,50 | 28,54 | 10,87 | 45,98 | 28,86 | 46,84 | 40,34 | 6,82 | 231,75 |
| 4 | 24,00 | 26,71 | 11,35 | 45,84 | 29,56 | 47,91 | 39,98 | 4,20 | 229,55 |
| 5 | 25,40 | 27,26 | 11,45 | 46,27 | 29,63 | 48,37 | 40,15 | 6,58 | 235,11 |
| **PROMEDIO** | 24,44 | 27,89 | 11,29 | 45,97 | 29,52 | 48,29 | 41,25 | 6,14 | 234,79 |
| **MEDIANA** | 24,00 | 27,57 | 11,35 | 45,98 | 29,56 | 48,37 | 40,34 | 6,58 | 235,11 |
| **25 prcntil** | 23,40 | 26,99 | 10,91 | 45,59 | 29,13 | 47,38 | 40,07 | 4,63 | 230,65 |
| **75 prcntil** | 25,70 | 28,95 | 11,64 | 46,35 | 29,89 | 49,17 | 42,90 | 7,43 | 238,76 |
| **DESV. EST.** | 1,197 | 1,058 | 0,388 | 0,420 | 0,465 | 1,110 | 1,545 | 1,513 | 4,21 |
| **COEF. VAR.** | 4,90% | 3,79% | 3,44% | 0,91% | 1,57% | 2,30% | 3,75% | 24,65% | 1,79% |
| **MAXIMO** | 26,00 | 29,36 | 11,82 | 46,42 | 30,15 | 49,92 | 43,39 | 8,03 | 239,90 |
| **MINIMO** | 23,30 | 26,71 | 10,87 | 45,34 | 28,86 | 46,84 | 39,98 | 4,20 | 229,55 |
| **RANGO** | 2,70 | 2,65 | 0,95 | 1,08 | 1,29 | 3,08 | 3,41 | 3,83 | 10,35 |

## Análisis estadístico de las operaciones FASE 2

La información de la Tabla 7 muestra los datos condensados de la fase 2, donde se logró evidenciar los problemas de mala ejecución de las operaciones, ya sea por disposición errónea del lugar de trabajo o por la nula organización al momento de iniciar con las actividades.

**Tabla 7. Análisis estadístico de la Fase 2**

| # CAMISETA | OPERACIONES | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | UNIR HOMBRO 1 | COLLARETE | UNIR HOMBRO 2 | MANGA 1 Y 2 | CERRAR COSTADOS 1 Y 2 | RECUBRIR MANGAS 1 Y 2 | RECUBRIR BAJOS | ATRACAR CUELLO | SUMA TIEMPO (s) |
| 1 | 10,66 | 29,99 | 16,49 | 62,87 | 43,47 | 49,07 | 31,17 | 10,77 | 254,49 |
| 2 | 23,80 | 29,59 | 16,99 | 62,05 | 47,07 | 41,20 | 28,50 | 9,07 | 258,27 |
| 3 | 10,10 | 42,43 | 18,15 | 59,23 | 51,90 | 42,00 | 30,83 | 8,67 | 263,31 |
| 4 | 15,03 | 36,79 | 18,13 | 62,48 | 44,10 | 45,27 | 25,57 | 8,23 | 255,60 |
| 5 | 15,80 | 28,64 | 17,42 | 52,94 | 44,37 | 42,79 | 28,06 | 8,01 | 238,03 |
| 6 | 18,33 | 29,95 | 16,09 | 55,50 | 37,26 | 48,53 | 36,50 | 6,32 | 248,48 |
| 7 | 17,23 | 30,23 | 14,71 | 44,03 | 36,45 | 54,03 | 40,37 | 6,80 | 243,85 |
| 8 | 18,83 | 29,84 | 15,07 | 44,17 | 37,23 | 57,80 | 41,16 | 5,70 | 249,80 |
| 9 | 14,33 | 23,83 | 14,24 | 50,28 | 35,10 | 53,67 | 36,97 | 5,26 | 233,68 |
| 10 | 15,71 | 24,40 | 17,77 | 50,43 | 38,47 | 49,41 | 37,33 | 7,00 | 240,52 |
| **PROMEDIO** | 15,98 | 30,57 | 16,51 | 54,40 | 41,54 | 48,38 | 33,65 | 7,58 | 248,60 |
| **MEDIANA** | 15,76 | 29,90 | 16,74 | 54,22 | 40,97 | 48,80 | 33,84 | 7,51 | 249,14 |
| **25 prcntil** | 13,41 | 27,58 | 14,98 | 48,75 | 37,04 | 42,59 | 28,39 | 6,17 | 239,90 |
| **75 prcntil** | 18,46 | 31,87 | 17,86 | 62,16 | 45,05 | 53,76 | 38,09 | 8,77 | 256,27 |
| **DESV. EST.** | 3,78 | 5,19 | 1,36 | 6,83 | 5,20 | 5,32 | 5,21 | 1,60 | 9,04 |
| **COEF. VAR.** | 23,7% | 17,0% | 8,3% | 12,6% | 12,5% | 11,0% | 15,5% | 21,1% | 3,6% |
| **MAXIMO** | 23,80 | 42,43 | 18,15 | 62,87 | 51,90 | 57,80 | 41,16 | 10,77 | 263,31 |
| **MINIMO** | 10,10 | 23,83 | 14,24 | 44,03 | 35,10 | 41,20 | 25,57 | 5,26 | 233,68 |
| **RANGO** | 13,70 | 18,60 | 3,91 | 18,84 | 16,80 | 16,60 | 15,59 | 5,51 | 29,63 |

## Base de datos FASE 3

La Fase 3 del estudio comprende la creación de una base de datos a partir de la orientación profesional a las operarias, es decir, inicialmente se les indicó sus falencias en su forma de trabajar, para luego guiarlas y que puedan mejorar su rendimiento. Se empleó el estudio de tiempos con las ecuaciones de la Tabla 8, para la formulación del compendio final, que indica una optimización de los micro movimientos en cada una de las operaciones.

**Tabla 8. Estudio de tiempos ecuaciones**

| PARÁMETRO | ECUACIÓN |
|---|---|
| TIEMPO PROMEDIO | $Tiempo\ promedio\ del\ elemento = \frac{\sum Xi}{LC}$ |
| TIEMPO NORMAL O NATURAL | $Tn = Te * \frac{Valor\ atribuido}{Valor\ estándar}$ |
| TIEMPO ESTANDAR | $Tt = Tn * (1 + \%\ de\ suplemento)$ |

Otro elemento importante para la creación de esta fase está en la Tabla 9 que indica el porcentaje de suplemento que se debe adicionar al tiempo natural para conseguir que el trabajador pueda alcanzar a cumplir con sus actividades. Estos valores son tomados de acuerdo con el tipo de actividad que se esté realizando, no aplica para todo, por esa razón se contempló una sumatoria del 18% de suplemento para las mujeres y un 14% para los hombres.

**Tabla 9. Porcentaje de Suplemento según la OIT**

| SUPLEMENTO | MUJER | HOMBRE |
|---|---|---|
| NECESIDADES PERSONALES | 7% | 5% |
| BÁSICO POR FATIGA | 4% | 4% |
| LIGERAMENTE INCÓMODO | 1% | 0% |
| USO CON FUERZA | 1% | 0% |
| TENSIÓN VISUAL | 2% | 2% |
| RUIDO | 2% | 2% |
| TENSIÓN MENTAL | 1% | 1% |
| SUMA | 18% | 14% |

La base de datos comprende todos los 66 micro movimientos eficientes, que permitieron notar la reducción de los coeficientes de variación de 100% de la fase 2 a 30% en la fase 3, por el hecho de que la optimización, mediante la orientación fue bien recibida para la fluidez de la ejecución de los procesos, y a su vez, aplicada de excelente forma para la habilidad de aumentar la agilidad.

**Tabla 10. Base de datos – Metodología Mejorada**

| OPERACIÓN | MICRO-MOVIMIENTOS | TIEMPO PROMEDIO OBS | VALORACIÓN | TIEMPO NORMAL | % SUPLEMENTO | TIEMPO ESTANDAR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| HOMBRO 1 | TOMAR POSTERIOR (DER) | 1,11 | 100% | 1,11 | 18% | 1,31 |
| | PREPARAR POSICIÓN OVERLOCK (DM) | 2,83 | 100% | 2,83 | 18% | 3,34 |
| | TOMAR DELANTERO (IZ) | 1,31 | 100% | 1,31 | 18% | 1,55 |
| | PREPARAR POSICIÓN OVERLOCK (DM) | 4,35 | 100% | 4,35 | 18% | 5,13 |
| | ENSAMBLAR HOMBRO 1 Y GUÍAR HOMBRO (DM) | 2,13 | 100% | 2,13 | 18% | 2,51 |
| | TOMAR UNIÓN (IZ) | 0,80 | 100% | 0,80 | 18% | 0,94 |
| | ALINEAR PIEZAS (DM) | 1,49 | 100% | 1,49 | 18% | 1,75 |
| | MOVER A MESA (DM) | 0,98 | 100% | 0,98 | 18% | 1,15 |
| COLLARETE | TOMAR CUELLO DELANTERO (IZ) | 1,25 | 100% | 1,25 | 18% | 1,48 |
| | PREPARAR POSICIÓN RECUBRIDORA (DM) | 4,85 | 100% | 4,85 | 18% | 5,73 |
| | ENSAMBLAR COLLARETE SUJETANDO Y GUIANDO (DM) | 6,16 | 100% | 6,16 | 18% | 7,26 |
| | PREPARAR POSICIÓN ETIQUETA (DER) | 3,62 | 100% | 3,62 | 18% | 4,27 |
| | ENSAMBLAR COLLARETE SUJETANDO Y GUIANDO (DM) | 2,46 | 100% | 2,46 | 18% | 2,91 |
| | SUJETAR CUELLO Y CORTAR CADENA (DM) | 5,67 | 100% | 5,67 | 18% | 6,69 |
| | ALINEAR PIEZAS (DM) | 2,04 | 100% | 2,04 | 18% | 2,40 |
| | MOVER A MESA (DM) | 0,82 | 100% | 0,82 | 18% | 0,97 |
| HOMBRO 2 | TOMAR POSTERIOR (DER) | 1,34 | 100% | 1,34 | 18% | 1,58 |
| | PREPARAR POSICIÓN (DM) | 13,45 | 100% | 13,45 | 18% | 15,87 |
| | ENSAMBLAR HOMBRO 2 Y GUÍAR HOMBRO (DM) | 1,18 | 100% | 1,18 | 18% | 1,39 |
| | TOMAR UNIÓN (IZ) | 0,92 | 100% | 0,92 | 18% | 1,08 |
| | ALINEAR PIEZAS (DM) | 0,92 | 100% | 0,92 | 18% | 1,09 |
| | MOVER A MESA (DM) | 0,84 | 100% | 0,84 | 18% | 0,99 |
| MANGAS 1 Y 2 | TOMAR POSTERIOR (DER) | 1,20 | 100% | 1,20 | 18% | 1,41 |
| | PREPRAR POSICIÓN OVERLOCK POSTERIOR (DM) | 3,00 | 100% | 3,00 | 18% | 3,54 |
| | TOMAR MANGA 1 (IZ) | 1,07 | 100% | 1,07 | 18% | 1,27 |
| | PREPARAR POSICIÓN OVERLOCK MANGA 1 (DM) | 4,95 | 100% | 4,95 | 18% | 5,84 |
| | ENSAMBLAR MANGA 1 Y GUÍAR (DM) | 16,41 | 100% | 16,41 | 18% | 19,36 |
| | TOMAR UNIÓN MANGA 1 (IZ) | 1,08 | 100% | 1,08 | 18% | 1,28 |
| | PREPARAR POSICIÓN OVERLOCK POSTERIOR (DM) | 2,83 | 100% | 2,83 | 18% | 3,34 |
| | TOMAR MANGA 2 (IZ) | 1,12 | 100% | 1,12 | 18% | 1,32 |
| | PREPARAR POSICIÓN OVERLOCK MANGA 2 (DM) | 4,92 | 100% | 4,92 | 18% | 5,81 |
| | ENSAMBLAR MANGA 2 Y GUÍAR (DM) | 14,41 | 100% | 14,41 | 18% | 17,00 |
| | TOMAR UNION (IZ) | 0,98 | 100% | 0,98 | 18% | 1,16 |
| | ALINEAR PIEZAS (DM) | 1,41 | 100% | 1,41 | 18% | 1,66 |
| | MOVER A MESA (DM) | 0,98 | 100% | 0,98 | 18% | 1,15 |
| CERRAR COSTADOS 1 Y 2 | TOMAR CAMISETA (DER) | 1,19 | 100% | 1,19 | 18% | 1,40 |
| | PREPARAR POSICIÓN C-1 (DM) | 5,63 | 100% | 5,63 | 18% | 6,65 |
| | ENSAMBLAR C-1 (DM) SUJETANDO Y GUIANDO FILO | 17,95 | 100% | 17,95 | 18% | 21,18 |
| | TOMAR UNIÓN (IZQ) | 1,22 | 100% | 1,22 | 18% | 1,44 |
| | PREPARAR POSICIÓN C-2 (DM) | 5,67 | 100% | 5,67 | 18% | 6,69 |
| | ENSAMBLAR C-2 (DM) SUJETANDO Y GUIANDO FILO | 17,52 | 100% | 17,52 | 18% | 20,68 |
| | TOMAR UNIÓN (IZQ) | 0,92 | 100% | 0,92 | 18% | 1,08 |
| | ALINEAR PIEZAS (DM) | 0,75 | 100% | 0,75 | 18% | 0,88 |
| | MOVER A MESA (DM) | 0,81 | 100% | 0,81 | 18% | 0,96 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TOMAR CAMISETA (IZ) | 1,15 | 100% | 1,15 | 18% | 1,36 |
| | DOBLAR FILO DE MANGA 1 (2cm) (DM) | 4,60 | 100% | 4,60 | 18% | 5,43 |
| | PREPARAR POSICIÓN EN RECUBRIDORA MANGA 1 (DM) | 1,31 | 100% | 1,31 | 18% | 1,54 |
| | COSER MANGA 1 Y MANTENIENDO EL DOBLADO (DM) | 9,92 | 100% | 9,92 | 18% | 11,70 |
| RECUBRIR | LEVANTAR AGUJA Y TOMAR CAMISETA (DM) | 1,78 | 100% | 1,78 | 18% | 2,11 |
| MANGAS | DOBLAR FILO DE MANGA 2 (2cm) (DM) | 6,05 | 100% | 6,05 | 18% | 7,14 |
| 1 Y 2 | PREPARAR POSICIÓN EN RECUBRIDORA MANGA 2 (DM) | 1,35 | 100% | 1,35 | 18% | 1,59 |
| | COSER MANGA 2 Y MANTENIENDO EL DOBLADO (DM) | 9,48 | 100% | 9,48 | 18% | 11,18 |
| | LEVANTAR AGUJA Y TOMAR CAMISETA (DM) | 1,62 | 100% | 1,62 | 18% | 1,92 |
| | ALINEAR CAMISETA | 1,14 | 100% | 1,14 | 18% | 1,34 |
| | MOVER A MESA | 1,04 | 100% | 1,04 | 18% | 1,22 |
| | TOMAR CAMISETA Y DOBLAR FILO (2cm) (DM) | 5,57 | 100% | 5,57 | 18% | 6,58 |
| | PREPARAR POSICIÓN EN RECUBRIDORA BAJOS (DM) | 2,11 | 100% | 2,11 | 18% | 2,49 |
| RECUBRIR | COSER BAJOS Y MANTENIENDO EL DOBLADO (DM) | 16,13 | 100% | 16,13 | 18% | 19,04 |
| BAJOS | LEVANTAR AGUJA Y TOMAR CAMISETA (DM) | 1,75 | 100% | 1,75 | 18% | 2,06 |
| | ALINEAR CAMISETA (DM) | 1,29 | 100% | 1,29 | 18% | 1,52 |
| | MOVER A MESA (DM) | 1,28 | 100% | 1,28 | 18% | 1,51 |
| | TOMAR CAMISETA (DM) | 0,91 | 100% | 0,91 | 18% | 1,07 |
| ATRACAR | PREPARAR POSICIÓN CUELLO (DM) | 3,27 | 100% | 3,27 | 18% | 3,86 |
| CUELLO | ATRACAR CUELLO (DM) | 1,95 | 100% | 1,95 | 18% | 2,30 |
| | ALINEAR CAMISETA (DM) | 0,47 | 100% | 0,47 | 18% | 0,55 |
| | MOVER A MESA (DM) | 0,69 | 100% | 0,69 | 18% | 0,82 |

## Gráficos estadísticos

La Figura 7 muestra el diagrama de dispersión de la FASE 2 de la investigación, donde se puede observar la irregularidad al momento de cumplir con las operaciones, esto debido a la mala ejecución de los micro movimientos.

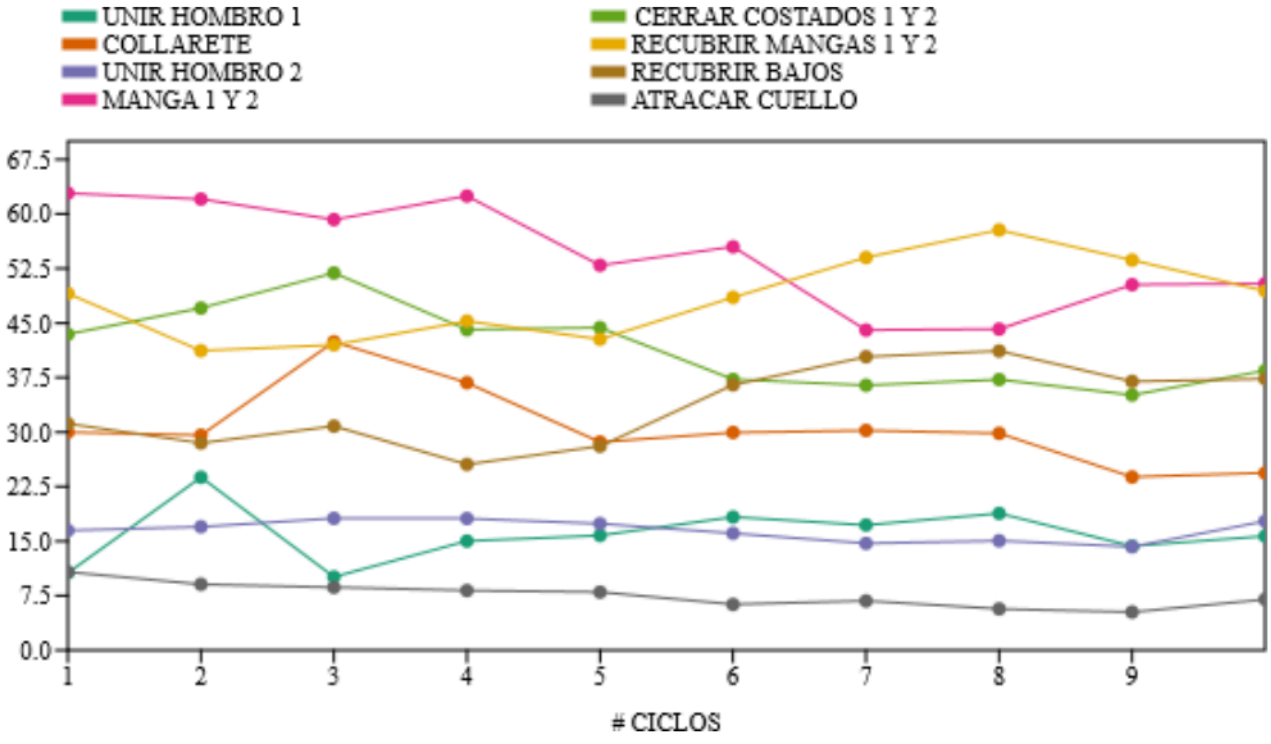



*Fig. 7. Diagrama de dispersión FASE 2*

La Figura 8 muestra el diagrama de dispersión de la FASE 3 de la investigación, donde se puede observar la mejoría en el cumplimiento de las operaciones, esto debido a la capacitación efectuada a las colaboradoras del área de producción.

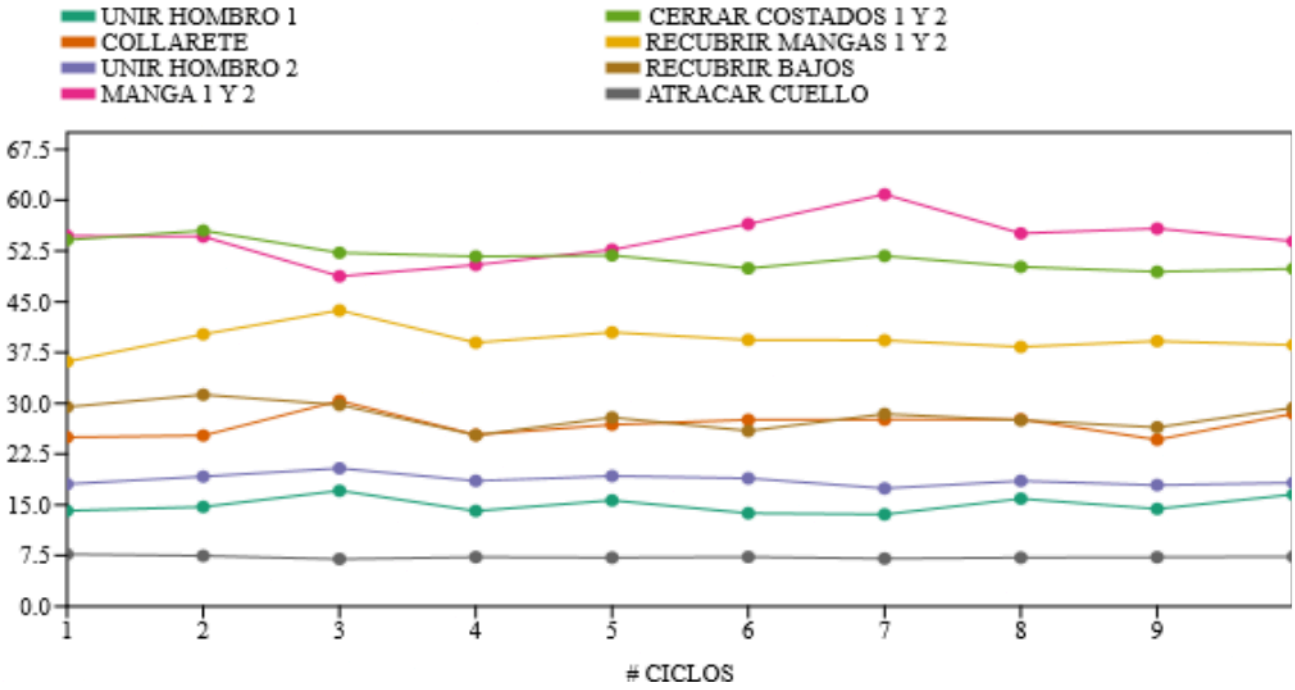



*Fig. 8. Diagrama de dispersión FASE 3*

La Figura 9 muestra la comparación de los tiempos de cada operación en todas las fases analizadas, en la cual se puede observar que, en la mayoría de las operaciones la FASE 3 logra una disminución de tiempos de cumplimientos.

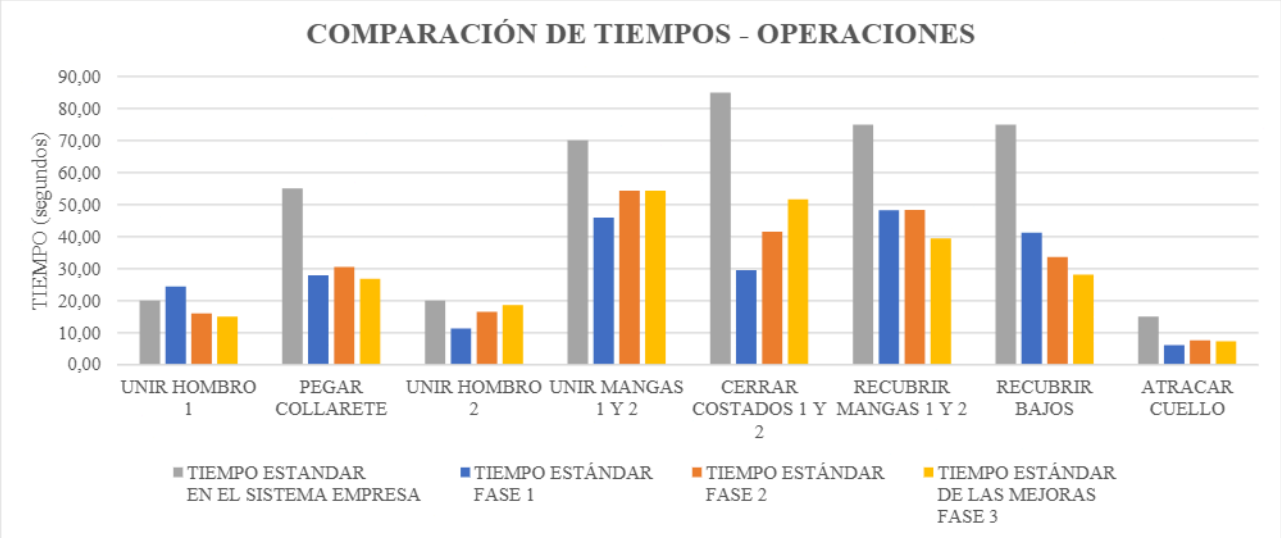



*Fig. 9. Gráfico de barras-Comparación de operaciones*

La Figura 10 indica la comparación del tiempo total, necesario para la confección de una camiseta básica sin la aplicación de valoración de ritmo y porcentaje de suplemento.

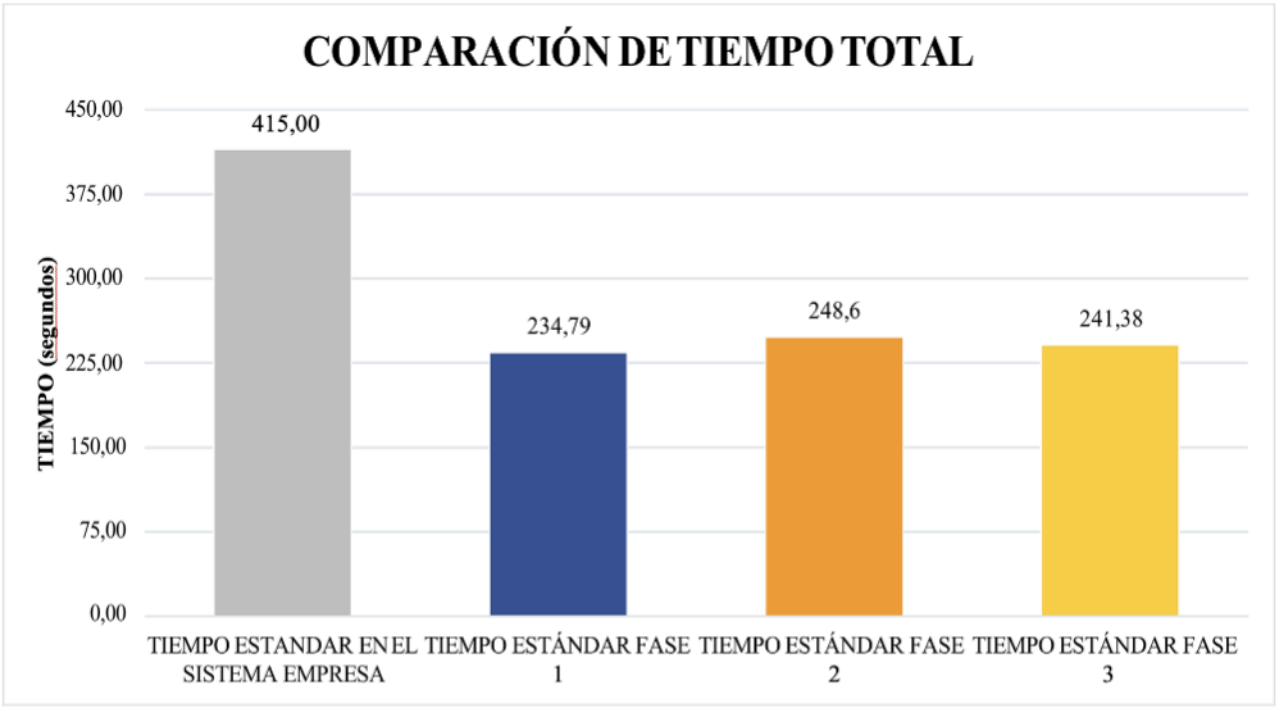



*Fig. 10. Gráfico de barras- Comparación de tiempo total*

## CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación permitió definir los micro movimientos que las operarias ejecutan para la manufactura de camisetas básicas, con la finalidad de estandarizar el proceso, desglosando las actividades en tres fases. En la FASE 1 se estableció el tiempo total de confección de las camisetas (234,79 segundos = 3,91 minutos = 0,0625 horas) permitió determinar el número de ciclos; la FASE 2 implica una revisión meticulosa de los micro movimientos que presentaron variaciones superiores al 100%, demostrando que el proceso presenta problemas de disposición y ejecución; la FASE 3 fue la socialización de la investigación, donde se ofreció la capacitación general y personalizada a las colaboradoras que supieron captar la idea de mejora y estandarización del proceso, dando como resultado final, micro movimientos ejecutados con mayor fluidez que se vieron reflejados en la toma de tiempo con coeficientes de variación menores al 30%.

La base de datos se obtuvo a partir del análisis de la FASE 3, donde no se eliminó ningún micro movimiento, sino que, se dispuso de todos los factores del puesto de trabajo para que la actividad laboral sea lo más ágil posible, con la finalidad de evitar retrasos de producción y que el trabajador sienta agotamiento físico. La mencionada base de datos hace uso del tiempo promedio observado de los 10 ciclos estudiados por cada micro movimiento y para su construcción se estableció un valor de ritmo de trabajo igual al 100%. Finalmente, el porcentaje de suplemento para este caso fue del 18%, según las directrices de la OIT.

La FASE 2 de la investigación presentó inconvenientes en vista de que, los micro movimientos por cada operación no estaban estandarizados; a partir de esta deducción, para dar inicio con la FASE 3, se ofreció una capacitación general y personalizada a las operarias para darles a conocer cómo pueden optimizar su trabajo. La estandarización de proceso supuso una mejoría del método de trabajo, puesto que, en la FASE 2 el coeficiente de variación del tiempo total de confección era de 3,6% y en la FASE 3 se redujo al 2,2% y, asimismo, una reducción del SAM de 293,35 a 284, 83 segundos.

## Agradecimientos

Se extiende un sincero agradecimiento a la empresa textil XIOMAC, en especial al Departamento de Confección, personal administrativo y productivo que colaboraron en este proyecto y a los docentes de la Universidad Técnica del Norte, a quienes va dirigido este estudio.

## Referencias

1. R. Alvarado and A. Vieyra, "La subcontratación de las grandes empresas de la confección en la zona metropolitana de la Ciudad de México," Probl. del Desarro. Rev. Latinoam. Econ., vol. 33, no. 130, oct. 2002, doi: 10.22201/IIEC.20078951E.2002.130.7445.

2. W. A. S. Castro, O. D. Castrillón, and J. A. Giraldo, "Prioridades competitivas para la industria de la confección. Estudio de Caso," Cuad. Adm., vol. 24, no. 43, pp. 89–110, 2011.

3. E. técnico de CIDEP, "Corte y Confección," no. C, p. 60, 2012.

4. J. López, E. Alarcón, and M. Rocha, Estudio del trabajo. Una nueva visión. 2014.

5. R. García Criollo, "Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo,"Ingeniería de métodos y medición del trabajo, vol. 2a Edición, no. Mexico. p. 459, 2005.

6. A. López, D. García, and P. Gomez, "Costuras y Puntadas.pdf." pp. 1–28, 2013.

7. M. Grijalva, "Implementación de un análisis SAM (minuto estándar permitido) a los procesos de producción en una pequeña industria de confecciones CONFORTEX," p. 163, 2017.

8. H. Karhatsu et al., "Estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de piso de granito en la fábrica casa blanca s.a.," Univ. San Carlos Guatemala, vol. 20, no. 1, pp. 1–521, 2014, [Online]. Available: https://institutoi4.net/wp- content/uploads/2017/07/LIBRO-CALIDAD-I.pdf%0Ahttp://www.gandhi.com.mx/ingenieria-industrial-metodos-estandares-y-diseño-de-trabajo%0Ahttp://marefateadyan.nashriyat.ir/node/150.

9. OIT, "Estudios Del Trabajo OIT," 2015. https://fdocuments.ec/document/1-estudios-del-trabajo-oit-texto.html (accessed Apr. 24, 2022).

10. B. Salazar López, "Suplementos del Estudio de tiempos» Medición del trabajo," Ingeniería Industrial online, Jun. 28, 2019. https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/suplementos-del- estudio-de-tiempos/ (accessed May 09, 2022).

11. B. Salazar López, "Valoración del ritmo de trabajo» Ingenieria Industrial Online,"Ingeniería Industrial online, Jun. 26, 2019. https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/valoracion-del-ritmo-de-trabajo/ (accessed May 09, 2022).

12. B. Salazar López, "Cronometraje del trabajo» Ingenieria Industrial Online," Ingeniería Industrial online, Jun. 26, 2019. https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/cronometraje-del-trabajo/ (accessed May 09, 2022).

13. A. Ponce Vera, "Cápsulas didácticas de los Principios de Economía de Movimientos," pp. 1–43, 2018.

14. M. Párraga, "Estudio Del Trabajo," Ind. data, vol. 1, no. 6, pp. 95–98, 2003.

15. B. Salazar López, "Estudio de movimientos | Ingenieria Industrial Online," Ingeniería Industrial online, 2019. https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/estudio-de-movimientos/ (accessed Sep. 03, 2021).

16. E. Bustamante, "Principios de la Economía de Movimientos," 2018. https://docplayer.es/59303261-4-4-1-principios-de-la-economia-de-movimientos.html (accessed May 07, 2022).

17. G. Maps, "UBICACION EMPRESA.pdf," Ibarra, 2022. [Online]. Available: https://g.page/XIOMAC?share.

18. G. Kanawaty, "Introduccion Al Estudio Del Trabajo - Kanawatypdf." p. 521, 1996, [Online]. Available: https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf.

19. B. Niebel and A. Freivals, "Ingeniería Industrial Métodos Estándares Diseño del Trabajo," 2009, [Online]. Available: https://anyflip.com/kjptl/oypy/basic.

VOL. 5 Nº1 - 2023

IBARRA - ECUADOR | Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Innovation & Development in Engineering and Applied Science
IDEAS

# Noise Pollution Control using Internet of Things (IoT) solutions

http://doi.org/110.53358/ideas.v5i1.902

**Fausto Salazar-Fierro[1-2], Cesar Luza[1], Marco Revelo[1-3], Jorge Castañeda[1].**
[1]Universidad Nacional Mayor de San Marcos,Lima-Perú; [2]Universidad Técnica del Norte,Ibarra-Ecuador; [3]Instituto Superior Tecnológico Ibarra
*(fausto.salazar, cluzam, marco.revelo, jorge.castaneda9)@unmsm.edu.pe,fasalazar@utn.edu.ec; marcodavidre-velo@itsi.edu.ec*

Fecha de envío, mayo 15/2023 - Fecha de aceptación, Junio 21/2023 - Fecha de publicación, Julio 10/2023

**Abstract**.

At present, noise is one of the main environmental pollutants that even government agencies are paying attention to find solutions for its control. Noise pollution traditional methods are based on expensive electronic de-vices—limited to constant monitoring in real-time. In recent years, (IoT), and the Internet of Things diverse strategies have been proposed to tackle this issue by offering low-cost sensors, capturing and storing real-time data for better decision-making processes. This article presents the results from an exploratory literature revision regarding Noise Pollution solution pro-posals based on IoT. in 17 articles indexed in a high-impact database with four research questions about the proposed layers, cover for the control of environmental noise, technological elements, and current limitations and gaps in the problem of environmental noise, defining an OiT system of four layers to define the functionalities of monitoring and analysis of noise lev-els, the review process established stages such as the identification of criti-cal terms, location of literature, evaluating and selecting literature, organiz-ing and finally summarizing the literature review..

**Keywords:** IoT, Noise, Pollution, Environment, Urban

**Resumen.** En la actualidad, el ruido es uno de los principales contaminantes ambientales al que incluso los organismos gubernamentales prestan atención para encontrar soluciones para su control. Los métodos tradicionales de control de la contaminación acústica se basan en costosos dispositivos electrónicos limitados a la monitorización constante en tiempo real. En los últimos años, (IoT), y el Internet de las Cosas diversas estrategias se han propuesto para hacer frente a este problema, ofreciendo sensores de bajo coste, la captura y almacenamiento de datos en tiempo real para una mejor toma de decisiones pro-cesos. Este artículo presenta los resultados de una revisión exploratoria de la literatura sobre propuestas de solución a la contaminación acústica basadas en IoT. En 17 artículos indexados en una base de datos de alto impacto con cuatro preguntas de investigación sobre las capas propuestas, cobertura para el control del ruido ambiental, elementos tecnológicos, y limitaciones y lagunas actuales en la problemática del ruido ambiental, definiendo un sistema OiT de cuatro capas para definir las funcionalidades de monitorización y análisis de los niveles de ruido, el proceso de revisión estableció etapas como la identificación de términos críticos, localización de la literatura, evaluación y selección de la literatura, organización y fi-nalmente resumen de la revisión de la literatura.

**Palabras claves:** IoT, Ruido, Contaminación, Medio Ambiente, Urbano

*Autor de correspondencia:*
*Fausto Salazar, fasalazar@utn.edu.ec*

## Introducción

Noise pollution has become one of the most environmental pollutants in cities, get-ting more and more attention from government agencies each time [1]. This issue has significantly increased due to population growth and urban development among other factors [2]. Additionally, a 60% population increase is expected by the end of 2030, which will make us face even more noise pollution challenges for governments [3].

To control noise pollution, governments worldwide are considering establishing regulations and noise pollution management. [4] which generally follow guidelines for urban noise suggested by the WHO 1999. In this regard, Peru approved the Envi-ronmental Quality Plan (EQSP) and Maximum Permissible Limits (MPL) (LMP) for the 2021-2023 period [5].

On the other hand, noise control traditional methods in urban areas are mainly used by professionals who register and analyze noise data in places of interest using a port-able sonometer; however, this method is not an answer to constant measuring since measuring devices are costly apart from having significantly accurate noise maps [6]

Diverse strategies based on the Internet of Things (IoT) have been suggested in re-cent years, offering low-cost alternatives for constant monitoring with the possibility of data storage captured in real-time, helping in decision-making processing. [7] [6][8].

With the eventual aim of becoming familiarized with recent contributions, this ar-ticle presents the results of a based IoT literature exploratory revision for noise pollu-tion, also known as sound pollution  or acoustic pollution. Such results provide updated information to the competent authorities so that pertinent actions are taken to benefit the citizens.

Additionally, the results of this revision may provide an initiative for its imple-mentation within the Digital Government Plan of the Metropolitan Municipality of Lima, which already has a Monitoring and Surveillance Sound Pollution Program within its action plan for its prevention in the Lima province (2021-2025)[9]

This document is organized in the following sections. After the introduction, basic concepts supporting this study are presented, methodology, results, and conclusions [9].

## Basic concepts

### Noise Pollution Control

Noise is defined by WHO as an unpleasant and annoying sound potentially harmful to hearing (WHO, 1999); undesirable annoying sounds harmful to people's mental health [9] composed by noise in the environment from different sources outside ven-ues or properties [9] noise emitted by automotive, train and air traffic, construction works and general outdoor noise (WHO, 1999).

In this document, authors assume that pollution noise control requires surveillance which is the set of actions leading to the evaluation and monitoring of noise pollu-tion levels to verify environmental regulations compliance and identify pollution sound sources to establish prevention and control measures.

Noise levels are noise limit values that should be controlled in order to protect human health. Such values are expressed in LAeqT—continuous equivalent sound pressure levels with A adjusted weighting factor so that only the most harmful for the human ear frequencies are preserved, measuring sound levels of pressure in decibels.[9]. Table 1 shows noise levels allowed in Peru.

**Table 1.**

*Noise Environmental Quality National Standards*

| Implementation | Values in LAeqT | |
|---|---|---|
| | Daytime schedule | Night hours |
| Special protection area | 50 | 40 |
| Residential area | 60 | 50 |
| Commercial area | 70 | 60 |
| Industrial area | 80 | 70 |

*Source: SINIA https://sinia.minam.gob.pe/normas/estandares-calidad-ambiental*

Sonometer is an instrument used for measuring sound pressure levels with domain weighting in the frequency and mean standardized exponential time-weighting accord-ing to IEC 61672 Standards –all its parts or substitute parts.[9].

## The Internet of Things

IoT is an idea of connecting physical objects to the Internet, playing a notable role in improving the quality of a lot of domains [10], [11]. There is a special interest in the IoT application in the urban scope since it facilitates the adequate use of public re-sources, improving the quality of services to citizens and minimizing public admin-istration operative costs[12].

Diversity in IoT architecture diversity starts with the most basic of three tiers: Per-ception, Network, and Application. A layer of perception is physical in which envi-ronmental capturing data sensors are found. Next, the Network layer connects devices to servers within a network also used to transmit and process data. In contrast, the Application layer defines applications where IoT may be deployed, i.e., houses and intelligent cities [13].

In this work, the 4-layer architecture (Figure 1) is used by [14] to describe the func-tionalities of the IoT monitoring and noise level analysis system proposal. Layers: Capture, Storing, Analysis, and Visualization. The capture layer through a sensor device captures noise levels deployed in a device screen sent by a storing layer proto-col.

In the storage layer, data is captured through an asynchronous connection per-formed from the device direction and sending characteristic code so that as data is captured, it is categorized in line with noise levels ranked and stored in a non-relational database through an appropriate ID for each capture session.

In the visualization layer, categorized data are presented through a real-time graph-ic. At the same time is possible to perform an inquiry over stored data in each capture session. As per the analysis layer, it is possible to create unsupervised learning mod-els whose results are presented in the visualization layer.

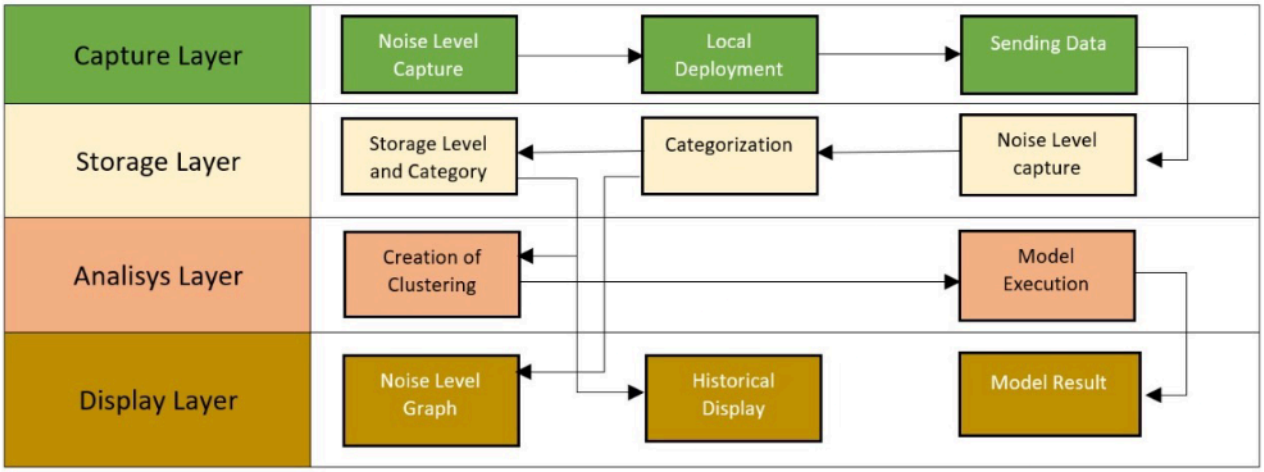



*Figure 1. IoT System Layers*

For data capturing, all IoT applications need to have one of more environmental data-gathering sensors. Sensors are essential components of intelligent objects. Simi-larly, one of the most important aspects of The Internet of Things is context aware-ness, which is impossible without sensor technology. Also, IoT is usually small, low-cost, low-energy consumption limited by battery capacity and deployment ease factors [13].

## Research Methodology

- Literature exploratory revision may provide answers to the following:
- Q1: What are solution implementation proposals for noise pollution based on IoT noise con-trol?
- Q2: Which layers are covered in the planning of IoT-based noise pollution solutions?
- Q3: What technological elements have been used in planning IoT-based noise pollution solu-tions?
- Q4: What are the limitations or gaps in recent research regarding the study problems?

The revision process was performed under the following stages: (1) Identifying key terms, (2) locating topic literature, (3) literature evaluating and selection, (4) literature organizing (5) summarizing of literature revision [15].

- Key terms identified: “noise pollution,” “noise pollution,” “internet of things,” and IoT.
- For literature location, Google Scholar was used.
- Literature selection was based on the following criteria: Only journal articles and conferences, supporting only articles and articles published in the last six years. The revision or state-of-the-art articles were excluded resulting in 28 potential articles analyzed by content, excluding those without any envi-ronmental noise IoT contribution. A total of 18 articles for detailed reading were selected (Table 2).
- Finally, an analysis of each selected article is carried out

**Table 2.**

*Selected articles*

| No. | Author (s) | Year | Title | Journal /Conference |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Jakob Abeßer<br>Robert Gr¨afe<br>Christian K¨uhn,<br>Tobias Clauß,<br>Hanna Lukashevich | 2018 | A distributed sensor network for monitoring noise levels and noise sources in urban environments.[16] | IEEE 6th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud) |
| 2 | Abdulaziz Almehmadi | 2018 | Smart City Architecture for Noise Pollution Mitigation through the Internet of Things. [3] | IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security |
| 3 | Maja Anachkova,<br>Simona Domazetovska,<br>Zlatko Petreski,<br>Viktor Gavriloski | 2021 | Design of low-cost wireless noise monitoring sensor unit. [6] | Journal of vibroengineering |
| 4 | Nureize Arbaiya,<br>Syahir Ajwad Sapuana,<br>Muhammad Shukri Che Laha,<br>Mohamad Haris Haikal Othmana,<br>Pei-Chun Linb | 2019 | The Construction Site Ambient Noise Monitoring System with the Internet of Things (IoT). [7] | Comput. Res. Prog. Appl. Sci. Eng. CRPASE |
| 5 | Jorge Granda Cantuña,<br>Santiago Solorzano,<br>Jean-Michel Clairand | 2017 | Noise Pollution Measurement System Using Wireless Sensor Network and BAN Sensors. [8] | Fourth International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG) |
| 6 | Gabriel E. Chanchí<br>Manuel A. Ospina<br>Manuel Saba | 2020 | Sistema IoT para la monitorización y análisis de niveles de ruido. [14] | Espacios |
| 7 | D.A. Janeera,<br>H. Poovizhi,<br>S.S. Sheik Haseena,<br>S. Nivetha | 2021 | Smart Embedded Framework using Arduino and IoT for Real-Time Noise and Air Pollution Monitoring and Alert system. [2] | Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS-2021) |
| 8 | P. Maijala<br>Z. Shuyang<br>T. Heittola<br>T. Virtanen | 2018 | Environmental noise monitoring using source classification in sensors. [17] | Applied Acoustics |
| 9 | Gonçalo Marques,<br>Rui Parma | 2020 | A real-time noise monitoring system based on the Internet of Things for enhanced acoustic comfort and occupational health. [18] | IEEE Access |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 10 | C. Peckens<br>C. Porter<br>T. Rink | 2018 | Wireless sensor networks for long-term monitoring of urban noise. [19] | Sensors |
| 11 | Harold Adrián Peña,<br>Gabriel Elías Chanchí,<br>Wilmar Yesid Campo | 2020 | Sistema IoT para la monitorización de niveles de ruido en zonas aledañas al aeropuerto de Cartagena de Indias. [20] | RISTI |
| 12 | M. Quintana-Suárez<br>D. Sánchez-Rodríguez<br>I. Alonso-González<br>J. Alonso-Hernández | 2017 | A low-cost wireless acoustic sensor for ambient assisted living systems. [21] | Applied Sciences |
| 13 | Vladimir Risojevic,<br>Robert Rozman,<br>Ratko Pilipovic,<br>Rok Cesnovar,<br>Patricio Bulic | 2018 | Accurate indoor sound level measurement on a low-power and low-cost wireless sensor node. [22] | Sensors |
| 14 | J. Segura<br>J. Pérez<br>M. Cobos<br>E. Navarro<br>S. Felici<br>A. Soriano<br>F. Montes | 2016 | Spatial Statistical Analysis of Urban Noise Data from WASN Gathered by an IoT System: Application to a Small City. [23] | Applied Sciences |
| 15 | S. Soniya<br>A. Sindhu<br>G. Manasa<br>D. Mohan | 2020 | IoT-Based Air and Noise Pollution Monitoring System in Urban and Rural Areas. [24] | International Journal of Research in Engineering, Science, and Management |
| 16 | Xueqi Zhang,<br>Meng Zhao,<br>Rencai Dong | 2020 | Time-Series Prediction of Environmental Noise for Urban IoT Based on Long Short-Term Memory Recurrent Neural Network. [1] | Applied Sciences |
| 17 | Qiuling Zheng | 2017 | Design and Application of Residential Area Noise Monitoring Based on Wireless Sensor. [25] | International Journal of Online Engineering |

*Source: Own research*

## Results

### Proposals

Table 3 describes IoT proposals for environmental noise control, summarized in the following categories: Environmental Noise Monitoring Systems, Wireless sensor, and Deployment Optimization Algorithms.

**Table 3**

*Environmental Noise Control Proposals*

| Proposals | Autor (s) | Objective |
|---|---|---|
| Environmental Noise Monitoring systems | [3][20][2] | Urban areas noise measuring |
| | [7][18][20][24] | Noise measurement in construction areas and interior areas near airports and vehicles |
| | [8][16][17][23][1] | Noise measurement—health effects, emission sources, Measurement and prediction— affected areas |
| Wireless Sensor | [21][22] | Noise measurement—Assisted Living Ambience (AAL)—Interior |
| | [6][19] | Urban areas noise measurement |
| Deployment Optimization Algorithm | [25] | N/A |

*Source: Own research*

Suggested proposals by government organizations based on standard regulations: [16] StadtLarm—Germany standard research project; [19] Based on Board 49/2002 –European Union[23] also based on Board 49/2002—European Union and 37/2006 Spain Lawv[24] India regulations [1] Noise Environmental Pollution Prevention Law—China.

### Covered Layers—IoT Proposals

In order to determine covered layers in IoT solutions, classified articles in the Envi-ronmental Noise Monitoring Systems category were considered. Table 4 details layers covered by IoT proposals for environmental noise control---summarized in the follow-ing layers: Capture, Storage, Analysis, and Visualization.

**Table 4**

*Covered layers in IoT proposals for environmental noise*

| Layer | Author (s) |
|---|---|
| Capture | [16][3][14][2][7][18][20][24][8][17][23][1] |
| Storage | [8][16][23][1] |
| Analysis | [6][19] |
| Visualization | [16][3][7][14][2][17][18][20][1] |

*Source: Own research*

## Technological elements used in IoT proposals

In Table 5, the solution relation in IoT proposals for environmental noise control

**Table 5.**

*Covered layers in IoT proposals for environmental noise*

| No. | Author (s) | Capturing | Storage | Analysis | Visualization |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [16] | Raspberry Pi 3 (CM3) + 1 GB de RAM y 1,5 GB de flash MEMS microphone | Central Server | Classification Model - Hybrid Deep Neural Network | Web map using interactive map based on an open-source framework (https://mapbender3.org/) |
| 2 | [3] | SOC (System on Chip) uses Windows 10 IoT core, GPS Shield, Adafruit Ultimate GPS HAT for Raspberry Pi with an antenna, a sound sensor Microphone amplifier Adafruit Electret - MAX4466 adjustable gain and GSM module | Three servers: (1) Storage server, (2) analytical server, and (3) web server | Support Vector Machine Support classifiers (SVM) y Random Forest | Portal Visualization Web Interface |
| 3 | [7] | Raspberry Pi 3 B+ 8gb memory Raspbian.OS | window remote desktop MySQL | | Information Summary Interface noise data analysis Interfaz management—data registry Data Report |
| 4 | [8] | Arduino Pro Mini. Main board: Proteus software . | GUI Visual Studio, C# y SQL. 3-Layer architecture **(No IoT)** | | |
| 5 | [14] | Commercial Sonometer UT353BT | Framework jsondb -non-relational database | Vector support Classifiers Machine (SVM) y K-Means | Web visualization Interface (portal) |
| 6 | [2] | Arduino Uno processor is used in the proposed noise and air pollution monitoring system with IoT. Port 9600 is used for providing a 5V DC power supply to the Arduino board. | Data is gathered from entirely different devices that serve to transmit to an online server mechanically. | | Pollution reduction over a 12-month period |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | [17] | Raspberry Pi Foundation the audio codec 24 bits Microphone | a single purpose and interest. Further, this information is | | Visualization Web Interface (portal) |
| 8 | [18] | iSoundMobile, Sensor POW-1644P-B-R, Micro-controller FRDM-KL25Z y Rasberry PI | SQL SERVER database using web services | | Portal Web using ASP.NET C#. Data consulting: graphical and numerical |
| 9 | [20] | ESP-32 Card Sensor reading Noise level conversion | Python Framework Flask non-relational database | Supervised learning (clustering), Statistics production | Level noise-real-time visualization Data visualization by section Model Results |
| 10 | [23] | The used nodes in the network are based on Raspberry Pi B (RPi) platform. This platform is based on Broadcom BCM2835 System-on-Chip (SoC) | Using previously digital recorded audio files of road traffic in one of the locations, the mean and standard deviation of the LeqA,10s during a 10 min period Have analyzed. | | The 78 locations are divided into two sets in order to check the validity of the proposed models: A modeling set, composed of 68 locations and a validation set has 10 locations. |
| 11 | [24] | MQ 135 Noise sensor LM393 Arduino UNO RFID GSM/GPRS | Android application SMS Cloud Message service | | Sampling valid through a LED through card |
| 12 | [1] | Level sound measure HS5633TW IP-Link2220H Zigbee wireless protocol. | Local server | Red Deep Learning LSTM | Local Web system network |

*Source: Own research*

## Conclusions

This research has reviewed a proposal for IoT-based technology solutions for envi-ronmental noise control, categorizing environmental noise monitoring system solu-tions, wireless sensors, and deployment optimization. Additionally, environmental noise monitoring systems solutions were considered to determine covered layers and elements used in IoT systems solutions.

Search results let countries like China become known for planning solutions gener-ated from government regulations such as the Noise Environmental Pollution Preven-tion Law.

A significant limitation in these kinds of work is the IoT solution approach, in-cluding citizen awareness of environmental noise control.

## Future work

Considering the Digital Government Plan from the Metropolitan Municipality of Lima—Sound Pollution Monitoring and Surveillance Program (OVMCS) within their Action Plan for the prevention and control of sound pollution in the Lima prov-ince 2021-2025 (Lima Municipality, 2021), it is necessary to approach an IoT for environmental noise purposes that includes a feature allowing citizens to measure levels of environmental noise through a mobile device from a certain location.

## References

1. X. Zhang, M. Zhao, and R. Dong, "Time-series prediction of environmental noise for urban iot based on long short-term memory recurrent neural network," Appl. Sci., vol. 10, no. 3, 2020, doi: 10.3390/app10031144.

2. D. A. Janeera., H. Poovizhi., S. S. Sheik Haseena, and S. Nivetha, "Smart Embedded Framework using Arduino and IoT for Real-Time Noise and Air Pollution Monitoring and Alert system," Proc. - Int. Conf. Artif. Intell. Smart Syst. ICAIS 2021, pp. 1416–1420, 2021, doi: 10.1109/ICAIS50930.2021.9396041.

3. A. Almehmadi, "Smart City Architecture for Noise Pollution Mitigation through the Internet of Things," IJCSNS Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur., vol. 18, no. 7, p. 128, 2018.

4. H. G. Gamero Motta, "Comparación de los niveles de ruido, normativa y gestión de ruido ambiental en Lima y Callao respecto a otras ciudades de Latinoamérica," Rev. Kawsaypacha Soc. y medio Ambient., no. 5, pp. 107–142, 2020, doi: 10.18800/kawsaypacha.202001.004.

5. PCM, "Decreto Supremo que aprueba el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el periodo 2021-2023 - Decreto Supremo N° 020-2021-MINAM," El Peru., pp. 50–52, 2021, [Online]. Available: https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-plan-de-estandares-de-calidad-decreto-supremo-n-020-2021-minam-1976265-8/

6. M. Anachkova, S. Domazetovska, Z. Petreski, and V. Gavriloski, "Design of low-cost wireless noise monitoring sensor unit based on IoT concept," J. Vibroengineering, vol. 23, no. 4, pp. 1056–1064, 2021, doi: 10.21595/jve.2021.21709.

7. N. Arbaiy et al., "The Construction Site Ambient Noise Monitoring System with Internet of Things (IoT)," Comput. Res. Prog. Appl. Sci. Eng. CRPASE, vol. 05, no. 04, pp. 118–121, 2019.

8. J. Granda Cantuña, S. Solórzano, and J. M. Clairand, "Noise Pollution Measurement System using Wireless Sensor Network and BAN sensors," 2017 4th Int. Conf. eDemocracy eGovernment, ICEDEG 2017, pp. 125–131, 2017, doi: 10.1109/ICEDEG.2017.7962522.

9. M. de Lima, "Plan De Acción Para La Prevención Y Control De La Contaminación Sonora De La Provincia De Lima," pp. 1–43, 2021.

10. A. Al-Fuqaha, M. Guizan, M. Aledhari, and M. Ayyash, "A Survey on Green Internet of Things," Internet Things A Surv. Enabling Technol. Protoc. Appl. Ala, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2018, doi: 10.1109/ICINPRO43533.2018.9096789.

11. A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of things for smart cities," IEEE Internet Things J., vol. 1, no. 1, pp. 22–32, 2014, doi: 10.1109/JIOT.2014.2306328.

12. H. Schaffers, N. Komninos, M. Pallot, B. Trousse, M. Nilsson, and A. Oliveira, "Smart cities and the future internet: Towards cooperation frameworks for open innovation," Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics), vol. 6656, no. May, pp. 431–446, 2011, doi: 10.1007/978-3-642-20898-0_31.

13. P. Sethi and S. R. Sarangi, "Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications," J. Electr. Comput. Eng., vol. 2017, 2017, doi: 10.1155/2017/9324035.

14. G. E. CHANCHI, M. A. OSPINA, and M. SABA, "Sistema IoT para la monitorización y análisis de niveles de ruido," Espacios, vol. 41, no. 50, pp. 39–50, 2020, doi: 10.48082/espacios-a20v41n50p04.

15. J. W. Creswell and T. C. Guetterman, "(9) (PDF) Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research, 6th Edition." https://www.researchgate.net/publication/324451568_Educational_Research_Planning_Conducting_and_Evaluating_Quantitative_and_Qualitative_Research_6th_Edition (accessed Aug. 07, 2022).

16. J. Abeber et al., "A Distributed Sensor Network for Monitoring Noise Level and Noise Sources in Urban Environments," Proc. - 2018 IEEE 6th Int. Conf. Futur. Internet Things Cloud, FiCloud 2018, no. August, pp. 318–324, 2018, doi: 10.1109/FiCloud.2018.00053.

17. P. Maijala, Z. Shuyang, T. Heittola, and T. Virtanen, "Environmental noise monitoring using source classification in sensors," Appl. Acoust., vol. 129, pp. 258–267, 2018, doi: 10.1016/j.apacoust.2017.08.006.

18. G. Marques and R. Pitarma, "Noise monitoring for enhanced living environments based on internet of things," Adv. Intell. Syst. Comput., vol. 932, pp. 45–54, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-16187-3_5.

19. C. Peckens, C. Porter, and T. Rink, "Wireless sensor networks for long-term monitoring of urban noise," Sensors (Switzerland), vol. 18, no. 9, 2018, doi: 10.3390/s18093161.

20. R. Harold Adrián Peña, G. Gabriel Elías Chanchí, and M. Wilmar Yesid Campo, "Iot system for monitoring noise levels in areas near cartagena de indias airport | Sistema iot para la monitorización de niveles de ruido en zonas aledañas al aeropuerto de cartagena de indias," RISTI - Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf., vol. 2021, no. E42, pp. 247–261, 2021.

21. M. A. Quintana-Suárez, D. Sánchez-Rodríguez, I. Alonso-González, and J. B. Alonso-Hernández, "A low cost wireless acoustic sensor for ambient assisted living systems," Appl. Sci., vol. 7, no. 9, pp. 1–15, 2017, doi: 10.3390/app7090877.

22. V. Risojević, R. Rozman, R. Pilipović, R. Češnovar, and P. Bulić, "Accurate indoor sound level measurement on a low-power and low-cost wireless sensor node," Sensors (Switzerland), vol. 18, no. 7, 2018, doi: 10.3390/s18072351.

23. J. Segura Garcia et al., "Spatial statistical analysis of urban noise data from a WASN gathered by an IoT system: Application to a small city," Appl. Sci., vol. 6, no. 12, 2016, doi: 10.3390/app6120380.

24. S. Soniya, A. R. Sindhu, G. S. Manasa, and D. N. Mohan, "IoT Based Air and Noise Pollution Monitoring System in Urban and Rural Areas," no. 1, pp. 444–446, 2020.

25. Q. Zheng, "Design and application of residential area noise monitoring based on wireless sensor," Int. J. Online Eng., vol. 13, no. 7, pp. 14–24, 2017, doi: 10.3991/ijoe.v13i07.7276.

EDITORIAL UTN
IBARRA - ECUADOR

UTN
IBARRA - ECUADOR
Vive
sueña
construye