

FONDO EDITORIAL

CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



UNIVERSIDAD  
DE LIMA

# CONSTRUYENDO UN MUNDO INTELIGENTE PARA LA SOSTENIBILIDAD

ACTAS DEL III CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



*Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas*

---

Construyendo un mundo inteligente para la sostenibilidad  
Actas del III Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas



---

FONDO EDITORIAL

CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

---



UNIVERSIDAD  
DE LIMA

# **CONSTRUYENDO UN MUNDO INTELIGENTE PARA LA SOSTENIBILIDAD**

ACTAS DEL III CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

*Construyendo un mundo inteligente para la sostenibilidad. Actas del III Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas / prólogo, María del Carmen Sacasa. Primera edición digital. Lima: Universidad de Lima, Fondo Editorial, 2021.*

241 páginas: ilustraciones, gráficos, diagramas.

Texto en inglés y español.

Conferencias magistrales y ponencias del III Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas (CIIS), denominado “Construyendo un mundo inteligente para la sostenibilidad”, el cual se realizó del 17 al 20 de noviembre del 2020.

Incluye referencias. Pósteres: páginas 226-231.

Ingeniería de sistemas -- Congresos. 2. Desarrollo sostenible -- Congresos. 3. COVID-19 -- Congresos. 4. Seguridad informática -- Congresos. I. Sacasa, María del Carmen, prólogo. II. Universidad de Lima. Fondo Editorial. III. Actas del I Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas (3 ° : 2020: Lima, Perú).

005.1

C

3

ISBN 978-9972-45-563-6

*Construyendo un mundo inteligente para la sostenibilidad. Actas del III Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas*

Primera edición digital: julio, 2021

© De esta edición:

Universidad de Lima

Fondo Editorial

Av. Javier Prado Este 4600,

Urb. Fundo Monterrico Chico, Lima 33

Apartado postal 852, Lima 100, Perú

Teléfono: 437-6767, anexo 30131

fondoeditorial@ulima.edu.pe

www.ulima.edu.pe

Diseño, edición y carátula: Fondo Editorial de la Universidad de Lima

Imagen de carátula: Shutterstock.com

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro, por cualquier medio, sin permiso expreso del Fondo Editorial.

ISBN 978-9972-45-563-6

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.º 2021-08339

## **PROGRAM COMMITTEE / COMITÉ ACADÉMICO**

- Juan Gutiérrez
- Manuela Linares
- Andrea Matuk
- Nadia Rodríguez

## **ORGANIZING COMMITTEE / COMITÉ ORGANIZADOR**

- Emma Barreno Vereau
- José Caballero Ortiz
- Daniel Cárdenas Salas
- Juan Gutiérrez Cárdenas
- Rosario Guzmán Jiménez
- Jazmín Malpartida Sánchez
- Andrea Matuk Chijner
- Hernán Quintana Cruz
- Pablo Rojas Jaen
- Marco Antonio Sotelo Monge
- Carlos Torres Paredes



# Índice

PRÓLOGO	
Innovación en la década de los objetivos de desarrollo sostenible <i>María del Carmen Sacasa</i>	13
CONFERENCIAS MAGISTRALES	
Understanding College Students' Phone Call Behaviors Towards a Sustainable Mobile Health and Well-Being Solution <i>Yugyeong Kim</i> <i>Sudip Vhaduri</i> <i>Christian Poellabauer</i>	17
Criterios para la configuración de plataformas de inteligencia aumentada para el mejoramiento de la sostenibilidad de cultivos agrícolas <i>Alejandro Peña-Palacio</i>	25
Rebuilding a Smart and Sustainable Human Society for the World <i>Renaud Richard</i>	41
Tecnología como impulsora del desarrollo sostenible: una mirada desde la investigación <i>Alfredo Estrada</i>	49
PONENCIAS	
Modelo basado en aprendizaje de máquina estadístico para la determinación de factores que influyen en el rendimiento de sistemas de gestión de bases de datos relacionales <i>José Luis Ponce-Vergara</i>	59
La seguridad de la información en la administración pública <i>Kadú Josep Altamirano-de-la-Borda</i>	77

The Mandatory Nature of Online Learning During COVID-19: A Comparative Study of the Experience of Three Universities	97
<i>Yana Goncharova</i> <i>Tatyana Savchenko</i> <i>Olga Sheveleva</i> <i>Iuliia Zubcova</i>	
Casos de éxito en la implementación del mantenimiento predictivo mediante el uso de tecnologías de la industria 4.0 en empresas colombianas	109
<i>Leidy Marcela Dueñas-Ramírez</i> <i>Gustavo Adolfo Villegas-López</i> <i>Sebastián Castiblanco-Tique</i> <i>Carlos Andrés Castaño-Restrepo</i>	
Detección del SARS-CoV-2 en radiografías de tórax por medio de descriptores intermedios y técnicas de <i>machine learning</i>	123
<i>Gonzalo Bardález-Trigoso</i> <i>Jean Pablo Bazán-Arzapalo</i> <i>Junior Fabián</i> <i>Pedro Montenegro-Montori</i>	
SumajGAN: transferencia supervisada de maquillaje facial con redes generativas adversarias profundas	137
<i>Pedro Jesús Guzmán-Ramos</i> <i>Wilfredo Mamani-Ticona</i>	
Comparación de técnicas basadas en visión computacional y <i>machine learning</i> para la detección temprana de anemia a partir del análisis de uñas	151
<i>Keico Anavela Heredia-Menor</i> <i>Wilfredo Mamani-Ticona</i>	
Minería de datos: análisis de sentimiento en Twitter basado en lexicones sobre el uso de dióxido de cloro para el tratamiento del COVID-19	165
<i>Enrique Edgardo Condor-Tinoco</i> <i>José Antonio Rojas-Cusi</i> <i>Anthony Zevallos-Rodríguez</i> <i>Carlos Yinnel Castro-Buleje</i>	
The Importance of Poverty in Sustainability Policies: An Approach to Understanding Online Opinion	183
<i>Miguel A. Del-Pino</i> <i>Arezo Bodaghi</i> <i>Pierre Watine</i> <i>Ketra Schmitt</i>	

Minería de datos en Twitter: análisis del sentimiento del desempleo en la población hispanohablante en tiempos del COVID-19	195
<i>Enrique Edgardo Condor-Tinoco</i>	
<i>Emerson Loa-Navarro</i>	
<i>Josué Alexi Huarcaya-Ccoicca</i>	
<i>Carlos Yimmel Castro-Buleje</i>	
Detection of Pathological Presence in X-Rays Based in Deep Learning Framework	213
<i>Jhonatan Camasca</i>	
<i>Marks Calderón-Niquin</i>	
<i>Wilfredo Mamani-Ticona</i>	
PÓSTERES	
Evaluación de un sistema wifi híbrido para la ubicación en interiores mediante la intensidad de la señal (RSSI) y la trilateración entre dispositivos IoT	226
<i>Piero Angello Millones-Fache</i>	
Videojuegos educativos enfocados a la enseñanza de ciberseguridad para estudiantes escolares	228
<i>Miguel Antonio Plácido-Morales</i>	
Comparación de técnicas de <i>machine learning</i> para la detección de <i>phishing</i>	230
<i>Andrés Eduardo Moncada-Vargas</i>	
DATOS DE LOS AUTORES	233



# Prólogo

## Innovación en la década de los objetivos de desarrollo sostenible

Mientras escribo estas líneas, ha transcurrido más de un año desde que se empezó a vivir la pandemia. En un período muy corto, muchos de los supuestos que dábamos por hecho en la práctica, desde la perspectiva del desarrollo sostenible, se vieron transformados. Este escenario volátil y de mucha incertidumbre no solo nos obligó a replantear la forma en la que trabajamos y colaboramos como instituciones, sino también, a nivel personal, nos ha obligado a cambiar la forma en la que interactuamos, compartimos y generamos nuevos consensos sobre la sociedad que queremos ser.

Aunque la economía peruana, según proyecciones del Banco Central de Reserva, podría ser una de las de más rápida recuperación en el 2021, estimaciones iniciales nos hablan de varios años de retroceso en el ámbito social, y particularmente en términos de pobreza y desigualdad. Lo cierto es que, incluso antes de que la pandemia azotase al mundo, se constataba que el camino hacia la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) requería redoblar esfuerzos para cumplir la promesa inscrita en la agenda 2030, de modo que nadie se quede atrás.

En esta nueva normalidad en la que se profundizan desafíos históricos para el desarrollo y emergen nuevos, como, por ejemplo, la conectividad digital como habilitadora de los derechos a la educación, a la salud, al trabajo, entre otros, la innovación debe ser una prioridad. Es decir, debe ser un enfoque transversal que permee la acción de todas las instituciones.

Es por ello que saludamos iniciativas como las del III Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas (III CIIS), liderado por la Universidad de Lima. Foros plurales como este, donde voces nacionales e internacionales pueden inspirar no solo la toma de decisión pública, sino también el desarrollo académico de cientos de estudiantes vinculados a la tecnología, la gestión de la información e innovación social, son necesarios para acelerar la recuperación económica tomando en consideración los elementos críticos para que se garantice una mejor calidad de vida para las personas, especialmente de los más vulnerables, en armonía con el planeta. Solo de esta forma podremos avanzar para enfrentar esta pandemia y futuros *shocks* exógenos.

Como podrán ver en esta memoria, el III CIIS nos presenta enfoques experimentales que nos retan a incrementar la ambición de nuestra práctica de desarrollo, con miras no solo a “volver a la normalidad”, sino a ir “más allá de la recuperación”. Por ejemplo, nos demuestran que ya es posible usar el *big data* de redes sociales para generar estimaciones aproximadas de la pobreza en tiempo real, o para conocer más sobre las disrupciones sociales producto de la paralización de la economía —y particularmente de las micro y pequeñas empresas— vinculada a las pandemias. Nos propone que las técnicas de *machine* y *deep learning* pueden ser aliadas en la detección acelerada de patógenos, incluido el virus del SARS-CoV-2. Nos demuestra que la inclusión de las técnicas de la economía 4.0 ya permite asegurar la continuidad operativa durante escenarios de crisis, incluso cuando estas suceden de manera repentina como la pandemia.

La crisis sanitaria global ha develado las falencias en las trayectorias de desarrollo del siglo XXI. Ahora que se inicia el proceso de la vacunación, empezamos a ver la luz de esperanza. Debemos reconocer que tenemos la oportunidad de repensar y reconstruir nuestros modelos de desarrollo, de tal forma que nadie se quede atrás. Esto, sin embargo, requerirá una nueva generación de alianzas, y compromisos firmes con una red de protección social más amplia y de mayor calidad, una economía verde e inclusiva, una gobernanza efectiva que incluya voces diversas de manera horizontal, y una disrupción digital que amplíe oportunidades y permita el ejercicio pleno de derechos en el territorio.

Desde el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) nos alegra ver que en la Universidad de Lima, y particularmente desde su Carrera de Ingeniería de Sistemas y el Centro de Sostenibilidad, existe el compromiso firme de liderar esa consolidación de alianzas, que movilicen la innovación, el conocimiento y los recursos necesarios para que este Perú del bicentenario sea el inicio de un futuro inclusivo, sostenible y resiliente.

*María del Carmen Sacasa*

Representante residente del PNUD Perú

**CONFERENCIAS  
MAGISTRALES**

---



# Understanding College Students' Phone Call Behaviors Towards a Sustainable Mobile Health and Well-Being Solution

Yugyeong Kim

ykim180@fordham.edu / Fordham University, NY, USA

Sudip Vhaduri

svhaduri@fordham.edu / Fordham University, NY, USA

Christian Poellabauer

cpoellab@nd.edu / University of Notre Dame, IN, USA

Recepción: 31/10/2020 Aceptación: 4/11/2020

**ABSTRACT.** During the transition from high school to on-campus college life, students leave home and start facing enormous life changes, including meeting new people, taking on more responsibilities, being away from the family, and dealing with academic challenges. These changes lead to an elevation of stress and anxiety, affecting students' health and well-being. With the help of smartphones and their rich collection of sensors, we can continuously monitor various factors that affect students' behavioral patterns, such as communication behaviors associated with their health, well-being, and academic success. In this work, we try to assess college students' communication patterns (in terms of phone call duration and frequency) that vary across various geographical contexts (e.g., dormitories, class buildings, dining halls) during different times (e.g., epochs of a day, days of a week) using visualization techniques. The findings from this work will help foster the design and delivery of smartphone-based health interventions, thus helping the students adapt to the changes in life.

**KEYWORDS:** mobile health / phone call / temporal factors / geographical factors

## Comprensión de los comportamientos de los estudiantes universitarios en materia de llamadas telefónicas para una solución sostenible de salud y bienestar móvil

RESUMEN. Durante la transición de la escuela secundaria a la vida universitaria en el campus, un estudiante deja su casa y empieza a enfrentarse a enormes cambios en su vida, como conocer gente nueva, mayores responsabilidades, estar lejos de la familia y retos académicos. Estos cambios provocan un aumento del estrés y la ansiedad, lo que afecta a la salud y el bienestar del estudiante. Con la ayuda de los *smartphones* y su enriquecida colección de sensores, podemos monitorizar continuamente varios factores que afectan a los patrones de comportamiento de los estudiantes, como las conductas de comunicación asociadas a su salud, bienestar y éxito académico. En este trabajo tratamos de evaluar los patrones de comunicación de los estudiantes universitarios (en términos de duración y frecuencia de las llamadas telefónicas) que varían a través de varios contextos geográficos (por ejemplo, dormitorios, clases, comedores) durante diferentes momentos (por ejemplo, épocas de un día, días de una semana) utilizando técnicas de visualización. Los resultados de este trabajo ayudarán a fomentar el diseño y la realización de intervenciones sanitarias basadas en los teléfonos inteligentes; de este modo, se ayudará a los estudiantes a adaptarse a los distintos cambios en sus vidas.

PALABRAS CLAVE: salud móvil / llamada telefónica / factores temporales / factores geográficos

## 1. INTRODUCTION

Due to the recent advancement of technology, smartphones have become an indispensable part of our life. With the ever-increasing sensing capabilities of smartphones, we can track different spatiotemporal factors and their effect on our various behavioral patterns, such as physical activity and communication patterns, which can be used to develop predictive models and deliver interventions (Amin et al., 2009; Vhaduri et al., 2019). Similarly, with the help of smartphones' sensing capability, we can monitor college students' daily life to find factors to improve their lives. Students leave their school friends and homes for the first time when starting on-campus college life. During this transition period, students go through a stage where they may experience extreme stress, anxieties, and depression (Montoliu et al., 2013; Bogomolov et al., 2014; Vhaduri et al., 2018d) as they face many changes, such as adapting to a new lifestyle, meeting new people, and facing academic deadlines. These changes impact their mental and physical health and academic performance (Trockel et al., 2000). Therefore, a better understanding of various temporal and geographical patterns of college students' communication behaviors can help us design and deliver different smart health interventions to ensure students' health and well-being while adapting to a new lifestyle during the transition period.

In this paper, we present our analysis of college students' communication patterns (in terms of call duration and frequency/count) during various temporal contexts (e.g., epochs of a day, days of a week) in different geographical contexts using a dataset collected from a cohort of more than 400 on-campus first-year students over three consecutive semesters. This work's primary goal is to present the insights obtained from the visualization of communication patterns that vary across different contexts. This work provides a foundation for potential future strategies that aim to improve the physical and mental well-being and academic success of students who leave their home after high school to start their on-campus undergraduate studies. Furthermore, this can be utilized to design, develop, and deploy smartphone-based health interventions to help students cope with changes and challenges that they face while transitioning between school and college.

## 2. DATASET

The NetHealth mobile crowdsensing study (Vhaduri et al., 2016, 2018c, 2017c, 2017d) began at the University of Notre Dame in 2015 with over 400 on-campus freshmen (average age of 17 years and 11 months with a standard deviation of 11 months) to investigate the impacts of "always-on connectivity" on the health habits, emotional wellness, and social ties of college students over multiple semesters. All procedures were fully approved by the IRB before distribution. Students were recruited using both e-mail and Facebook invites and were given a data collection app for their iPhones (Hossain et al., 2016). The smartphone app collected data 24 hours a day. The data collected by the smartphone app included identifiers of the device's

network connections (Wi-Fi, cellular), device state (e.g., battery charge level), screen state, geographic location, and user communications (e.g., phone calls). While some sensor data, such as Wi-Fi and cellular, are recorded at a fixed sampling frequency, other data, such as the phone call data (i.e., start time and duration), are recorded using a callback mechanism. Location data are recorded with a sampling period of 165 seconds, and they come as a series of location points. Each location point is defined as a tuple  $\{\lambda, \vartheta, T\}$  (Montoliu et al., 2013), where  $\lambda$  and  $\vartheta$  are the latitude and longitude of a location point, and  $T$  is the timestamp when the location point is recorded. While most sensor data are transmitted to a remote server during a nightly upload, other data, such as the communication data (phone calls, texts, etc.) and statistics, are transmitted via a desktop client. In this work, we used location data and phone call data that come with the time of call start, duration (measured in seconds), flags to check whether the call is answered and originated/received, and phone number on the other end.

### 3. METHODOLOGY

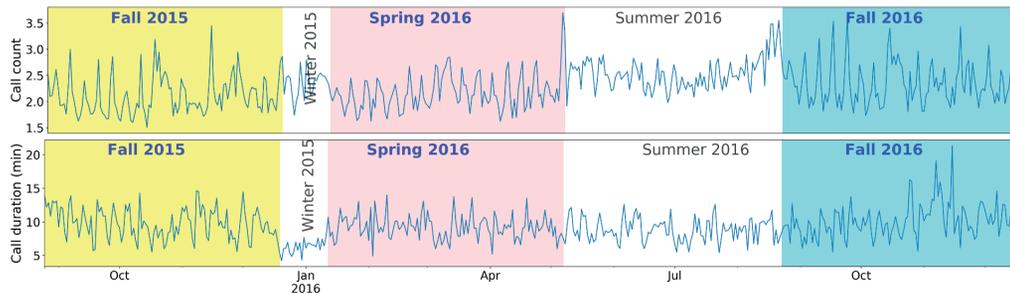


Figure 1. Time series of day-level average phone call count (top) and duration (bottom)  
Own elaboration

In this paper, we intend to demonstrate the link between phone call behaviors in various temporal and geographical contexts of a cohort of on-campus first-year students. Before we describe the detailed analysis, we will first introduce phone call-related terminologies, and then the dataset and methods used in this work.

We primarily use two communication measures, namely “call count” and “call duration” (Figure 1), to assess students’ communication behaviors. They are defined as below:

- Average call duration, i.e., call duration per person in a unit time (e.g., in a day), which is computed as:

$$D^j = \frac{\sum_{i=1}^{n^j} d_i^j}{n^j}$$

Where  $d_i^j$  is the call duration of  $i^{th}$  person in the  $j^{th}$  day,  $n^j$  is the number of active persons in the  $j^{th}$  day, and  $D^j$  is the call duration per person in the  $j^{th}$  day. Finally, the call duration per person per day is the average per person call duration obtained from all days.

- Average call count, i.e., call count per person in a unit time (e.g., in a day), which is computed as:

$$C^j = \frac{\sum_{i=1}^{n^j} c_i^j}{n^j}$$

Where  $c_i^j$  is the call count of  $i^{th}$  person in the  $j^{th}$  day,  $n^j$  is the number of active persons in the  $j^{th}$  day, and  $C^j$  is the call count per person in the  $j^{th}$  day. Finally, the call count per person per day is the average per person call count obtained from all days.

Additionally, we use different terminologies defined as below:

- Places of interest (POIs), which are the places where people either spend a significant amount of their day or frequently visit (Vhaduri et al., 2017a). For example, for an on-campus freshmen cohort, POIs can be dormitories (DM), class buildings (CL), dining halls and food courts (DI), athletic facilities (AL), as well as other indoor (OI) and outdoor (OD) places (Vhaduri et al., 2018a, 2018b).
- To better understand temporal patterns of communication behaviors, we split the entire day into four major epochs: morning (8 a. m. - 12 p. m. or 8 - 12 in 24-hour clock), afternoon (12 p. m. - 6 p. m. or 12 - 18 in 24-hour clock), evening (6 p. m. - 12 a. m. or 18 - 24 in 24-hour clock) and night (12 a. m. - 7 a. m. or 0 - 7 in 24-hour clock) epochs (Vhaduri et al., 2016, 2017a).

#### 4. RESULTS

This section presents a geo-temporal analysis using bubble charts, where the bubble placement in the y-axis shows the average call duration (in minutes) or count, and the size presents the standard deviation of the call duration or count. In Figure 2, we observe that the DMs are the dominant POIs where most students make more prolonged and frequent phone calls across the four epochs of a day, followed by outdoors. The result is very intuitive since students spend a significant part of their day in DMs.

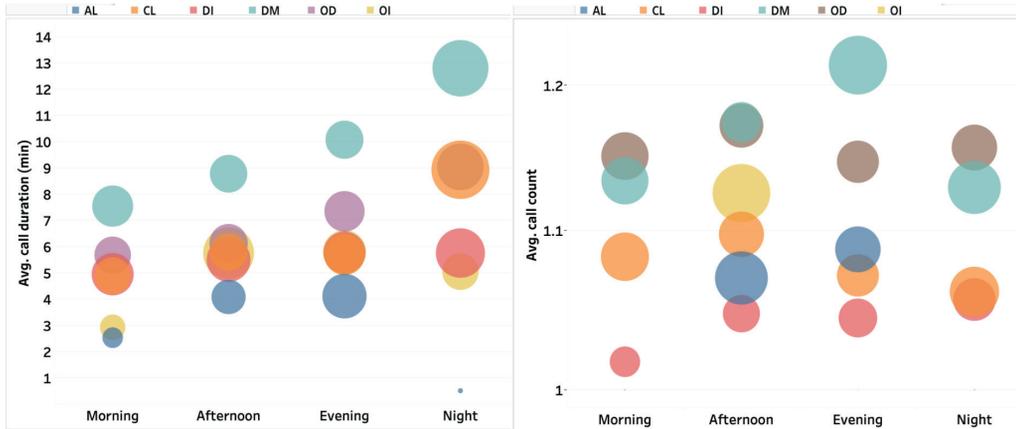


Figure 2. Bubble charts of average (a) call duration (min) (left) and (b) call count (right) across various on-campus POIs during different epochs of a day  
Own elaboration

In the evening, the second highest call duration comes from outdoor POIs (ODs). We observe that, during the night, the average call duration becomes maximum. The ODs are always the second dominant group in terms of average call duration and count, and we observe a steady pattern across all epochs. In Figure 2, we observe that evening epochs at DMs achieve the highest average call count. In the figure, we further observe that students make shorter and more frequent calls in the evenings while making longer and less regular calls at nights, particularly in DMs. Additionally, the standard deviation is higher at night, which shows that call duration varies significantly across individuals during this epoch.

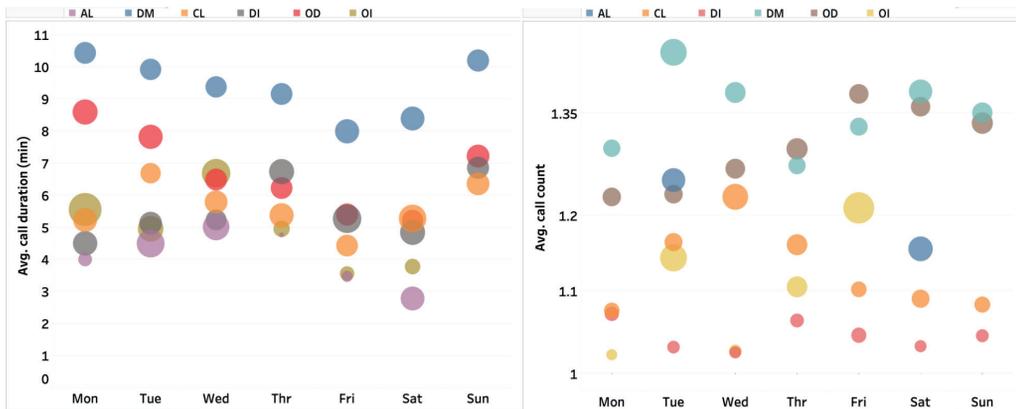


Figure 3. Bubble charts of average (a) call duration (min) (left) and (b) call count (right) across various on-campus POIs during different days of a week  
Own elaboration

In Figure 3, we find that DMs are the dominating POIs for both call duration and count across the seven days of a week. In the figure, we observe that the average call duration at DMs is significantly higher than at any other POIs. ODs are the next dominating POI in terms of average call duration. Call duration in athletic POIs (ALs) is extremely low across all days of a week with very high standard deviations. Other indoor POIs (OIs) reach the highest on Sundays because OIs include the university churches. Since primary mass is held on Sunday, a higher duration on Sunday is expected.

## 5. CONCLUSIONS

To the best of our knowledge, this is the first work that investigates the change of communication behaviors during various temporal contexts and different geographical contexts using objective smartphone data collected from a cohort of more than 400 on-campus freshmen over three consecutive semesters. We found that students make longer and less frequent calls on Sundays and Mondays compared to the other days when they make shorter and more frequent calls. This work provides a foundation for potential future strategies to develop mobile health interventions that aim at improving the physical and mental well-being, as well as the academic success of students who leave their home after high school to start their college studies. This work has some limitations, which we plan to address in the future: we plan to perform a more detailed analysis of college students' communication patterns across different geographical and temporal contexts using detailed visualization and statistical tests.

## REFERENCES

- Bogomolov, A., Lepri, B., Ferron, M., Pianesi, F., & Pentland, A. (2014, November). Daily stress recognition from mobile phone data, weather conditions and individual traits. *ACM international conference on Multimedia*.
- Diener, E., Wirtz, D., Tov, W., Kim-Prieto, C., Choi, D. W., Oishi, S., & Biswas-Diener, R. (2010). New well-being measures: Short scales to assess flourishing and positive and negative feelings. *Social indicators research*, 97(2), 143-156.
- Garett, R., Liu, S., & Young, S. D. (2017). A longitudinal analysis of stress among incoming college freshmen. *Journal of American college health*, 65(5), 331-338.
- Montoliu, R., Blom, J., & Gatica-Perez, D. (2013). Discovering places of interest in everyday life from smartphone data. *Multimedia tools and applications*, 62(1), 179-207.
- Trockel, M. T., Barnes, M. D., & Egget, D. L. (2000). Health-related variables and academic performance among first-year college students: Implications for sleep and other behaviors. *Journal of American college health*, 49(3), 125-131.

- Vhaduri, S., Van Kessel, T., Ko, B., Wood, D., Wang, S., & Brunschwiler, T. (2019, June). Nocturnal cough and snore detection in noisy environments using smartphone-microphones. In *International Conference on Healthcare Informatics*.
- Vhaduri, S., & Poellabauer, C. (2017a). Hierarchical cooperative discovery of personal places from location traces. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 17(8), 1865-1878.
- Vhaduri, S., & Poellabauer, C. (2018a). Opportunistic discovery of personal places using multi-source sensor data. *IEEE Transactions on Big Data*.
- Vhaduri, S., & Poellabauer, C. (2016). Design and implementation of a remotely configurable and manageable well-being study. In *Smart City 360*. Springer, Cham.
- Vhaduri, S., & Poellabauer, C. (2017b). Design factors of longitudinal smartphone-based health surveys. *Journal of Healthcare Informatics Research*, 1(1), 52-91.
- Vhaduri, S., & Poellabauer, C. (2018b, June). Opportunistic discovery of personal places using smartphone and fitness tracker data. In *IEEE Conference on Healthcare Informatics*.
- Vhaduri, S., & Poellabauer, C. (2018c). Biometric-based wearable user authentication during sedentary and non-sedentary periods. *arXiv preprint arXiv:1811.07060*.
- Vhaduri, S., & Poellabauer, C. (2017c, August). Towards reliable wearable-user identification. In *IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)*.
- Vhaduri, S., & Poellabauer, C. (2016). Cooperative discovery of personal places from location traces. In *International Conference on Computer Communication and Networks*.
- Vhaduri, S., et al. (2018d, March). Impact of different pre-sleep phone use patterns on sleep quality. In *International Conference on Wearable & Implantable Body Sensor Network*.
- Al Amin, M. T., Barua, S., Vhaduri, S., et al. (2009, June). Load aware broadcast in mobile ad hoc networks. In *IEEE International Conference on Communications*.
- Hossain, A., & Poellabauer, C. (2016, October). Challenges in building continuous smartphone sensing applications. In *IEEE Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications*.
- Vhaduri, S., Poellabauer, C., Striegel, A., Lizardo, O., & Hachen, D. (2017d, August). Discovering places of interest using sensor data from smartphones and wearables. In *IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing*.

# Criterios para la configuración de plataformas de inteligencia aumentada para el mejoramiento de la sostenibilidad de cultivos agrícolas

Alejandro Peña-Palacio

pjapena@gmail.com / Grupo de Investigación  
en Inteligencia Computacional y Automática de la Universidad EIA  
(Medellín, Colombia)

Recepción: 31/10/2020 Aceptación: 4/11/2020

RESUMEN. El desarrollo de la inteligencia artificial ha planteado una serie de retos en cuanto al futuro y la sostenibilidad del trabajo humano. Sin embargo, el desarrollo de la tecnología ha traído consigo el desarrollo de conceptos como el de la inteligencia aumentada (IA), el cual tiene por objetivo el mejoramiento de las capacidades humanas mediante la interacción hombre-máquina para la solución de problemas complejos en diferentes áreas del conocimiento. Esta interacción supone una serie de retos desde lo tecnológico, ya que la experiencia humana es un proceso complejo de *transfer learning* para que las máquinas sean un complemento perfecto de las personas. En el contexto de la agricultura de precisión, las plataformas de inteligencia aumentada (AIP, por sus siglas en inglés) han surgido como una alternativa importante para el fortalecimiento de las capacidades en la detección y diagnóstico de estados fitosanitarios o agroclimáticos. En este artículo, se propone una metodología para la configuración de las AIP, integrando tres elementos que son fundamentales para la sostenibilidad de cultivos como son: imágenes áreas espectrales utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés), mapas de pronóstico para describir la dispersión de enfermedades y sus vectores asociados en campo, modelos *deep y machine learning* para la caracterización automática de eventos fitosanitarios o agroclimáticos, así como redes IoT-IoB (*Internet of Things e Internet of Beings*) para la interacción hombre-dispositivos. Para la evaluación de estas plataformas, se propone un GAP de sostenibilidad, el cual evalúa de una manera integral la reducción en el uso de pesticidas y fertilizantes, así como la sostenibilidad de los puestos de trabajo en un futuro de largo plazo, y en donde la inteligencia artificial tendrá un papel preponderante en el desarrollo agrícola en el mundo.

PALABRAS CLAVE: inteligencia aumentada / imágenes multiespectrales / *machine y deep learning*  
/ redes IoT-IoB / riesgo operacional

## Criteria for the Configuration of Augmented Intelligence Platforms for Improving Agricultural Crop Sustainability

**ABSTRACT.** The development of artificial intelligence has posed several challenges regarding the future and sustainability of human work. However, the development of technology has brought concepts such as augmented intelligence (AI), which aims to improve human capabilities through human-machine interaction to solve complex problems in different areas of knowledge. This interaction entails a series of technological challenges since the human experience is a complex transfer learning process in which machines are a perfect complement to people. In the context of precision agriculture, AI platforms (AIPs) have emerged as an important alternative to strengthen capacities for the detection and diagnosis of phytosanitary or agroclimatic conditions. This article proposes a methodology for the configuration of AIPs by integrating three fundamental elements for the sustainability of crops: spectral aerial images using unmanned aerial vehicles (UAVs), forecast maps to describe the spread of diseases and their associated vectors in the field, deep & machine learning models for the automatic characterization of phytosanitary or agroclimatic events, and IoT-IoB (Internet of Things & Internet of Beings) networks for human-device interaction. For the evaluation of these platforms, a sustainability gap is proposed, which comprehensively assesses the reduction in pesticide and fertilizer use, as well as the sustainability of jobs in the long-term future where artificial intelligence will play a leading role in the agricultural development in the world.

**KEYWORDS:** augmented intelligence / multispectral image / machine & deep learnin / IoT-IoB networks / operational risk

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la inteligencia artificial a nivel mundial ha planteado una serie de retos en cuanto al futuro del trabajo y de las personas que lo desarrollan (Oppenheimer, 2018). En este contexto, muchos investigadores han manifestado la preocupación por la aparición de las máquinas inteligentes como sustitutas de las personas; sin embargo, otros investigadores han apelado al desarrollo de la inteligencia artificial como sistemas para el soporte a la toma de decisiones, mientras que otra tendencia de desarrollo (Zhao, Dong y Ying, 2020) se centra en el paradigma de la inteligencia aumentada, en donde la inteligencia artificial tiene un papel preponderante con el fin de aumentar las capacidades humanas para la solución de problemas complejos, manteniendo un balance entre las personas y la tecnología (Talaviya, Shah, Patel, Yagnik y Shah, 2020).

En el contexto de la agricultura de precisión, uno de los retos para mejorar la sostenibilidad de cultivos agrícolas se centra en la identificación de riesgos asociados con eventos de tipo fitosanitario y agroclimático. Esta identificación se ha hecho de manera ancestral por personas que tienen cierta experiencia en la identificación de estos eventos para diferentes cultivos, la cual cada vez escasea más en el mundo. Sin embargo, la seguridad alimentaria del planeta ha hecho que estos cultivos se desarrollen en grandes extensiones de tierra, lo cual supone una limitante para la experiencia humana (Shirsath, Vyas, Aggraval y Kolli, 2019).

Para mejorar la sostenibilidad ambiental y financiera de cultivos agrícolas en general, muchos investigadores han apelado al uso de diferentes tecnologías entre las que se destacan las imágenes espectrales y satelitales (Fitrianto, Darmawan, Tokimatsu y Sufwandika, 2018), los vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés) para la fumigación y fertilización automática de cultivos (Baseca, Sendra, Lloret y Tomas, 2019), y el diseño de redes IoT-IoB (*Internet of Things* e *Internet of Beings*) para la interacción entre dispositivos y equipos (Popovic, Nedeljko, Pesic, Zecevic, Krstajic y Djukanovik, 2017), modelos Lagrangian Machine Learning, modelos para el modelamiento de la dispersión de contaminantes y de enfermedades en campo (Peña, Hernández y Toro, 2010), así como modelos borrosos para la evaluación de riesgo operacional (Peña *et al.*, 2018). Estas tecnologías han mostrado, a lo largo de los años, desarrollos completamente independientes, lo cual nos permite evaluar claramente la participación humana en estas tendencias como lo establece la inteligencia aumentada (Talaviya *et al.*, 2020), así como la evaluación de parámetros de riesgo en cultivos agrícolas afectados por un evento fitosanitario en el contexto FinTech-InsurTech (Shirsath *et al.*, 2019). Estas tendencias de desarrollo marcan los elementos fundamentales para la construcción de plataformas de inteligencia aumentada destinadas al mejoramiento de la sostenibilidad ambiental y financiera como se propone en la metodología.

Para la solución del problema del mejoramiento de la sostenibilidad ambiental y financiera de cultivos agrícolas, en este documento se proponen una serie de criterios para el desarrollo de plataformas de inteligencia aumentada que permitan superar las limitantes impuestas por

el desarrollo de cultivos en grandes extensiones de terreno afectadas por eventos fitosanitarios. Es importante mencionar que para el caso de cultivos agrícolas estas plataformas utilizarán como centro del proceso el uso de imágenes áreas de baja altura, ya sean de tipo multiespectral (IMA) o hiperespectral (IHA) utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAV), el desarrollo de modelos computacionales lagrangianos soportados en la inteligencia artificial para describir la dispersión de enfermedades en tierra, así como redes IoT-IoB para la interacción entre dispositivos y humanos para la solución de problemas complejos, tal y como lo supone la agricultura de precisión. En un contexto de sostenibilidad, estas AIP son evaluadas teniendo en cuenta herramientas financieras que den viabilidad a la integración de tecnología, la disminución en el uso de pesticidas y fertilizantes, manteniendo en todo momento la participación humana (Peña *et al.*, 2018; Castrignano, Buttafuoco, Khosla, Mouazen, Moshou y Naud, 2020).

La estructura de este artículo está definida por tres secciones. Una primera sección o de introducción, en donde se hace una identificación de las principales tendencias de desarrollo en esta área del conocimiento. Una segunda sección en donde se describen los índices de vegetación (IV) y la estructura de datos, los elementos que componen una AIP, así como la definición del GAP de sostenibilidad, que busca medir el desempeño de un modelo en un contexto de sostenibilidad. Finalmente, una tercera sección muestra las conclusiones y recomendaciones que establecen los criterios para el mejoramiento de la sostenibilidad ambiental y financiera de cultivos agrícolas en general, utilizando las AIP.

## 2. METODOLOGÍA

En el contexto de la agricultura de precisión, la interacción autónoma entre dispositivos y equipos con el fin de aumentar las capacidades humanas en el mejoramiento de la sostenibilidad ambiental y financiera de cultivos agrícolas, como lo sugiere la inteligencia aumentada, supone todo un reto desde lo tecnológico. Para dar solución a este reto, se propone la siguiente metodología.

### 2.1 Índices de vegetación y estructura de datos

La palma de aceite es un cultivo oleaginoso que se ha extendido en el mundo gracias a su alto potencial productivo (Lai, Tan y Akoh, 2015). Se estima que una hectárea produce entre seis a diez veces más aceite que otro tipo de cultivos similares y se ubica levemente por debajo de la eficiencia del aceite de soya (Corley y Tinker, 2015). A pesar de la presencia que tiene la palma de aceite en el sector de los alimentos, por ser una fuente natural enriquecida de ácido palmítico, su cultivo no ha estado exento de polémicas, ya que este se ha desarrollado en zonas de gran reserva ecológica a nivel mundial, y porque se ha visto afectado por enfermedades como la marchitez letal (ML), la pudrición de cogollo (PC) o la ganoderma, lo que supone el uso de grandes cantidades de pesticidas y fertilizantes (Kathun, Reza, Moniruzzaman y Yaakob, 2017).

Para el análisis de la sostenibilidad ambiental y financiera de cultivos agrícolas en el contexto de la agricultura de precisión, las metodologías de análisis de riesgo sugieren tomar como referencia un total de 1000 unidades de cultivo (144 unidades-7 ha) en general (Peña *et al.*, 2018). Para la captura de unidades de cultivo, se utilizó un vehículo aéreo no tripulado de la serie DJI Phantom 3 (<https://www.dji.com/phantom-3-pro>) equipado con una cámara multispectral de la serie Sequoia Parrot (<https://www.parrot.com/en/shop/accessories-spare-parts/other-drones/sequoia>), la cual permite la toma de imágenes multispectrales a diferentes alturas y a cuatro bandas de frecuencia: Green (550 nm/40 nm), Red (660 nm/40 nm), Red Edge (735 nm/40 nm), Near Infrared (790 nm/40 nm), a una resolución de 13 cm/px y a una altura máxima de 120 m (MAI).

De acuerdo con la dispersión de la ML en cultivos de palma de aceite, estas unidades de cultivo fueron agrupadas en tres categorías de acuerdo con la metodología propuesta por Giraldo (2016): palmas sanas fuera de foco (SFF), palmas aparentemente sanas dentro de foco (A-SDF) y palmas con marchitez letal evidente (ML) (figura 1).

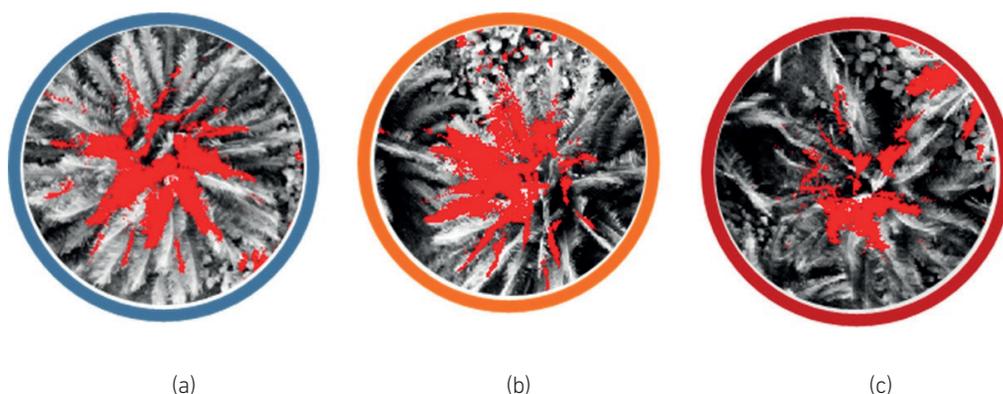


Figura 1. Unidades de cultivo de palma y su respuesta espectral en el infrarrojo cercano (NIR). (a) Palma SFF. (b) Palma A-SDF. (c) Palma ML.  
Elaboración propia

Para evaluar el vigor vegetal utilizando imágenes áreas multispectrales (IMA), la agricultura de precisión apela a los índices de vegetación, entre los que se destacan el índice NDV, el GNDVI y el RNVI como los definen Díaz (2015) y Peña, Bonet, Manzur, Góngora y Carffini (2019). En la figura 2, se puede observar la estructura característica de un índice de vegetación (GNDVI) para una imagen multispectral tomada a una altura de 10 metros.

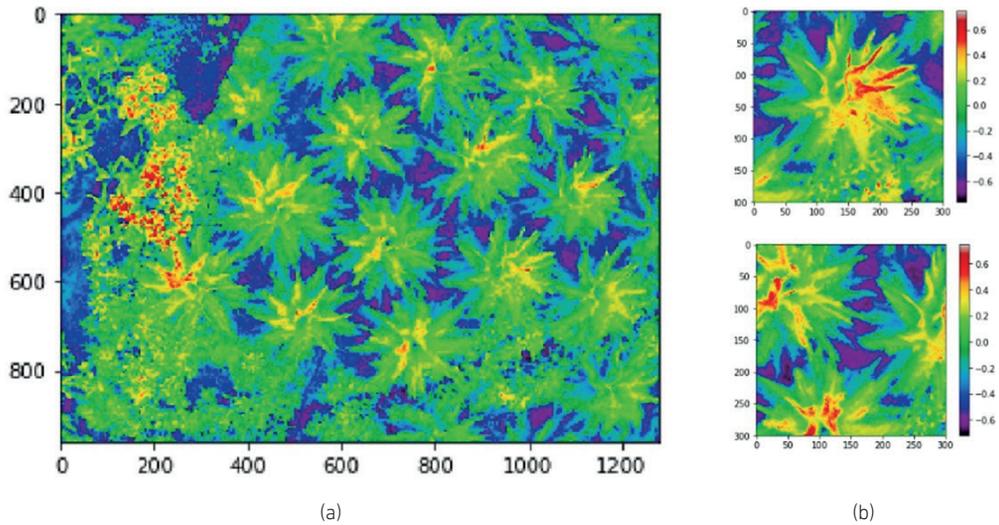


Figura 2. Índices de vegetación. (a) Unidades de cultivo morfológicamente completas. (b) Unidades de cultivo morfológicamente incompletas.

Elaboración propia

La metodología general para la evaluación de la sostenibilidad ambiental y financiera de este tipo de plataformas se enmarca dentro del análisis del riesgo de las operaciones del negocio de una organización según los Acuerdos de Basilea (Trenca, Pece y Sorina, 2015; Peña *et al.*, 2018). De esta manera, un escenario de referencia para la evaluación estará configurado de la siguiente manera: SFF: 600 uds., SDF: 100 uds., ML: 300 uds. (Molina, Acosta, Torres y Hernández, 2019).

## 2.2 Estructura de una plataforma de inteligencia aumentada

De manera general, una plataforma de inteligencia aumentada, destinada al mejoramiento de la sostenibilidad de cultivos agrícolas, está compuesta por tres elementos fundamentales que se describen a continuación, y como se muestran en la figura 3 (Popovic *et al.*, 2017):

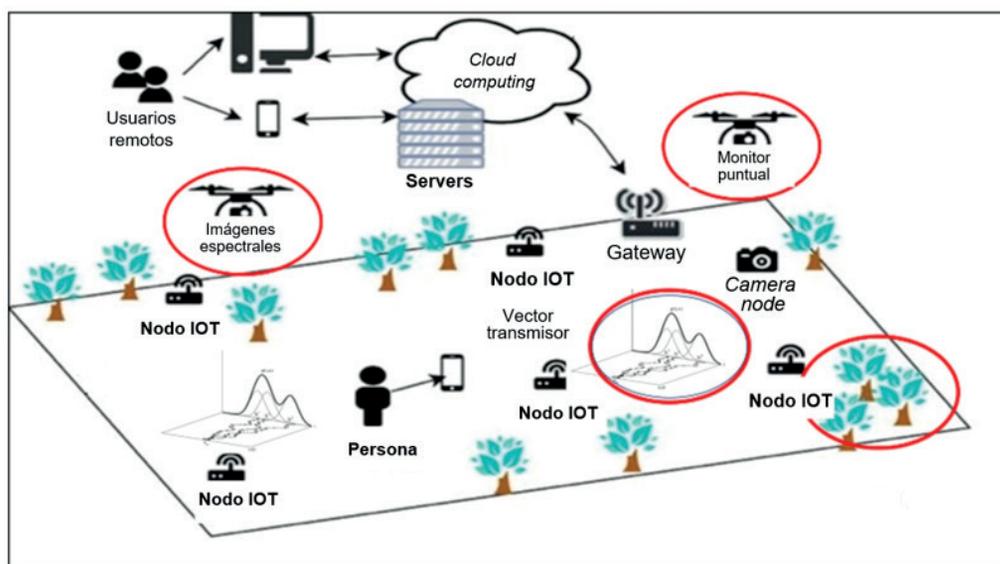
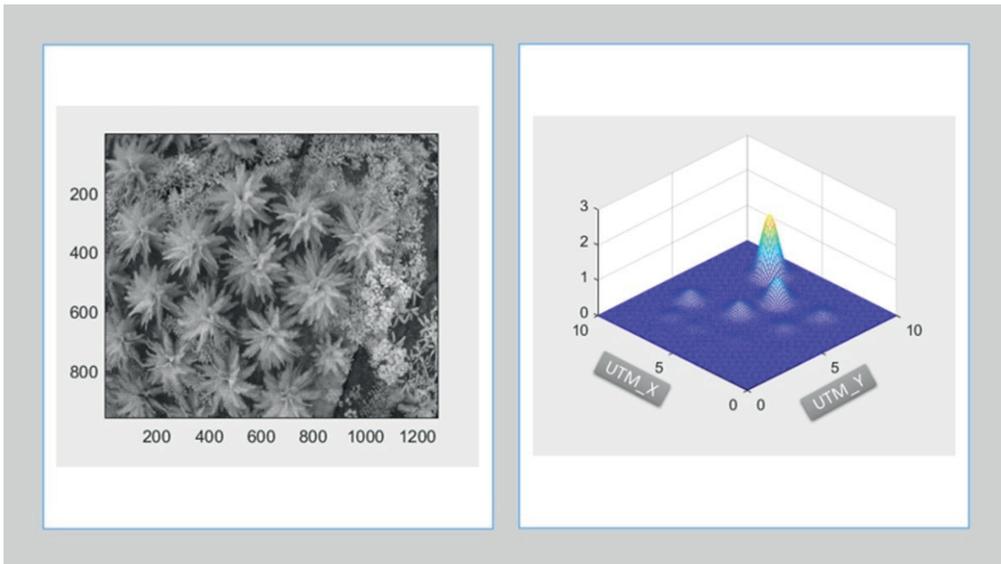


Figura 3. Estructura general de plataformas de inteligencia aumentada en cultivos agrícolas

Fuente: Popovic *et al.* (2017)

### 2.3 Mapas de pronóstico (patrones de dispersión)

Los mapas de pronóstico, a diferencia de los índices de vegetación, articulan en una sola estructura la dinámica de la evolución de un estado fitosanitario, integrando conceptos de dinámica lagrangiana (Peña, Hernández y Toro, 2010). Estos mapas de pronóstico poseen dos objetivos fundamentales. Un objetivo para la caracterización temporal de unidades de cultivo de palma y su evolución temporal en las categorías que define la ML (ML, A-SDF, SFF); y un segundo objetivo, el cual permite la diferenciación con otro tipo de patologías de dispersión como la que genera la PC o la ganoderma. Desde el punto de vista del *machine learning*, este tipo de estructuras o patrones de dispersión permite extender la autonomía de los UAV por efecto de una captura localizada de las IMA en grandes extensiones de terreno, como lo sugiere este tipo de cultivos. En la figura 4 se puede observar la evolución de la ML por unidad de cultivo.



(a)

(b)

Figura 4. Mapa de pronóstico para la dispersión de la marchitez letal (ML). (a) Imagen multispectral.

(b) Mapa de pronóstico.

Elaboración propia

En la figura 4 se pueden observar diferentes unidades de cultivo con diferentes niveles de afectación por ML. Aquí, las campanas gaussianas más esbeltas muestran la presencia de unidades de cultivo de palma con síntomas evidentes de ML y en donde el monitoreo en vuelo se debe hacer con una mayor frecuencia, mientras que campanas más extendidas dan lugar a palmas en las categorías SFF y A-SDF.

## 2.4 Modelos *deep learning*

Dentro del contexto de las plataformas de inteligencia aumentada, los modelos *machine* y *deep learning* soportan el proceso de *transfer learning* con el fin de mejorar las capacidades humanas en el diagnóstico y la detección de unidades de cultivo de palma afectadas por ML tomando como referencia los mapas de pronóstico descritos anteriormente. La estructura general para un modelo con estructura *stacked deep learning* se denota y define:

$$y r_k = \text{softmax} \left( \sum_{j=1}^{NO} C_{j,k} \left( \sum_{j_3=1}^{NO_3} w_{j_3,j_2} \left( \sum_{j_2=1}^{NO_2} w_{j_2,j_1} \left( \sum_{j_1=1}^{NO_1} w_{j_1,j_0} \cdot x_{j_0,k} \right) \right) \right) \right) \quad (1)$$

Donde:

$yr_k$ : define la función *softmax* que define las categorías de clasificación de unidades de cultivo por categorías de afectación (ML, A-SDF, SFF).

$x_{o,k}$ : representa cada uno de los puntos de control que conforman un índice de vegetación dinámico para un instante de tiempo  $k$ .

$C_{j_m,j_n}, w_{j_l,j_o}$ : representan los soportes de la estructura para el modelo. Los pesos  $w_{j_l,j_o}$  son obtenidos utilizando estrategias de *autoencoder* (Liu, Bao y Baokun, 2018), mientras que los pesos que soportan la estructura de la capa de salida ( $C_{j_m,j_n}$ ) son obtenidos mediante la utilización de la regla delta generalizada (Mohanty, Hughes y Salathé, 2016).

## 2.5 Redes tipo IoT-IoB

Las plataformas de inteligencia aumentada permiten no solo la interacción entre dispositivos y equipos, sino que permiten también la interacción entre humanos y dispositivos. Para tal efecto, estas plataformas precisan de nodos IoT (*Internet of Things*) para la medición puntual de parámetros y variables en campo (*e. g.*, humedad, acidez del suelo, dispersión de enfermedades y contaminantes, censos foliares en campo utilizando IMA). Esta información es enviada a través de protocolos de comunicación y API, en donde los nodos IoT se comunican de forma directa e indirecta a través de un *gateway* con servidores en la nube (*cloud computing*) como se muestra en la figura 3 (Popovic *et al.*, 2017).

La integración de los dos elementos anteriores (*e. g.*, mapas de pronóstico, modelos *deep learning*) a la estructura de comunicación de la plataforma dará lugar al concepto de *Internet of Beings* (IoB), el cual tiene por objeto integrar a los datos IoT la dinámica de un fenómeno físico para el mejoramiento de las prestaciones de dispositivos y equipos, y que para el caso particular de cultivos agrícolas, este concepto está determinado por dinámicas de dispersión de contaminantes y enfermedades en campo, así como para mejorar la autonomía de los UAV destinados a la captura de las IMA (Castrignano *et al.*, 2020).

## 2.6 GAP de sostenibilidad (GS)

El análisis de plataformas AIP supone un análisis tecnológico-financiero en el contexto del riesgo operacional (Peña *et al.*, 2018). Desde el punto de vista agrícola, este análisis se basa en la caracterización de parámetros de riesgo a partir de la detección y diagnóstico de eventos fitosanitarios (Molina, Acosta, Torres y Hernández, 2019), la reducción en el uso de pesticidas y fertilizantes (Talaviya, Shah, Patel, Yagnik y Shah, 2020), así como desde la eficiencia de la experiencia humana en campo (Giraldo, 2016).

En el contexto de la agricultura de precisión, los riesgos operacionales se pueden clasificar de la siguiente manera: categoría C1 (PC1), en donde se agrupan las pérdidas esperadas, las cuales

están asociadas al monitoreo y control de plagas, así como al mantenimiento, la poda y la fertilización de los cultivos. Por su parte, los riesgos categoría C2 (PC2) agrupan todas las pérdidas no esperadas por imprevistos en el manejo del cultivo o por eventos agroclimáticos inesperados. Finalmente, los riesgos categoría C3 (PC3) se conocen como riesgos catastróficos, y surgen por efecto de un mal tratamiento del cultivo frente a un evento de tipo fitosanitario.

La caracterización de los riesgos en plataformas AIP está soportada por los modelos *transfer* y *deep learning*, y se relacionan con el buen desempeño de dichos modelos en la detección y diagnóstico de la ML de acuerdo con el caso de estudio propuesto. Aquí, los riesgos C1 se asocian con los costos de operación, diagnóstico y detección de la ML en sus tres categorías de afectación (SFA, A-SDF, ML); los riesgos C2, con los costos de la detección y diagnóstico de la ML en campo por la falta de especificidad de la plataforma; mientras que los riesgos categoría C3 agrupan todos los costos asociados a la falta de sensibilidad del modelo en la detección de palmas A-SDF, lo que puede llevar a la erradicación errónea de unidades de cultivo. Estos riesgos se conocen como riesgos catastróficos. Para el caso particular de cultivos de palma afectados por ML, el diferencial de sostenibilidad ( $DS_n$ ) se denota y define:

$$DS_n = PC1 - PC3 \quad (2)$$

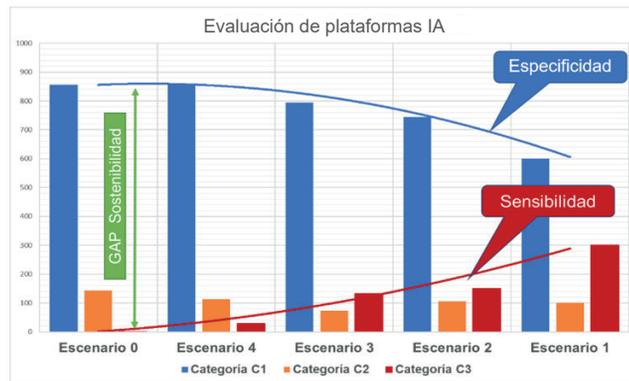


Figura 5. Análisis técnico-financiero de plataformas de IA

Elaboración propia

En la figura 5 se pueden observar tres escenarios de desempeño teórico de la AIP en la detección y diagnóstico de la ML en campo (escenario 2, escenario 3, escenario 4), tomando como referencia la configuración de la muestra de unidades de cultivo definidas para este estudio (SFF: 600 uds., A-SDF: 400 uds., ML: 100 uds.). De esta manera, el GAP de sostenibilidad (GS) se puede evaluar en términos de dos escenarios de referencia, un escenario en el cual no existe la intervención humana por efecto de la falta del recurso con la experiencia en campo (escenario 1), y un escenario de referencia (escenario 0) que reúne los criterios de

sostenibilidad RSPO (RSPO, 2018). De esta manera, el GAP de sostenibilidad (GS) como resultado del desempeño de una AIP para su mejor configuración (escenario  $n$ ) se denota y define:

$$GS = DS_0 - DS_n \quad (3)$$

El GAP de sostenibilidad da lugar a la configuración de parámetros de riesgo para la cobertura diferenciada de estos activos (*e. g.*, PC1, PC2, PC3), y se alinea con el desarrollo InsurTech, el cual tiene por objetivo el desarrollo de seguros paramétricos (Kath, Mushtag, Henry, Adewuyi y Stone, 2018).

En la figura 5 y en la tabla 1 se puede observar cómo el  $DS_n$  se va ampliando a medida que se genera una mejor gestión del cultivo. Esto trae consigo un GAP financiero más amplio, por efecto de una reducción natural en el uso de pesticidas y fertilizantes, y por efecto de una mayor eficiencia en la detección y diagnóstico de la ML, garantizando de esta manera la sostenibilidad de los puestos de trabajo que pueden ser reemplazados por el ingreso de la tecnología, todo esto en consonancia con los postulados que establecen las normas RSPO a nivel mundial en esta materia (RSPO, 2018).

Tabla 1

*Escenarios de riesgo-GAP de sostenibilidad*

Escenarios	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 1
Nivel	RSPO	Gestión proactiva	Gestión preventiva	Gestión reactiva	Evolución natural
Hectáreas (unidades)	6,9 ha (1000 uds.)				
N D EI-UL-(SL)	856 - 143 - (1)	832 - 89 - (79)	818 - 109 - (73)	762 - 87 - (151)	600 - 100 - (300)
PC3 (USD)	\$ 259,03	\$ 9932,54	\$ 32 751,93	\$ 45 918,31	\$ 96 579,88
PC3 (USD)	\$ 6691,71	\$ 3612,09	\$ 2834,91	\$ 3898,07	\$ 4163,86
PC3 (USD)	\$ 7881,24	\$ 7739,87	\$ 5897,37	\$ 4739,97	\$ 3885,04
$DS_n$	855	753	745	611	300
GS	\$ 92 324,64	\$ 82 792,51	\$ 61 815,62	\$ 49 806,64	-

### 3. CONCLUSIONES

Las AIP se constituyen en una alternativa tecnológica para mejorar la sostenibilidad ambiental y financiera no solo de cultivos agrícolas, sino de las operaciones del negocio de una organización en donde la experiencia humana juega un papel determinante. Para el caso particular de cultivos agrícolas, estas plataformas permitirán el fortalecimiento y la eficiencia de las

capacidades humanas en el diagnóstico de eventos fitosanitarios y agroclimáticos en cultivos agrícolas que cubren grandes extensiones de terreno.

Gracias a su capacidad de adaptación y aprendizaje, las AIP pueden ser extendidas fácilmente para la detección y diagnóstico de estados fitosanitarios en otro tipo de cultivos en donde se requiere la identificación de unidades de cultivo morfológicamente completas en una zona de estudio. Sin embargo, el éxito de este tipo de plataformas no está en la identificación de unidades de cultivo independientes, sino en la identificación de patrones de dispersión como los definen los mapas de pronóstico, lo que va mucho más allá del uso de índices de vegetación.

Las AIP se constituyen en un elemento fundamental para el desarrollo FinTech (*artificial intelligence financial products*) e InsurTech (*artificial intelligence insurance products*) a nivel mundial en el contexto agrícola, ya que la integración de modelos y dispositivos permite la configuración de parámetros de riesgo que dan lugar a la estructura de seguros paramétricos, o para la configuración de coberturas diferenciadas para la protección de activos, cumpliendo con uno de los postulados de estas tendencias, que es el mejoramiento de la sostenibilidad ambiental y financiera de cualquier organización.

Uno de los retos que afronta la inteligencia aumentada desde la interacción hombre máquina está centrado principalmente en las metodologías *transfer learning*, las cuales requerirán de la creación de métodos formales para la captura de la experiencia humana por parte de un sistema computacional. Para el sector agrícola, la interacción hombre-máquina llevará a una caracterización eficiente de eventos fitosanitarios y agroclimáticos en etapa temprana, por fortalecimiento de las capacidades humanas en campo, lo que impactará positivamente en la sostenibilidad ambiental y financiera para este tipo de actividades. Para el caso de cultivos de palma de aceite, esta sostenibilidad se verá reflejada en el corto plazo en una reducción en el uso de pesticidas y fertilizantes, alcanzando los objetivos de sostenibilidad que establecen las normas RSPO a nivel mundial y que pueden ser extendidos fácilmente para otro tipo de cultivos agrícolas.

## REFERENCIAS

- Aleaur, S. (s. f.). *Building a Sustainable Future Together!* <https://www.sulitest.org>
- Anderson, R. (Director). (2009). *The Business Logic of Sustainability* [Película].
- Anthropocene. (24 de enero del 2021). En *Wikipedia*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Anthropocene>
- Baseca, C., Sendra, S., Lloret, J., y Tomas, J. (2019). A Smart Decision System for Digital Farming. *Agronomy*, 9(5). <https://10.3390/agronomy9050216>

- Broman, G. I., y Robèrt, K.-H. (2017). A framework for strategic sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 140, 17-31.
- Castrignano, A., Buttafuoco, G., Khosla, R., Mouazen, A., Moshou, D., y Naud, O. (2020). Agricultural Internet of Things and Decision Support for Precision Smart Farming. *Elsevier*. doi: ISBN 9780128183731
- Corley, R. H. V., y Tinker, B. (2015). *The Oil Palm* (Fifth edition). Wiley Online Library.
- Díaz, J. (2015). *Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/ RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión*. Universidad Complutense de Madrid.
- Fitrianto, A., Darmawan, A., Tokimatsu, K., y Sufwandika, M. (2018). Estimating the Age of Oil Palm Trees Using Remote Sensing Technique. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 148, 012020. <https://10.1088/1755-1315/148/1/012020>
- Giraldo, R. (2016). Estudio de firmas espectrales de palmas de aceite afectadas con la marchitez letal, usando análisis estadísticos de datos funcionales. *Palmas*, 37, 131-139. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11897>
- Global Footprint Network. (s. f.). *Earth Overshoot Day*. <https://www.footprintnetwork.org/our-work/earth-overshoot-day/>
- Kath, J., Mushtag, S., Henry, R., Adewuyi, A., y Stone, R. (2018). Index Insurance Benefits Agricultural Producers Exposed to Excessive Rainfall Risk. *Weather and Climate Extremes*, 22, 1149-1159. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2018.10.003>
- Kathun, R., Reza, M., Moniruzzaman, M., y Yaakob, Z. (2017). Sustainable Oil Palm Industry: The Possibilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 608-619. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.077>
- Lai, O. M., Tan, C. P., y Akoh, C. C. (2015). *Palm Oil: Production, Processing, Characterization, and Uses*. Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-02411-X>
- Liu, G., Bao, H., y Baokun, H. (2018). A Stacked Autoencoder-Based Deep Neural Network for Achieving Gearbox Fault Diagnosis. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-10. <https://10.1155/2018/5105709>
- Max-Neef, M., Elizalde, A., y Hopenhayn, M. (1991). *Human Scale Development: Conception, Application and Further Reflections*. Zed Books.
- Mohanty, S., Hughes, D., y Salathé, M. (2016). Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1419-1429. <https://10.3389/fpls.2016.01419>

- Molina, V., Acosta, M., Torres, J., y Hernández, J. (Octubre del 2019). *Diferencias entre el comportamiento espectral de palmas sanas y palmas afectadas por marchitez letal (ML)*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/336197147\\_Diferencias\\_entre\\_el\\_comportamiento\\_espectral\\_de\\_palmas\\_sanas\\_y\\_palmas\\_afectadas\\_por\\_Marchitez\\_letal\\_ML](https://www.researchgate.net/publication/336197147_Diferencias_entre_el_comportamiento_espectral_de_palmas_sanas_y_palmas_afectadas_por_Marchitez_letal_ML)
- Oppenheimer, A. (2018). *¡Sálvese quien pueda! El futuro del trabajo en la era de la automatización*. Debate.
- Peña, A., Bonet, I., Lochmuller, C., Patiño, H., Chiclana, F., y Góngora, M. (2018). A Fuzzy Credibility Model to Estimate the Operational Value at Risk Using Internal and External Data of Risk Events. *Knowledge-Based Systems*, 159, 98-109. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2018.06.007>
- Peña, A., Bonet, I., Manzur, D., Góngora, M., y Carffini, F. (2019). Validation of Convolutional Layers in Deep Learning Models to Identify Patterns in Multispectral Images. *Proceedings of 14th. Conference on Informations Systems and Technologies* (pp. 1-6). Systems Information and Technologies Association (AISTI). <https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760741>
- Peña, A., Bonet, I., Lochmuller, C., Chiclana, F., y Góngora, M. (2018). Flexible Inverse Adaptive Fuzzy Inference Model to Identify the Evolution of Operational Value at Risk for Improving Operational Risk Management. *Applied Soft Computing*, 65, 614-631. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.01.024>
- Peña, A., Hernández, J., y Toro, M. (2010). Computational Evolutionary Inverse Lagrangian Puff Model. *Environmental Modelling y Software*, 25(12), 1890-1893. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815210001192>
- Popovic, T., Nedeljko, L., Pesic, A., Zecevic, Z., Krstajic, B., y Djukanovik, S. (2017). Architecting an IoT-Enabled Platform for Precision Agriculture and Ecological Monitoring: A Case Study. *Computers and Electronics in Agriculture*, 140, 255-265. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.06.008>
- Richard, R., y Lundholm, K. (2005). *Engaging Individuals to Act Strategically Towards Sustainability*. School of Engineering Blekinge Institute of Technology.
- RSPO. (2013). RSPO Principles and Criteria for the Production of Sustainable Palm Oil. <http://www.rspo.org/key-documents/certification/rspo-principles-and-criteria>
- Shirsath, P., Vyas, S., Aggraval, P., y Kolli, R. (2019). Designing Weather Index Insurance of Crops for the Increased Satisfaction of Farmers, Industry and the Government. *Climate Risk Management*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2019.100189>

- Sivers, D. (Director). (2010). *How to start a movement* [Película].
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., y Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, *347*(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Sulitest. (2020). Raising y Mapping Awareness of the Global Goals. *United Nations virtual edition*. <https://www.sulitest.org/hlpf2020report.pdf>.
- Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., y Shah, M. (2020). Implementation of Artificial Intelligence in Agriculture for Optimisation of Irrigation and Application of Pesticides and Herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*, *4*, 58-73. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2020.04.002>
- Trenca, I., Pece, A. M., y Mihuş, I. S. (2015). The Assessment of Market Risk in the Context of the Current Financial Crisis. *Procedia Economics and Finance*, *32*, 1391-1406. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01516-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01516-6)
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (s. f.). *The 17 Goals Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/goals>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.
- Zhao, S., Dong, Y., y Ying, H. (2020). The Reliability Analysis of Rating Systems in Decision Making: When Scale Meets Multi-Attribute Additive Value Model. *Decision Support Systems*, *138*. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113384>



# Rebuilding a Smart and Sustainable Human Society for the World

Renaud Richard

renaud@systeme-change.fr / Consultor independiente/interdependiente  
del programa Accelerating Change Towards Sustainability

Recepción: 19/10/2020 Aceptación: 29/10/2020

**ABSTRACT.** A bit under 10 years: That's what it took engineers and project managers to bring some human beings to the Moon in the 60's. That's also the time we have to act and rebuild a smart and sustainable human society for the world, and one good indicator for this is reaching the UN's Sustainable Development Goals by the year 2030. The Sulitest's matrix gives an excellent structure to explain the current situation and share information in a structured and helpful way; a way in which all can find an answer to this key question: "What can YOU do NOW to rebuild a smart and sustainable society for the world?" The Framework for Strategic Sustainable Development, also known as The Natural Step Framework, is the best approach I've found to help create needed systemic and strategic changes. Examples from the business or scientific areas can shed light on how to achieve this incredibly needed change to discuss the role of technology, and to explore how systems change and can be transformed. In this paper, I'll share some of the experience and learnings I've gained over the last 20 years, trying to accelerate change towards sustainability. I'll share the fact that it's fun and motivating, as well as an incredible opportunity for all, even if it's not necessarily always easy like most good things which do require efforts to reach. And for all the ones who won't be able to read further: If not now, when? If not here, where? If not you and I, who?

**KEYWORDS:** change / sustainability / human society / biosphere / systems thinking / individual roles  
/ Sulitest / Ray Anderson / FSSD / SDG

## Reconstruyendo una sociedad humana, inteligente y sostenible para el mundo

RESUMEN. Algo menos de diez años. Eso es lo que tardaron los ingenieros y los gestores de proyectos en llevar a algunos seres humanos a la Luna en los años sesenta. Ese es también el tiempo que tenemos para actuar y reconstruir una sociedad humana inteligente y sostenible para el mundo, y un buen indicador para ello es alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU el 2030. La matriz de Sulitest ofrece una excelente estructura para explicar la situación actual y compartir información de forma estructurada y útil. Una forma en la que todos pueden encontrar una respuesta a esta pregunta clave: “¿Qué puede hacer USTED AHORA para reconstruir una sociedad inteligente y sostenible para el mundo?”. El Marco para el Desarrollo Estratégico Sostenible, también conocido como Marco del Paso Natural, es el mejor enfoque que he conocido para ayudar a crear los cambios sistémicos y estratégicos necesarios. Los ejemplos del ámbito empresarial o científico pueden arrojar luz sobre cómo lograr este cambio increíblemente necesario para discutir el papel de la tecnología, para explorar cómo los sistemas cambian y pueden ser transformados. En este artículo compartiré algunas de las experiencias y aprendizajes que he adquirido en los últimos veinte años, tratando de acelerar el cambio hacia la sostenibilidad. Compartiré que es divertido, motivador y una oportunidad increíble para todos, aunque no siempre sea fácil, como la mayoría de las cosas buenas que requieren esfuerzos para alcanzarlas. Y para todos los que no podrán seguir leyendo: si no es ahora, ¿cuándo? Si no es aquí, ¿dónde? Si no somos tú y yo, ¿quién?

PALABRAS CLAVE: cambio / sostenibilidad / sociedad humana / biósfera / pensamiento de sistemas / roles individuales / Sulitest / Ray Anderson / FSSD / SDG

## 1. INTRODUCTION

I owe you a warning first: This is not an academic paper, and the format or tone might be unusual to you or not... This is a paper I prepared specifically for the CIIS 2020 conference on “Building a Smart World for Sustainability.” I have been invited to give a keynote session to share what I have learnt and practiced over the last 20 years—sometimes in academic settings but most of the time with companies, local communities, NGOs and many kinds of systems.

Since the turn of the millennium, I have been trying to accelerate change towards sustainability and that is what I would like to share with you in this paper: What I learnt from working voluntarily with local groups as a project officer for international NGOs, and as a consultant or facilitator mainly for companies and sometimes for local governments.

This is not an academic paper, but I do wish it to be rigorous and useful: to have some impact. This is what motivated this paper’s title: “Rebuilding a Smart and Sustainable Human Society for the World.”

In the Methodology section, I’ll share the plan with you; how we’re going to explore this subject, with what mindset.

The Results section will actually let you know why I chose to talk about a “human society for the world,” what is “smart and sustainable,” why I used “rebuild” and not just “build.”

You will build the conclusion. Yes, you! Because you and especially you+you+...+you+me are the only ones who can have an impact. And it is very likely that this article ends in “What can YOU do NOW to rebuild a smart and sustainable society for the world?”... but who knows, let’s not spoil the end yet!

## 2. METHODOLOGY

A bit over 50 years ago, engineers brought human beings to the Moon: An incredible technological and project management success, a journey which had another unplanned result. In one step of this journey, Apollo 8 took human beings around the Moon for the first time, and its crew took this very famous picture of the Earth from the Moon called Earthrise.

This helped many realize that this planet, which seems so huge to us, the Earth, is like a very little spaceship in the huge cold universe.

And this is where I started from when I coordinated the work on the architecture of the Sulitest (United Nations, 2020). I’ll tell you more about it in the Results section, but here, in “Methodology,” I want to share with you what we’ll do together:

1. Stand on the Moon, or in this Apollo 8 spacecraft, and look at planet Earth.

2. We'll zoom in together and see the first thing from above: its life ecosystem called the biosphere... If we zoom in a bit more, we'll notice humanity and wonder how sustainable all of this currently is (yes, we will define "sustainable").
3. Zooming in a bit more, we'll explore people's needs, and the global and local human-constructed systems to answer people's needs... By then, we will have noticed that those systems cannot continue "business as usual," or they might "cut the branch they are sitting on."
4. Continuing our zoom forward, we'll look at all the transitions towards sustainability, and that's where we'll bring in a very helpful concept, the Framework for Strategic Sustainable Development (FSSD), and a person, Ray Anderson.
5. I guess that by now you know where our zooming in will stop: you, me, them, all of us, the individuals, and the realization that we all have roles to play to create and maintain individual and systemic changes. A little dance on a hill, a bit of systems thinking, and hopefully you'll bring a few things from this journey.

By then I will probably end up asking a concluding question which launches a new journey: "What can YOU do NOW to rebuild a smart and sustainable society for the world?"

### 3. RESULTS

Let's start in December 1968 at John F. Kennedy Space Center, known as Cape Canaveral, in Florida, on the North American continent, when Apollo 8 is ready to be launched. It will take people around the Moon for the first time and bring them back. In their way back, they'll zoom in on us on Earth, most likely impacting a lot the three individuals in the spacecraft; in fact, impacting many more people, including this photo they took.

Let's fast-forward 50 years and a bit. Today's world is complex, interconnected and in perpetual transformation. Even small decisions can impact our global society. I'm writing this in October 2020. For the last eight to ten months, the whole world is aware that a very small thing like a virus can upset our huge and complex human system, with all its science and technology, and knowledge and beliefs.

The question that Sulitest (Sulitest, n. d.) started is even more relevant now: "How do we elevate awareness of key global challenges worldwide and support individuals, political and economic leaders, and all decision-makers in integrating an understanding of these systemic concerns in their daily practices?"

Sulitest, for Sustainability Literacy Test, is a movement whose mission is to support expanded sustainability knowledge, skills and mindset that motivate individuals to become deeply committed to building a sustainable future, and to make informed and effective decisions.

So, like the astronauts, and following the Sulitest's architecture, let's look at the Earth from the Moon and zoom in more and more until we reach you and me, individual human beings.

### 3.1 Sustainable Humanity and Ecosystems on Planet Earth

Our ecosystem, the biosphere: that's where all of life as we know it is, a few kilometers above and below sea level. If the Earth were a peach, this layer would be as thin as its skin.

Here is a story I read in a fantastic book by Ray Anderson called *Mid-Course Correction* (a title from an Apollo story too) (Anderson, 1998). Imagine we are on Saturday midnight, and the Earth started its creation on Monday morning (in real life, this is 4.5 billion years). The first cell arrived and survived on Tuesday morning around 8 a. m. (we can start talking of life on Earth). Until Saturday at 23:53 p. m., seven minutes before midnight, the biosphere evolved to create the conditions for our ancestor, the Australopithecus, to arrive. About six seconds before midnight, it was our turn: the homo sapiens sapiens. And about 1/200 of a second before midnight, we learnt to split the atom. Some call this period "the Anthropocene," a proposed new era when human actions have a drastic effect on the Earth (Anthropocene, July 3rd, 2021).

About 7.7 billion human beings currently live in this biosphere. Unfortunately, some have forgotten that they are part of it, and believe they are separated from something called "nature," in which we can throw things away (scroll up, look at the picture again and try to answer this question: "Where is away?!").

In 1987, a UN commission called the Brundtland Commission popularized and defined the term "sustainable development" in their report called "Our Common Future" (World Commission on Environment and Development, 1987): "development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs." In my terms and adding a concept that came just after in the report: "we human beings can live well, now and everywhere, and will be able to continue to do so in the future." The scientific definition of sustainability I consider most useful to try to change this system is the one you can find in the Framework for Strategic Sustainable Development with its sustainability principles (Göran & Karl-Henrik, 2017).

Current indicators show that our human society is not sustainable now. It means we need to change—and change fast—if we listen to indicators like the planetary boundaries (Steffen et al., 2015); the ecological footprint and its Earth Overshoot Day (Global Footprint Network, n. d.); what we can see with migrations, health and hunger issues; and all those issues the Sustainable Development Goals (United Nations, n. d.) aim to address.

If we are smart enough, we will change fast enough. Using the metaphor in the FSSD, our society is already hitting some of the funnel's walls, but we can still change and reach

sustainability at the end of the funnel and transform our human-constructed system and re-open the funnel's walls.

This would be SMART!

### 3.2 Global and Local Human-Constructed Systems to Answer People's Needs

Over the last thousands of years, our human society has created many different ways to answer people's needs. Chilean economist Manfred Max-Neef has this very useful approach to plan changes in our complex system, where all human beings always and forever have the same fundamental human needs: subsistence, protection, affection, understanding, participation, idleness, creation, identity and freedom. Such changes consist in how we individually and collectively organize to answer those needs in a sustainable way or not (Max-Neef, Elizalde & Hopenhayn, 1991).

Can we continue answering our need for energy when oil is causing both wars and climate change to get it? How could we produce food in a way that both feeds the planet and helps the biosphere? What local, national and global governances respect everybody's fundamental human needs? What is the role and impact of education in all of this, both in families and villages, and in schools and universities?

There are a lot of good news to answer those questions, and a lot of scary stories and facts too. I guess you have noticed by now that we can't simply continue "business-as-usual." But you might also have noticed that we (human beings) are "cutting the branch we are sitting on": the good news here is that we could control and stop it... if we hurry!

### 3.3 Transitions Towards Sustainability

So, let's "rebuild a human society for the world" or, as more often called, "transition towards sustainability."

Understanding how change happens is a whole big subject and so much needed if you want to be efficient for the desired change. A colleague and I spent five months studying the subject on how to engage individuals to act strategically towards sustainability (Richard & Lundholm, 2005). Using the metaphor of the four elements, we discovered it was key to know who you are and what you want to achieve (earth), to understand others and the influence of the context (water), to know how change happens (air), to be able to build a coherent approach to this change (fire) and, of course, to manage those four elements with the fifth: systems thinking. We were very influenced by the work of Ray Anderson, the founder and CEO of the multinational carpet tile company called Interface. He and his company make up one of the initiatives showing how to change towards sustainability, proving it's both possible and profitable... and fun too. Have a look at his incredible TED talk (Anderson, 2009) on the business logic of sustainability and his fun (and bright!) use of the Ehrlich's equation:  $I (\text{impact}) = P \times$

A x T (Population, Affluence and Technology). After suggesting the transformation of T into T2, a new technology, that could go in the denominator to reduce impacts. Here is what he says about A – Affluence:

And what if we made A a lowercase ‘a,’ suggesting that it is a means to an end, and that end is happiness—more happiness with less stuff. You know that would reframe civilization itself and our whole system of economics, if not for our species, then perhaps for the one that succeeds us: the sustainable species, living on a finite earth, ethically, happily and ecologically in balance with nature and all her natural systems for a thousand generations, or 10,000 generations—that is to say, into the indefinite future. But does the earth have to wait for our extinction as a species? Well maybe so. But I don’t think so.

The Framework for Strategic Sustainable Development, also known as The Natural Step Framework, is the best approach I’ve found to help create needed systemic and strategic changes. It is part of the DNA of Interface’s work, and I’ve experienced many times how it can help people, from a factory worker to the head of a small business or to the CSR director of a big organization, and feel “ah–ah... this is a great way of making sense of it all.”

### **3.4 We Each Have Roles to Play, Create and Maintain Individual & Systemic Changes**

And those “ah–ah moments” might be the most important ones. Some say, “it only takes a fraction of a second to change paradigm, it’s the time it takes to get to this specific moment that can be long.”

I learnt that the tipping point (when suddenly all behaviors shift) is when about 15% of a crowd takes on the new habit; then, suddenly, the majority adopts the new behavior. In this fabulous video, you can “watch a movement happen, start to finish, in under three minutes and dissect some lessons from it” (Sivers, 2010).

After all, every group and organization consist of several individuals coming together to do something. And that’s the whole point: What can each person do with his or her own capacities and roles to accelerate change towards sustainability: “What can YOU do NOW to rebuild a smart and sustainable society for the world?”

## **4. CONCLUSION**

You will build the conclusion. Yes, you! Because you and especially you+you+...+you+me are the only ones who can have an impact.

Hopefully, your journey so far and the one to come will help our common and global journey. Helping to accelerate change towards sustainability is about creativity, collaboration, fun, innovation, being aware of the others, helping others, helping oneself, learning, discovering, doing, having an impact. Personally, I find it great.

And I'll borrow my final words from an Australian colleague who had this as an email signature for a while (thanks Scotty):

If not now, when?

If not here, where?

If not you and I, who?

## REFERENCES

- Anderson, R. (1998). *Mid-Course Correction*. Chelsea Green Publishing.
- Anderson, R. (2009). *The business logic of sustainability* [Archivo de Video]. TED. [https://www.ted.com/talks/ray\\_anderson\\_on\\_the\\_business\\_logic\\_of\\_sustainability](https://www.ted.com/talks/ray_anderson_on_the_business_logic_of_sustainability)
- Anthropocene. (July 3rd, 2021). In *Wikipedia*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Anthropocene>
- Global Footprint Network (n. d.). Earth Overshoot Day <https://www.footprintnetwork.org/our-work/earth-overshoot-day/>
- Göran, B. & Karl-Henrik, R. (2017). A framework for strategic sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 140,17-31.
- Max-Neef, M. A., Elizalde A., & Hopenhayn, M. (1991). *Human Scale Development*. <http://www.wtf.tw/ref/max-neef.pdf>
- Richard, R. & Lundholm K. (2005). *Engaging individuals to act strategically towards sustainability*. Master's thesis, MSLS, BTH. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:830651/FULLTEXT01.pdf>
- Sivers, D. (2010). *How to start a movement* [Archivo de Video]. TED. [https://www.ted.com/talks/derek\\_sivers\\_how\\_to\\_start\\_a\\_movement](https://www.ted.com/talks/derek_sivers_how_to_start_a_movement)
- Steffen et al. (2015). Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223).
- Sulitest. (n. d.) <https://www.sulitest.org>
- United Nations. (n. d.). *The 17 Goals*. <https://sdgs.un.org/goals>
- United Nations. (2020). *Raising & Mapping Awareness of the Global Goals High Level Political Forum on Sustainable Development*. [https://www.sulitest.org/files/source/hlpf2020\\_report.pdf](https://www.sulitest.org/files/source/hlpf2020_report.pdf)
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.

# Tecnología como impulsora del desarrollo sostenible: una mirada desde la investigación

Alfredo Estrada

aestrada@ulima.edu.pe / Universidad de Lima, Perú

Recepción: 24/1/2021 Aceptación: 15/2/2021

**RESUMEN.** Tomando como punto de partida el contexto actual y reflexionando sobre la manera en que se debe construir la nueva normalidad de la que se hace mención actualmente, el presente artículo pone a consideración los principales hitos en los que debe basarse esta construcción, que debe ser de carácter transformador. En ese sentido, se identifica a la tecnología como una de las contribuciones más importantes para el impulso hacia el desarrollo sostenible, se establece preliminarmente la relación “desarrollo tecnológico-desarrollo sostenible”; esto último es producto de una revisión documentaria basada en la agenda 2030, en estudios académicos y científicos sobre tecnología, inteligencia artificial y su relación con los objetivos de desarrollo sostenible. Como resultado, se resalta el rol de la academia como motor de los avances científicos para el desarrollo tecnológico y la sostenibilidad. Finalmente, se presentan insumos potenciales de investigación en campos como tecnologías responsables, desarrollo sostenible basado en la tecnología, entre otros. Lo que se pone en evidencia es la necesidad de investigar la sostenibilidad como un sistema compuesto de tres dimensiones interdependientes: una dimensión natural, una dimensión humana y una dimensión tecnológica.

**PALABRAS CLAVE:** desarrollo sostenible / agenda global / desarrollo tecnológico  
/ inteligencia artificial / investigación / academia

## Technology as a Driver of Sustainable Development: A Research Perspective

**ABSTRACT.** Taking the current context as a starting point and reflecting on how to build a new normality, this article considers the main milestones on which the building of this new normality, which must be of a transforming nature, must be based. In this sense, technology is identified as one of the most important contributions to boost sustainable development, and the relationship “technological development-sustainable development” is preliminarily established as the product of a documentary review based on the 2030 Agenda for Sustainable Development, as well as on academic and scientific studies on technology, artificial intelligence and its relationship with the Sustainable Development Goals. As a result, the role of academia as an engine of scientific development for the technological development for sustainability is highlighted. Finally, potential research inputs are presented in fields such as responsible technologies, technology-based sustainable development, among others. What becomes evident is the need to investigate sustainability as a system composed of three interdependent dimensions: a natural dimension, a human dimension and a technological dimension.

**KEYWORDS:** sustainable development / global agenda / technological development  
/ artificial intelligence / research / academia

## 1. INTRODUCCIÓN

Sabemos que desde finales del 2019 e inicios del 2021 los sistemas educativos, económicos, sociales y productivos mundiales están pasando por una prueba sin precedentes; la crisis sanitaria generada por el COVID-19 nos exige preguntarnos cómo construimos realmente una “nueva normalidad” que permita la continuidad del desarrollo global.

El desarrollo de una economía basada en una demanda universal de servicios sociales básicos que reduzcan brechas y mitiguen el cambio climático, así como la construcción de un mundo donde los negocios y las organizaciones sean éticas y generadoras de externalidades positivas, son temas tan urgentes como importantes. La tecnología es un elemento que aporta al desarrollo del nuevo *modus vivendi* que enfrentamos, permitiendo construir posibles soluciones en beneficio de la comunidad. La intervención de la tecnología en el desarrollo sostenible es un desafío que insta a diversos actores a participar activamente. La finalidad de este documento es establecer la importancia de la investigación sobre el desarrollo tecnológico para alcanzar el desarrollo sostenible, así como poner de relieve reflexiones y aspectos de vinculación importantes para que esta área de investigación esté a la vanguardia del contexto actual en el que vivimos. Para tal efecto, se ha desarrollado una profunda revisión documentaria en bases de datos cerradas y en informes técnicos institucionales que nos permiten concluir los niveles de importancia y las vinculaciones actuales y futuras que se darán sobre este tema.

El rol de la agenda 2030, conocida como la hoja de ruta que mide los avances y ajustes que se dan a diversos ejes de acción para el desarrollo sostenible, cuenta actualmente con avances importantes, pero no suficientes; la crisis generada por la pandemia ha afectado a todos los sectores de la población a nivel mundial. Desde niños que no asisten a clases hasta problemas económicos en todas las regiones. Estos inconvenientes nos llevan a resaltar, por ejemplo, la importancia de la gestión de datos y estadísticas de forma oportuna, el aseguramiento de la calidad de datos, abiertos y desglosados, entre otras. Estas necesidades nunca han sido tan relevantes como lo son ahora, en plena crisis del COVID-19, y constituyen un claro ejemplo de cómo la tecnología impacta en el desarrollo sostenible. Sin embargo, no es lo único.

El cumplimiento de las metas de la agenda 2030 sigue siendo desigual, 230 de ellas tienen un avance importante, pero no alineado a la “nueva construcción de la normalidad”; sobre esto último es importante afirmar que no nos enfrentamos a una nueva normalidad *per se*, afrontamos el reto de una nueva construcción de la normalidad, de la que todos somos parte; por esta razón, debemos contar con diversos mecanismos, entre ellos la tecnología.

En ese sentido, falta un cambio transformador desde diferentes vectores, la comunidad, la industria, las leyes, la economía, entre otros, los cuales deben converger para crear un camino de respuestas a la agenda global. Al respecto, Zhenmin (2020) afirma que los actores públicos y privados de toda la comunidad global deben tener en cuenta las lecciones que se están aprendiendo en esta situación de alerta para formular un mundo sano, equitativo, resiliente y

sostenible. La resiliencia tiene en la tecnología un aliado importante de trabajo que conduce cada vez más efectiva y eficientemente al desarrollo sostenible.

La necesidad de que la agenda global sea transformadora no es un tema nuevo; antes de la crisis generada por el COVID-19 ya se hacía necesario el diseño de estrategias más efectivas. A un año, aproximadamente, del inicio de la pandemia, se ponen cada vez más de relieve diversas carencias a nivel global, por referir algunas: un rápido deterioro del medioambiente, las vulnerabilidad de las poblaciones más pobres, las cadenas globales de alimentos profundamente impactadas, la educación y el acceso a ella cada vez más limitado, el restringido acceso a diversos recursos, el incremento del hambre, los sistemas de salud limitados, entre otros. Estos son temas de impacto que se enfrentarán en estos últimos diez años de agenda; la conversión global para el nuevo desarrollo sostenible necesita de impulsores estructurales; por ejemplo, el de la educación, tal como lo indican González-Salamanca *et al.* (2020); el uso de la tecnología como recurso, herramienta y andamiaje lo convierte en un factor de desarrollo de habilidades y conocimientos que se enfrentará de forma exitosa al reto de lograr el futuro sostenible que se busca desde lo laboral pasando por lo técnico y profesional. La tecnología impacta en el desarrollo de una ciudadanía global y en el desarrollo sostenible en su totalidad.

Una agenda global verdaderamente transformadora educa, forma, capacita; en ese sentido, el rol de la academia es determinante para identificar soluciones colaborativas tanto para dicha agenda como para las diversas crisis que se generan. En estos escenarios inciertos es donde se requiere información estratégica y acceso a ella, nuevos *big data*, modelos de negocio, financiamiento inclusivo mediante las plataformas digitales, el desarrollo de nuevos modelos de realidad, tal como señala la Asociación 2030Vision (2017). Las oportunidades y desafíos para que la tecnología avance y contribuya a los objetivos de desarrollo sostenible impactarán de manera representativa en la economía mundial; dicho esto, la influencia del desarrollo tecnológico en el desarrollo sostenible es relevante y el eje “desarrollo tecnológico-academia” constituye un impulsor estratégico para su dimensionamiento e impacto.

La educación y el desarrollo de la innovación e investigación configurada como un proceso estratégico de impacto acerca más la reflexión anteriormente citada a la línea de pensamiento que destaca CEPAL (2020) cuando indica que el sector académico desempeña una labor investigadora y docente imprescindible para progresar en la agenda 2030, indicando además que este proceso estratégico descansa en diferentes hitos tales como la investigación, la innovación y la inclusión. Así, la academia y su labor investigadora orientada a la innovación, específicamente en desarrollo y tecnología, constituye un agente de cambio para la agenda y para los futuros indicadores globales que se formulen sobre desarrollo sostenible.

La investigación es un puente importante para revisar la vinculación entre la tecnología y el desarrollo sostenible. Esta actividad impulsa el desarrollo tecnológico para el desarrollo sostenible desde un enfoque empírico y de evidencia en la empresa y la comunidad. Estos dos ámbitos son determinantes para fortalecer las líneas de trabajo de la investigación. El futuro

del estudio del nuevo constructo “tecnología-sostenibilidad” se basa en la nueva formulación de los sistemas de gestión del conocimiento, con un abordaje tanto empresarial como comunitario. En este sentido, es bastante interesante la posición de Johannessen (1999) que sienta las bases para analizar estos sistemas como una suerte de “centros” que promueven la gestión del trabajo inteligente mediante la sinergia de factores humanos, organizacionales y tecnológicos; el intercambio de conocimiento generado produce valor a la empresa y, por ende, a la sociedad. Este aspecto de la creación de valor “empresa-sociedad” es clave porque coadyuva al establecimiento de una cultura corporativa en la compañía para explotar la tecnología en la mejora de procesos y modelos empresariales. Tal como lo indica Hoeschl (2006), el punto de partida del desarrollo sostenible es la cultura; así, la construcción cultural empresarial hacia la sostenibilidad se sustenta en la mezcla de factores humanos (individuales y sociales), factores organizacionales (colaborativos estratégicos) y factores tecnológicos (funcionales e innovadores). Dicho esto, se pone a la luz diversos ámbitos que deben trabajarse en la investigación para el desarrollo tecnológico-desarrollo sostenible, desde una lógica tridimensional; el hombre, la empresa y la tecnología son los vértices que acompañarán a esta nueva comunidad del conocimiento y la decantará en una comunidad sostenible.

En la línea de lo antes mencionado está el trabajo de Duan (2019) que sostiene que integrar la tecnología con los procesos empresariales y con diversos tipos de toma de decisiones influye en el logro de los objetivos de desarrollo sostenible, los cuales impulsan el crecimiento de la economía y el desarrollo de la comunidad. El constructo “tecnologías responsables” aparece como un espacio de oportunidad en la creación de nuevas investigaciones. Investigar las tecnologías responsables es determinante, pero también lo es el poder determinar cómo la investigación del desarrollo tecnológico en el desarrollo sostenible permite construir empresas con modelos de gestión y de inversión responsable, dado que estos dos aspectos, la gestión y la inversión, impactarán en el beneficio de la comunidad. Y esto se puede extrapolar no solo a las empresas, sino también a todo el desarrollo organizacional e institucional; no puede haber una sociedad o comunidad “sana” donde existan empresas u organizaciones que tengan insania social; la innovación tecnológica y su investigación estratégica constante permiten implementar modelos sostenibles de producción, de consumo y colaboración.

Se ha demostrado que el nivel de interacción entre los sistemas humanos, tecnológicos y naturales son impulsores de los objetivos de desarrollo sostenible. Nilsson (2016) sostiene fervientemente esta posición; se pone en evidencia la necesidad de investigar cultura sostenible basada en tecnología, los hitos que definan la nueva forma de estructurar los sistemas de gestión del conocimiento, los componentes del nuevo valor compartido basado en tecnología y los modelos de negocio sostenibles en digitalización y desarrollo tecnológico.

La investigación sobre el desarrollo tecnológico para el desarrollo sostenible, si bien data desde hace muchos años, tiene una característica muy importante que la diferencia de otros ámbitos de la investigación, su nivel de impredecibilidad es prevalente; en ese sentido, Kaplan

(2010) sostiene que la investigación en este ámbito requiere constantemente de una comprensión y análisis dinámico que solo se logrará en investigaciones aplicadas que generen evidencia como resultado de la interacción de algunos hitos importantes del desarrollo sostenible, tales como el empleo, la ética, la educación y los negocios. Es claro que Kaplan se adelantó un poco a su tiempo, dado que estos elementos que citaba en su producción científica hoy son claves para la continuidad de la humanidad; realizar investigación sobre desarrollo tecnológico para alcanzar el desarrollo sostenible supone entender la evolución de la tecnología como una oportunidad de innovación social, empresarial e institucional.

Las bases de la actividad científica, específicamente en los ámbitos de la tecnología para el desarrollo sostenible, constituyen un aspecto importante y generador de una agenda que compromete a la academia como principal actor de procesos de investigación e innovación, y a la empresa también, dado que es un agente clave para el crecimiento económico. En este último aspecto es que se pone a la luz una tendencia de investigación importante para las empresas llamadas “con propósito”, un concepto que viene incrementando trabajos de investigación y que trasladan a un ámbito del *management* el concepto de valor compartido, que debe ser el ADN de las organizaciones, empresas e instituciones. Es importante destacar como oportunidad de investigación el análisis de cómo los fenómenos organizacionales que son parte de una gestión con propósito vinculan también el elemento “tecnología”. En este orden de ideas, los sistemas de gestión del conocimiento y desarrollo tecnológico impactan directamente en la formación de modelos de gestión sostenible, haciendo necesaria la investigación de los factores actuales que intervienen en la generación del valor compartido en el ámbito tecnológico.

La investigación en desarrollo tecnológico para el desarrollo sostenible debe fortalecer los nuevos espacios de oportunidad que el efecto del COVID-19 ha generado y que mediante la innovación se pueden mejorar. Así, la política, la capacidad de renovación, la vigilancia, el crecimiento laboral, la seguridad y la salud son espacios que la pandemia ha desconfigurado para luego volverse a configurar; la oportunidad es clara y evidente, se requieren nuevas líneas y sublíneas de investigación al respecto. Un aporte interesante es el de Di Vaio (2020) que trabaja una nueva taxonomía aplicativa para modelos de gestión sostenible y tecnología, construyendo una escalabilidad importante de los componentes graduales que se presentan en el nuevo diseño investigativo que requiere analizar el desarrollo sostenible, desde el desarrollo tecnológico.

Finalmente, hay que destacar que diversos investigadores postulan posiciones y restricciones relacionadas con los alcances de este ámbito de la investigación, básicamente por las variables éticas y de legalidad, las cuales son muy discutibles por diversas razones; dicho esto, se identifica otra “ventana de oportunidad” importante para investigar y generar evidencia de cómo la gobernanza y gestión pública, los sistemas micro y macrovigilantes, la urbanidad, los modelos ergonómicos de los sistemas inteligentes organizacionales y la gestión ética se podrían convertir en líneas de investigación y acciones claves para la agenda global vigente y por construir, esa es la característica más importante de la tecnología: es tan transformadora como cambiante.

## REFERENCIAS

- Asociación 2030Vision. (2017). *2030 Vision Global Goals Technology Forum*. Editorial SustainAbility.
- CEPAL. (2019). *La Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)
- Di Vaio, A., Palladino, R. Hassan, R., y Escobar, O. (2020). Artificial Intelligence and Business Models in the Sustainable Development Goals Perspective: A Systematic Literature Review. *Journal of Business Research*, 121, 283-314.
- Duan, Y. , Edwards J., y Kumar, Y. (2019). Artificial intelligence for Decision Making in the Era of Big Data-Evolution, Challenges and Research Agenda. *International Journal of Information Management*, 48, 63-71. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021>
- González-Salamanca, J. C., Agudelo, O., y Salinas, J. (2020). Key Competences, Education for Sustainable Development and Strategies for the Development of 21st Century Skills. A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/su122410366>
- Hoeschl, H. C., y Barcellos, V. (2006). Artificial Intelligence and Knowledge Management. *IFIP International Conference on Artificial Intelligence in Theory and Practice* (pp. 11-19). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-34747-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-0-387-34747-9_2).
- Johannessen, J., Olsen, B. y Olaisen, J. (1999). Aspects of Innovation Theory Based on Knowledge-Management. *International Journal of Information Management*, 19(2), 121-139. [https://doi.org/10.1016/S0268-4012\(99\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0268-4012(99)00004-3)
- Kaplan, A. M., y Haenlein, M. (2010). Users of the World, Unite! The Challenges and Opportunities of Social Media. *Business Horizons*, 53(1), 59-68.
- Nilsson, M., Griggs D., y Visbeck, M. (2016). Policy: Map the Interactions Between Sustainable Development Goals. *Nature*, 534(7607), 320-322. <https://doi.org/10.1038/534320a>
- Zhenmin, L. (2020). *Informe de los objetivos sostenibles 2020*. [https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020\\_Spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Spanish.pdf)



# PONENCIAS



# Modelo basado en aprendizaje de máquina estadístico para la determinación de factores que influyen en el rendimiento de sistemas de gestión de bases de datos relacionales

José Luis Ponce-Vergara

ponce\_joseluis@yahoo.com / Universidad Nacional de Ingeniería

Recepción: 18/7/2020 Aceptación: 1/10/2020

**RESUMEN.** Los procesos de negocios que soportan sus operaciones con aplicaciones que interactúan con sistemas de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) pueden incrementar su productividad a través de la identificación de los factores que afectan el rendimiento de las ejecuciones de las sentencias SQL que conforman su carga de trabajo, especialmente las cargas generadas por aplicaciones implementadas en ambientes de producción, que son recurrentes en el tiempo. El artículo propone un modelo de identificación de factores que afectan el rendimiento de las ejecuciones de las sentencias SQL que se procesan en un RDBMS, valiéndose de algoritmos de aprendizaje de máquina estadístico (análisis de componentes principales y análisis de correlación canónica) que explotan la información de los planes, estadísticas y métricas generadas durante el ciclo de vida de las ejecuciones de las sentencias SQL.

**PALABRAS CLAVE:** SQL / sistema de gestión de base de datos relacional / análisis de componentes principales / análisis de correlación canónica / algoritmo de aprendizaje de máquina estadístico / rendimiento de ejecución de sentencias SQL / administración del rendimiento

## A Model Based on Statistical Machine Learning for Determining Factors that Influence the Performance of Relational Database Management Systems

**ABSTRACT.** Business processes supporting their operations with applications that interact with relational database management systems (RDBMS) may increase their productivity through the identification of factors that affect the performance of SQL statement executions of any given workload, especially workloads generated by applications implemented in production environments which recur over time. This paper proposes a model to identify factors that affect the performance of SQL statement executions processed in RDBMS, using statistical machine learning algorithms (principal component analysis and canonical correlation analysis) that exploit the information of the plans, statistics and metrics generated during the life cycle of SQL statement executions.

**KEYWORDS:** SQL / relational database management system / principal component analysis / canonical correlation analysis / statistical machine learning algorithm / performance of SQL statements executions / performance management

## 1. INTRODUCCIÓN

La investigación se sitúa en el contexto de un área de conocimientos conocida como “administración del rendimiento” (*performance management*) y se enfoca en la construcción de un modelo que le ayude a un sistema de gestión de base de datos relacional con una carga de trabajo conocida o recurrente, como las que se manejan en ambientes de producción, a mantener un rendimiento aceptable de las operaciones que ejecuta a lo largo del tiempo, a través de la identificación de los factores que gobiernan ese rendimiento. Entiéndase el rendimiento como un requerimiento no funcional que un sistema de información debe cumplir para asegurar un adecuado nivel de servicio.

La investigación propone un modelo que se fundamenta principalmente sobre las investigaciones previas realizadas en dos áreas del conocimiento:

1. Reducción de la dimensión de un conjunto de datos para la identificación de los factores que influyen en el rendimiento de las ejecuciones de las sentencias SQL. El objetivo es reducir el número de variables de un conjunto de datos observados sin perder su esencia numérica (medidas de tendencia y varianza). El modelo propuesto utiliza el algoritmo de aprendizaje de máquina estadístico *principal component analysis* (PCA), al ser una técnica reconocida para estos menesteres, lo cual se fundamenta en la evaluación hecha por Mikolajczyk (2005). Asimismo, está probada su justificación y uso debido a la existencia de investigaciones que apoyan sus soluciones propuestas empleando el algoritmo PCA, entre las cuales se pueden citar a Badrinath Krishna (2015), Brauckhoff (2015), Shyu (2003) y Shawe-Taylor (2004).
2. Correlación no supervisada de variables para la identificación de relaciones de causalidad entre los factores que influyen en el rendimiento. Un algoritmo no supervisado supone que no se conoce *a priori* alguna relación de causalidad o dependencia entre dos conjuntos de datos. El modelo propuesto utiliza el algoritmo de aprendizaje de máquina estadístico no supervisado *canonical correlation analysis* (CCA), al ser una técnica reconocida en estos menesteres. El algoritmo CCA es usado para identificar y medir las asociaciones entre conjuntos de datos. Su justificación y utilización se puede consultar en las investigaciones realizadas por Zhang (2018) y Shawe-Taylor (2004).

Las investigaciones relativas al tema de análisis de rendimiento de *software* se pueden clasificar desde los siguientes tres enfoques: enfoque analítico, enfoque estadístico o de aprendizaje de máquina estadístico y enfoque de simulación.

- a. Enfoque analítico del análisis de rendimiento de *software*

Este enfoque normalmente se basa en teoría de colas, donde se modela al sistema de *software* como un conjunto de entidades servidoras dispuestas de diferentes maneras, las cuales tienen que procesar tareas en un orden de llegada preestablecido,

generalmente “Primero que entra, primero que sale” (*first in, first out*, FIFO). Algunas tareas tienen que esperar en las colas mientras otras están siendo atendidas por los servidores. La velocidad de atención de dichos servidores determinará el número de transacciones servidas por unidad de tiempo, así como la longitud de las colas de espera. Entre los trabajos que abordan este enfoque de manera extensa se mencionan a Kleinrock (1976) y Smith (2002).

- b. Enfoque estadístico o de aprendizaje de máquina estadístico del análisis de rendimiento de *software*

Este enfoque está basado en los datos (*data-driven*), y es donde se aplican algoritmos de aprendizaje estadístico o de aprendizaje de máquina. Este enfoque es el utilizado en este artículo. En este enfoque se aprovechan las técnicas de análisis de regresión estadística, econométricas o algoritmos de aprendizaje de máquina, con un conjunto de variables de entrada, y otro conjunto de datos con una o más variables de salida, las cuales se consideran dependientes de las entradas. Los conjuntos de observaciones para entrenar (*calibrating*) y probar (*testing*) los modelos son finitos, siendo el primero de mayor cardinalidad que el segundo. El modelo resultante es un modelo predictivo, entrenado y puesto a prueba con observaciones previas, y que permite estimar los valores de las variables de salida ante ciertos valores asignados a las variables de entrada. Entre los trabajos que abordan este enfoque de manera extensa se mencionan a Bontempi (2002) y Giusto (2001).

- c. Enfoque de simulación del análisis de rendimiento de *software*

Este enfoque está basado en la construcción de un modelo de simulación que captura las partes que marcan la cadencia del flujo de procesamiento del sistema de información que se estudia. El modelo de simulación imita el comportamiento en tiempo de ejecución del sistema, con el objetivo de ganar conocimiento de este e identificar sus cuellos de botella. Se puede consultar la investigación de Fortier (2003) para contar con una evaluación detallada de productos orientados con este enfoque.

Los modelos de simulación se construyen cuando la complejidad del sistema en estudio no permite usar enfoques analíticos conocidos para analizar y predecir su rendimiento. El modelo de simulación permite reducir el nivel de complejidad del sistema, y adecuar el nivel de detalle del modelo de acuerdo a la meta del análisis. Ejemplos de productos en esta categoría son:

- StateFlow de The Math Works: <https://www.mathworks.com/products/stateflow.html>
- COVERS de Analogic: <https://www.anylogic.com/resources/articles/covers-3-0-a-c-based-graphical-modeling-and-simulation-tool/>
- Anylogic de Analogic: <https://www.anylogic.com/features/>

## 1.1 Revisión de investigaciones previas en el campo de estudio

De *et al.* (2001) realizan una investigación empírica de factores influyentes sobre el rendimiento de consultas en bases de datos orientadas a objetos, que se concentra en la naturaleza de las consultas, sintaxis y semántica, así como los modelos de datos de implementación. Este tipo de enfoques requiere revisar cuestiones de diseño y programación de un sistema de información, tales como el código de las consultas y el tipo de modelo de datos elegido, lo cual impide escalar con facilidad la propuesta a otras situaciones.

Schkolnick y Tiberio (1985) plantean el desarrollo de fórmulas de costo para actualizaciones de bases de datos relacionales, como resultado de la evaluación de la sentencia a ejecutar, donde se considera como variables de entrada a los tipos de datos y predicados utilizados como filtros. Los autores proponen que este costo calculado influye considerablemente tanto en el diseño del modelo de datos como en las rutas de acceso a los datos.

Ganapathi *et al.* (2015) plantean un procedimiento para predecir métricas de rendimiento, donde se incluye al tiempo de respuesta de una sentencia SQL. Toma como entrada tanto los planes de ejecución de las sentencias SQL y sus resultados; de este modo, genera dos matrices: Query Plan Feature Matrix y Performance Feature Matrix. A partir de ellas crea proyecciones de rendimiento utilizando un motor de aprendizaje de máquina. La matriz de características del plan de la consulta (Query Plan Feature Matrix) es la que contiene los factores sintéticos que influyen en el rendimiento.

Como resultado de esta revisión, se observa que hay diferencias metodológicas al tratar de encontrar los factores de influencia en el rendimiento de las operaciones de un sistema de gestión de base de datos. Algunos enfoques analizan las sentencias SQL que conforman la carga de trabajo, y sobre este análisis generan conclusiones (enfoque de caja blanca), pero son más difíciles de generalizar por el trabajo que conllevan. Otros enfoques generan predicciones de rendimiento sobre la base de factores establecidos, y utilizan estos valores y los resultados obtenidos en las ejecuciones para entrenar y calibrar algoritmos de aprendizaje de máquina (enfoque de caja negra). La investigación que se presenta sigue el enfoque de caja negra, por permitir generalizar su metodología a diversas situaciones y obtener resultados en tiempos razonables.

El artículo presenta en la sección 2 la metodología que se sigue para generar el modelo de identificación de factores, luego en la sección 3 se muestran los resultados obtenidos por la aplicación del modelo en casuística real de ambientes de producción, y culmina con la sección 4 donde se presentan las conclusiones y trabajos futuros recomendados en esta línea de investigación.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología empieza tomando como insumo las muestras de información relacionadas con la interpretación y ejecución de las sentencias SQL, clasificadas en dos grupos:

- Datos previos a la ejecución de las sentencias SQL: relacionados con el análisis e interpretación de las sentencias SQL. Son datos conformados por variables de tipo numérico contenidas en el historial de planes de ejecución de las sentencias SQL. Esta información es generada por el optimizador del motor de la base de datos antes de la ejecución de las sentencias SQL.
- Datos posteriores a la ejecución de las sentencias SQL: relacionados a la ejecución de las sentencias SQL. Son datos conformados por variables de tipo numérico contenidas en el historial de estadísticas y métricas obtenidas luego de la ejecución de las sentencias SQL.

Para dar inicio a la identificación de los factores que influyen en el rendimiento de las ejecuciones de las sentencias SQL, se seleccionan las variables numéricas representativas antes y después de la ejecución de las sentencias SQL. Las variables pertinentes al momento antes de la ejecución de las sentencias SQL se extraen desde el historial de los planes de ejecución generados por el optimizador de base de datos relacional y se agregan, debido a que el plan de ejecución de una sentencia SQL tiene la forma de árbol invertido. Las variables pertinentes al momento después de la ejecución de las sentencias SQL se identifican y extraen del registro histórico de las estadísticas y métricas de ejecución. Téngase en cuenta que tanto los planes de ejecución como las estadísticas y métricas son grabadas por el motor de base de datos relacional en un repositorio dedicado a ese fin, y dicha información es considerada como insumo del modelo propuesto.

Las variables obtenidas son reducidas dimensionalmente (simplificadas) a través de un algoritmo aprendizaje de máquina estadístico de reducción de dimensionalidad (análisis de componentes principales [PCA]), para, posteriormente, a través de otro algoritmo de aprendizaje de máquina estadístico (análisis de correlación canónico [CCA]) encontrar las correlaciones multivariantes de factores más representativos.

## 2.1 Entorno de ejecución y descripción de programas desarrollados

La metodología propuesta en el artículo se ejecutó en el siguiente entorno y considerando los siguientes recursos:

- Los resultados de rendimiento de ejecuciones de sentencias SQL corresponden a Bases de Datos Oracle Database 12c Release 1 Enterprise Edition (12.1.0.2) implementadas en entornos de producción. Estos resultados se graban automáticamente en un repositorio denominado Automatic Workload Repository (AWR).
- Las sentencias SQL que conforman las cargas de trabajo estudiadas incluyen principalmente sentencias DML (INSERT, UPDATE, DELETE) y consultas (SELECT).

- Herramientas ETL para adecuar los datos registrados en AWR al propósito buscado. La información de rendimiento de las ejecuciones de sentencias SQL es filtrada, procesada, agregada y cargada a un modelo de datos, para luego ser explotada por los algoritmos de aprendizaje de máquina estadístico basados en PCA y CCA. Estas herramientas se programaron a través de shell scripts y SQL scripts.
- Los algoritmos de aprendizaje de máquina estadístico se programaron en lenguaje R versión 3.6.1 para plataforma Windows 64 bits.
- Los tipos de bases de datos evaluados son listados en la tabla 1.

Tabla 1  
Bases de datos de ambientes de producción en estudio

Base de datos	Propósito (carga de trabajo)	Tipo de base de datos
1	Operaciones (transaccional)	OLTP
2	Gestión financiera (Batch + DSS)	DSS
3	MRP (transaccional y Batch + DSS)	OLTP + DSS
4	ERP (transaccional y Batch + DSS)	OLTP + DSS

Elaboración propia

El proceso general se puede observar en la figura 1.

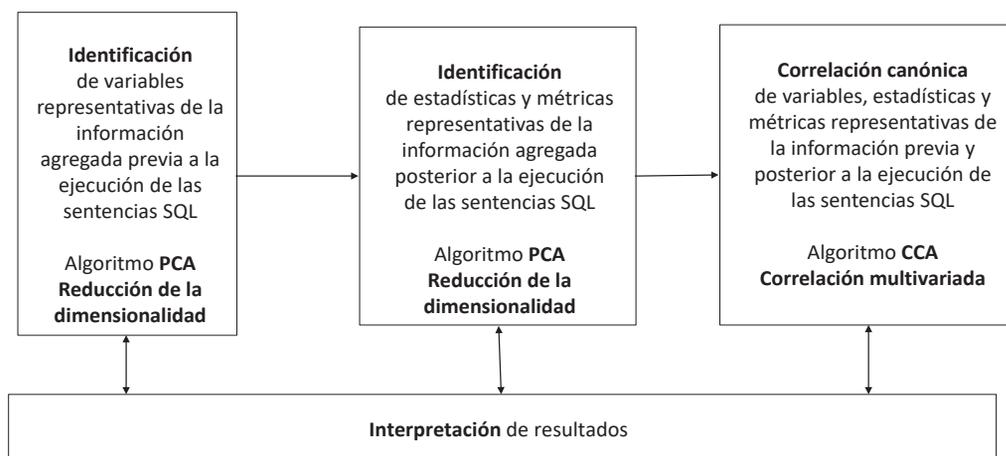


Figura 1. Proceso global de síntesis (reducción de dimensionalidad) y correlación canónica de variables que afectan el rendimiento de la ejecución de sentencias SQL

Elaboración propia

En la figura 2 se muestra el proceso de reducción de la dimensionalidad del conjunto agregado de datos previos a la ejecución de las sentencias SQL utilizando un algoritmo basado en PCA.

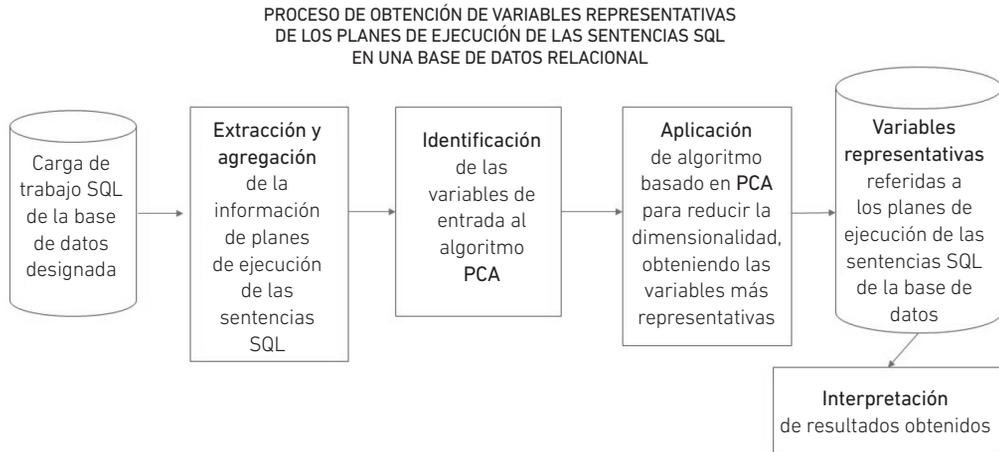


Figura 2. Reducción de la dimensionalidad del conjunto agregado de datos de planes de ejecución  
Elaboración propia

En la figura 3 se muestra el proceso de reducción de la dimensionalidad del conjunto de datos posteriores a la ejecución de las sentencias SQL utilizando un algoritmo basado en PCA.

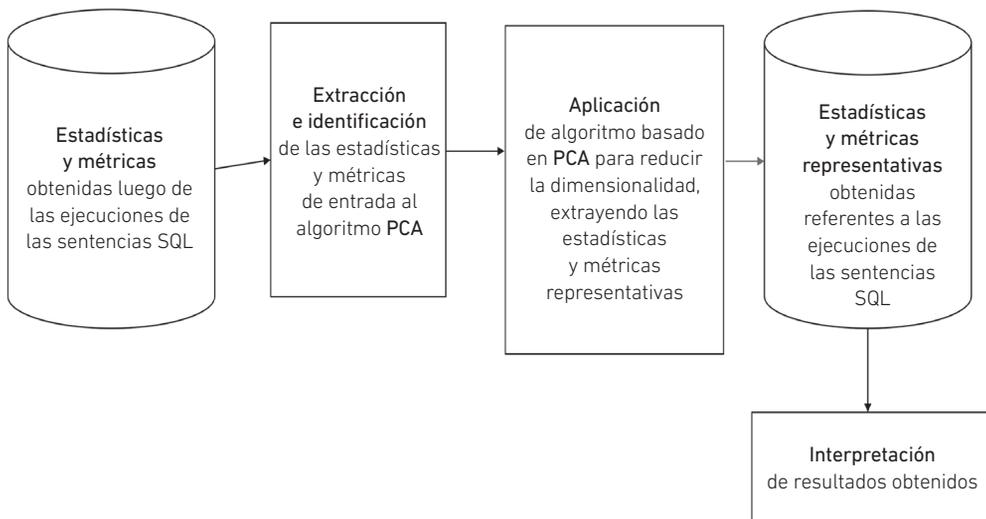


Figura 3. Reducción de la dimensionalidad del conjunto agregado de datos referidos al historial estadístico de ejecuciones  
Elaboración propia

En la figura 4 se muestra el proceso que comprende el análisis de correlación canónica multivariante de los dos conjuntos reducidos dimensionalmente y la identificación de factores y relaciones que afectan el rendimiento del procesamiento de sentencias SQL.

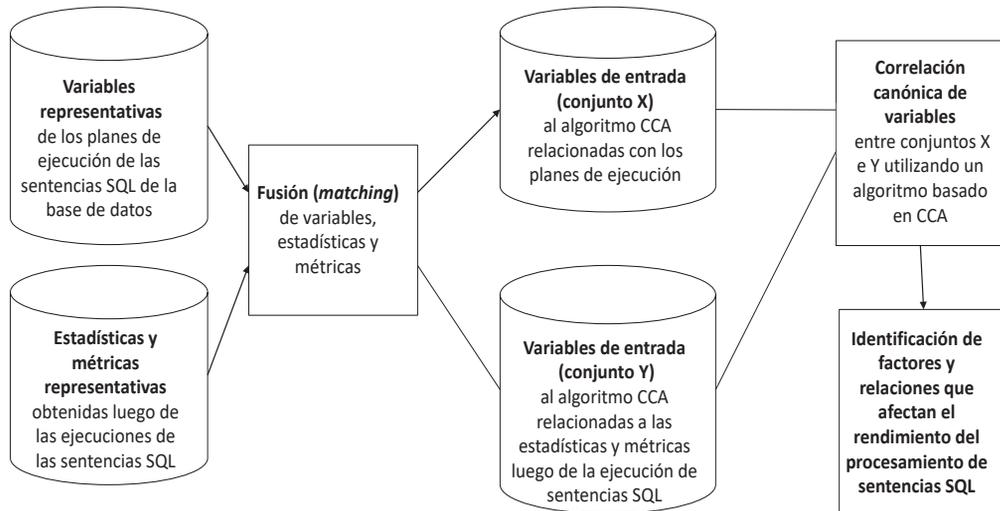


Figura 4. Proceso de análisis de correlación canónica multivariante  
Elaboración propia

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Algoritmo PCA a información previa a la ejecución de sentencias SQL

Tomando en cuenta la casuística de actuación de bases de datos de producción que sirven a aplicaciones DSS, y aplicando los algoritmos de reducción de dimensionalidad al conjunto agregado de datos previos a la ejecución de las sentencias SQL, se identifican los siguientes factores en el componente principal 1 (PC1), donde se concentra la mayor parte de varianza del conjunto de datos: I/O Cost, Cost, CPU Cost, Bytes y Cardinality (ver figura 5).

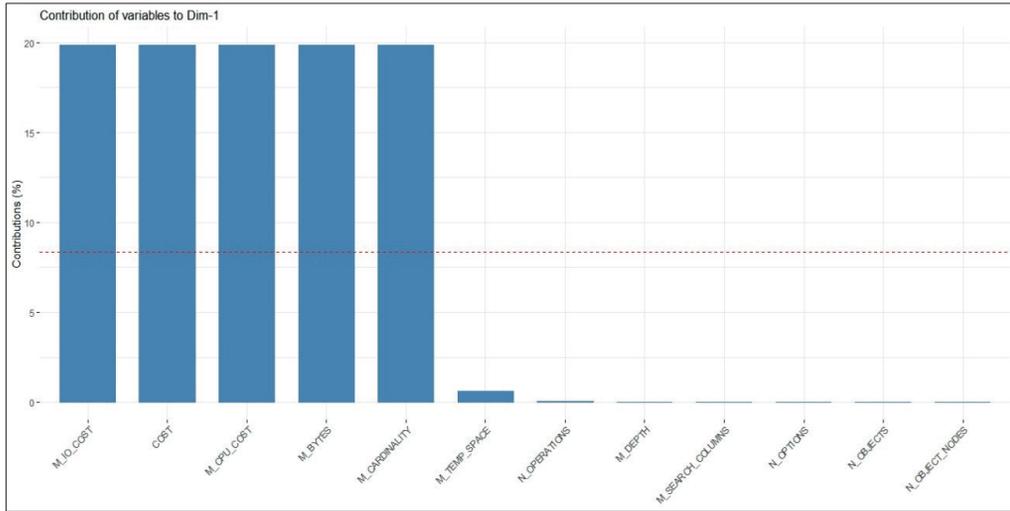


Figura 5. Variables representativas PCA1 de planes de ejecución para base de datos DSS  
Elaboración propia

Para bases de datos OLTP, se identifican los siguientes factores en el componente principal 1 (PC1), donde se concentra la mayor parte de varianza del conjunto de datos: I/O Cost, Cost, CPU Cost, Bytes y Cardinality (ver figura 6).

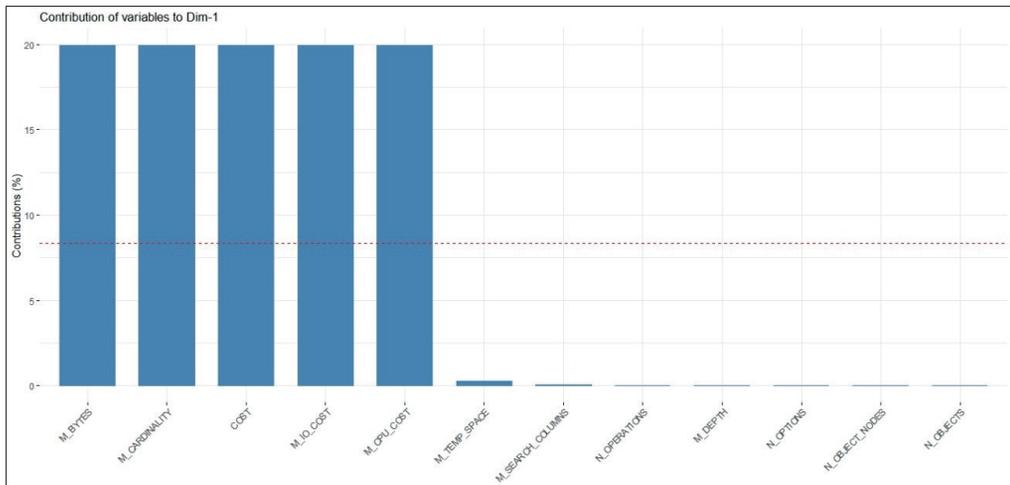


Figura 6. Variables representativas PCA1 de planes de ejecución para base de datos OLTP  
Elaboración propia

Para bases de datos con carga de trabajo mixta (OLTP y DSS), se identifican los siguientes factores en el componente principal 1 (PC1), donde se concentra la mayor parte de varianza del conjunto de datos: I/O Cost, Cost, Temp Space, Bytes y CPU Cost (ver figura 7).

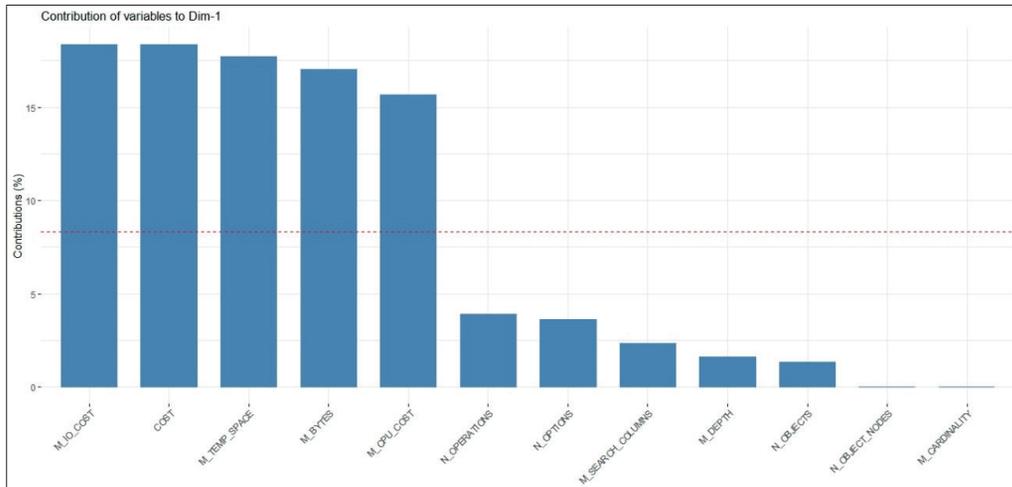


Figura 7. Variables representativas PCA1 de planes de ejecución para base de datos con carga de trabajo mixta OLTP y DSS

Elaboración propia

### 3.2 Algoritmo PCA a información posterior a la ejecución de sentencias SQL

Aplicando los algoritmos de reducción de dimensionalidad al conjunto agregado de datos posteriores a la ejecución de las sentencias SQL, para una carga de trabajo DSS se identifican los siguientes factores en el componente principal 1 (PC1), donde se concentra la mayor parte de varianza del conjunto de datos: Elapsed Time, I/O Wait, Disk Reads, I/O Interconnect Bytes, Physical Read Bytes, Physical Read Requests y CPU Time (ver figura 8).

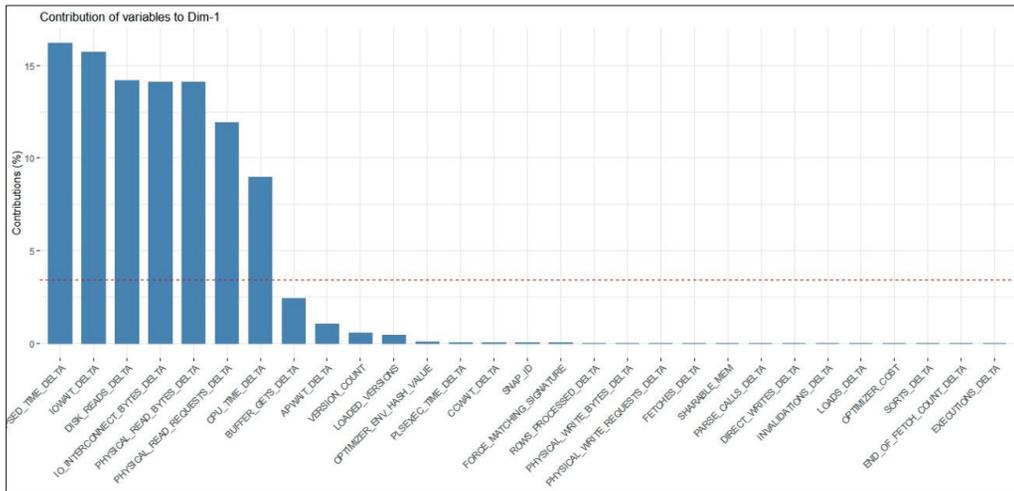


Figura 8. Variables representativas PCA1 de información de rendimiento de ejecuciones de sentencias SQL en base de datos DSS

Nota: "I/O Interconnect Bytes" fusiona valores de lectura y escritura en disco.

Elaboración propia

Para una carga de trabajo OLTP se identifican los siguientes factores en el componente principal 1 (PC1), donde se concentra la mayor parte de varianza del conjunto de datos: Elapsed Time, CPU Time, I/O Interconnect Bytes, Physical Read Bytes, Disk Reads, Physical Read Requests, IO Wait y Buffer Gets (ver figura 9).

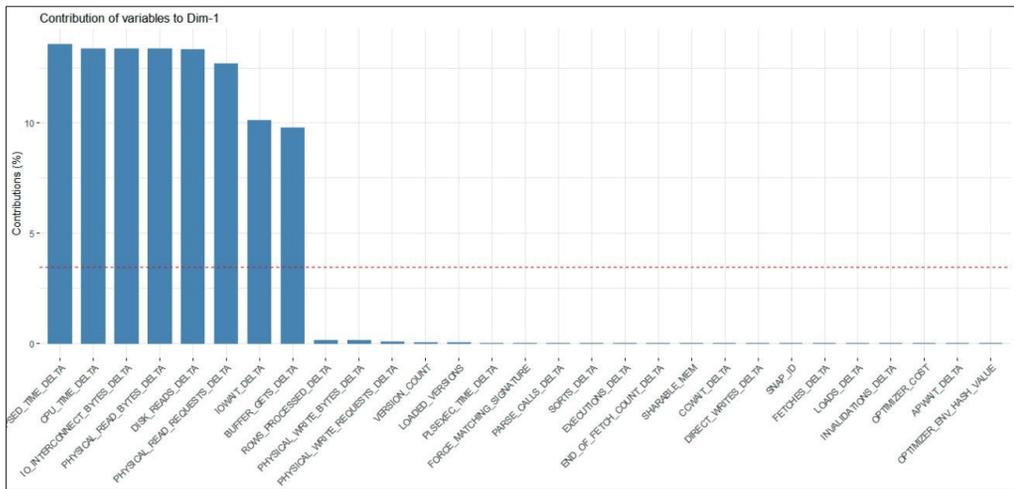


Figura 9. Variables representativas PCA1 de información de rendimiento de ejecuciones de sentencias SQL en base de datos OLTP

Elaboración propia

Para una carga de trabajo mixta (OLTP y DSS) se identifican los siguientes factores en el componente principal 1 (PC1), donde se concentra la mayor parte de varianza del conjunto de datos: Fetches, End of Fetch Count, Executions, Rows Processed, PLSExec time, CCWait, Elapsed Time y CPU Time (ver figura 10).

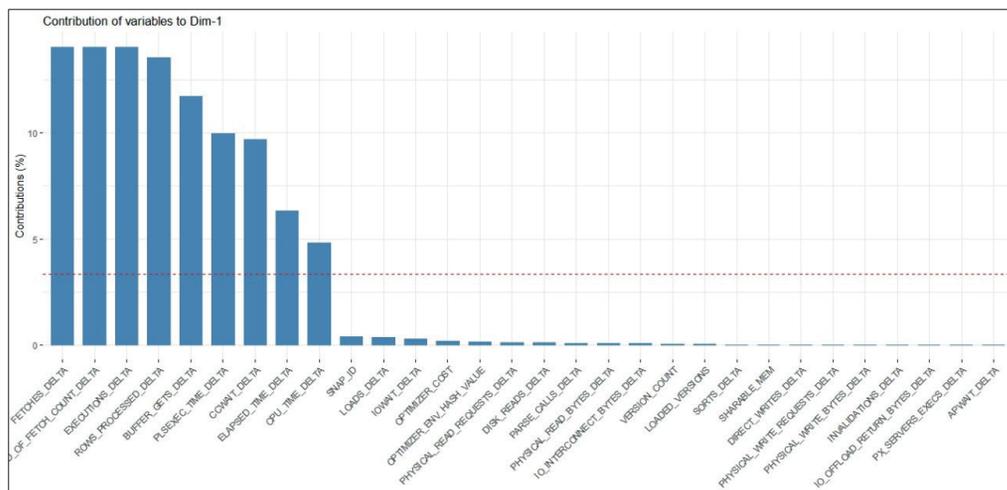


Figura 10. Variables representativas PCA1 de información de rendimiento de ejecuciones de sentencias SQL en base de datos con carga mixta OLTP y DSS  
Elaboración propia

### 3.3 CCA entre las variables y factores resultantes de la reducción dimensional PCA

Aplicando el algoritmo basado en el análisis de correlación canónico, se establece que solo la primera dimensión canónica tiene nivel de significancia estadística con p-value < 0,05 (ver tabla 2), y los factores y variables que explican la mayor proporción de correlación entre ambos conjuntos son {Cost, CPU Cost, I/O Cost} y {IO Interconnect Bytes, Physical Read Bytes} (ver tabla 3).

Tabla 2  
*Dimensiones canónicas para la base de datos*

Tests of Canonical Dimensions - Canonical Correlation Analysis (CCA)						
DB Type	Dimension	Corr.	F	df1	df2	p-value
DSS	1	0,87	14,35	84	3 907,96	0
OLTP	1	0,38	2,92	84	5 424,01	0
OLTP y DSS	1	0,35	2,09	84	7 218,74	0

Elaboración propia

Tabla 3  
*Correlación canónica de variables y factores por base de datos*

Tipo	Correlación	Plan de ejecución	Estadísticas y métricas de ejecución
DSS	0,87	Cost	IO Interconnect Bytes
		CPU Cost	Physical Read Bytes
		IO Cost	
OLTP	0,38	Bytes	Disk Reads
		Cardinality	IO Interconnect Bytes
		CPU Cost	Physical Read Bytes
OLTP y DSS	0,35	Cost	CPU Time
		CPU Cost	Elapsed Time
		Temp Space	End of Fetch Count
			Executions
			IO Interconnect Bytes
		Physical Read Bytes	

Elaboración propia

Por lo expuesto en la tabla 3, se llega al resumen de factores y variables influenciadas mostrado en la tabla 4.

Tabla 4

*Factores que influyen en el rendimiento de las ejecuciones de sentencias SQL en sistemas RDBMS*

Factor	Estadística y métrica de ejecución correlacionada
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cost</li> <li>• CPU Cost</li> <li>• IO Cost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physical Read Bytes (I/O Wait Time)</li> <li>• Physical Write Bytes (I/O Wait Time)</li> <li>• Disk Reads (I/O Wait Time)</li> <li>• CPU Time (Service Time)</li> <li>• Elapsed Time (Response Time)</li> </ul>

Elaboración propia

Se puede asociar cada factor encontrado con el componente asociado del tiempo de respuesta (Response Time), que es igual al tiempo de servicio (Service Time) más el tiempo de espera (Wait Time), tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

*Factores que influyen en las categorías de rendimiento de las ejecuciones de sentencias SQL en sistemas RDBMS*

Factor que influye en el rendimiento	Categoría de rendimiento
Costo de CPU (CPU Cost)	Tiempo de Servicio (Service Time)
Costo de I/O (IO Cost)	Tiempo de Espera (Wait Time)
Costo del Plan (Cost)	Tiempo de Respuesta (Response Time)

Elaboración propia

Asimismo, es posible cuantificar el impacto que tendrá en el tiempo de respuesta un perfil de costo determinado. Experimentalmente para bases de datos de un solo propósito, sea OLTP o DSS, si una sentencia SQL tiene un costo menor o igual a 822, entonces con 80 % de probabilidad se puede afirmar que su tiempo de respuesta al ejecutarse no excederá los 0,73 segundos. Esta información es útil al momento de establecer acuerdos de niveles de servicio.

#### 4. CONCLUSIONES

Nuestro objetivo fue aportar a la investigación en este campo de estudio con una metodología que combina dos algoritmos de aprendizaje de máquina estadístico, *principal component analysis* y *canonical correlation analysis*, para conocer los factores que dominan o afectan la actuación o rendimiento de un sistema de gestión de base de datos relacional visto como caja negra, sin necesidad de entrar en los detalles internos de su arquitectura. Los resultados arrojan como factores influyentes al Costo, IO Cost y CPU Cost.

La efectividad de la metodología se apoya en contar con estimaciones de costo valederas y estas se obtienen cuando las estadísticas de los objetos del motor de base de datos están actualizadas, o en su defecto representan estadísticamente al conjunto de datos que se maneja. Esta aseveración es válida para cualquier implementación de base de datos relacional, como, por ejemplo, Oracle Database, IBM DB2 y Microsoft SQL Server. Se recomienda consultar respectivamente las siguientes referencias:

- i. [https://docs.oracle.com/cd/B19306\\_01/server.102/b14211/stats.htm#i37048](https://docs.oracle.com/cd/B19306_01/server.102/b14211/stats.htm#i37048)
- ii. [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSEPEK\\_11.0.0/intro/src/tpc/db2z\\_queryandapplicationperformanceanalysis.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSEPEK_11.0.0/intro/src/tpc/db2z_queryandapplicationperformanceanalysis.html),
- iii. <https://docs.microsoft.com/es-es/sql/relational-databases/query-processing-architecture-guide?view=sql-server-ver15>

Verificar que el costo de una sentencia SQL, una magnitud proveniente de la ponderación de varios factores medidos en el momento de generar el plan de ejecución y donde predomina el componente de I/O en disco (IO Cost), es un factor que influye en el rendimiento de su ejecución. Puede inferirse que una sentencia SQL con costo alto (costo resultante en su plan de ejecución óptimo) tendrá generalmente un número considerable de operaciones en disco, lo que redundará en el aumento del tiempo de respuesta al momento de ejecutarse.

Los algoritmos que se usaron para el artículo son de la categoría de aprendizaje de máquina no supervisado. Se pueden incluir variantes kernelizadas de estos, a saber, kernel-PCA y kernel-CCA, para probar nuevas hipótesis y servir como plataforma de predicción de estadísticas y métricas de ejecución.

## REFERENCIAS

- Badrinath Krishna, V., Weaver G.A., y Sanders W. H. (2015). PCA-Based Method for Detecting Integrity Attacks on Advanced Metering Infrastructure. En J. Campos y B. Haverkort (Eds.), *Quantitative Evaluation of Systems. 12th International Conference, QEST 2015, Proceedings* (pp. 70-85). Springer.
- Bontempi G., y Kruijtzter W. (2002). A Data Analysis Method for Software Performance Prediction. En *Proceedings of the Design, automation and test in Europe (DATE 02)* (pp. 971-976). IEEE.
- Brauckhoff, D., Salamatian, K., y May, M. (2009). Applying PCA for Traffic Anomaly Detection: Problems and Solutions. En *Proceedings of IEEE INFOCOMM 2009*.
- De, P., Sinha, A. P., y Vessey, I. (2001). An Empirical Investigation of Factors Influencing Object-Oriented Database Querying. *Information Technology and Management*, 2(1), 71-93.

- Fortier P. J., y Michel H. E. (2003). *Computer Systems Performance Evaluation and Prediction*. Digital Press.
- Ganapathi, A. S., Kuno, H. A., y Dayal, U. (2015). U. S. Patent No. 9,189,523. U.S. Patent and Trademark Office.
- Giusto P., Martin G., Harcourt E. (2001). Reliable Estimation of Execution Time of Embedded Software. *Proceedings of the DATE 2001 on Design, Automation and Test in Europe* (pp. 580-589). IEEE.
- Kleinrock, L. (1976). *Queuing Systems, Volume II: Computer Applications*. John Wiley & Sons.
- Mikolajczyk, K., Schmid, C., (2005). A performance evaluation of local descriptors. *IEEE Transactions of Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 27(10), 1615-1630.
- Schkolnick, M., y Tiberio, P. (1985). Estimating the cost of updates in a relational database. *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, 10(2), 163-179.
- Shawe-Taylor, J. (2004). *Kernel Methods for Pattern Analysis*. Cambridge University Press.
- Smith, C. U., y Williams, L. G. (2002). Performance and Scalability of Distributed Software Architectures: An SPE Approach. *Scalable Computing: Practice and Experience*, 3(4).
- Zhang L., Liu F., y Zeng Z. (2018). Combining Link and Content Correlation Learning for Cross-Modal Retrieval in Social Multimedia. En Q. Zu y B. Hu (Eds.), *Human Centered Computing, HCC 2017. Lecture Notes in Computer Science*, 10745. Springer, Cham.



# La seguridad de la información en la administración pública

Kadú Josep Altamirano-de-la-Borda

kje1\_2003@hotmail.com, kje12003@gmail.com /Investigador independiente

Recepción: 24/8/2020 Aceptación: 23/10/2020

**RESUMEN.** La información pública es producto de la administración y transformación de otra información que tiene un efecto directo en la ciudadanía, por lo cual debe ser protegida asegurando su confidencialidad, integridad y disponibilidad, teniendo siempre presentes los principios del derecho al acceso a la información de los ciudadanos. Si bien en el Perú se han dado los pasos adecuados para implementar los sistemas de gestión de seguridad de la información en el ámbito público, solo el 6 % de los organismos públicos ha cumplido con implementar lo dispuesto por la normativa vigente. Por lo cual se hace necesario que el Estado redoble los esfuerzos para proteger su información a través de la implementación de sus sistemas de gestión de seguridad de la información, ya que los nuevos escenarios referentes a la tecnología, la información y la interacción entre Estado y ciudadanía así lo requieren.

**PALABRAS CLAVE:** seguridad / información pública / ciberseguridad

## Information Security in Public Administration

**ABSTRACT.** Public information is the product of the administration and transformation of other information that has a direct effect on citizens; thus, it must be protected by ensuring its confidentiality, integrity and availability, always keeping in mind the principles of the citizens' right of access to information. Although the appropriate steps have been taken in Peru to implement information security management systems in the public sphere, only 6 % of public entities have complied with implementing the provisions of current regulations. Therefore, it is clear that the government should redouble efforts to protect its information by implementing Information Security Management Systems, required by the new scenarios regarding technology, information and the interaction between government and citizens.

**KEYWORDS:** security / public information / cybersecurity

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de los tiempos la información ha sido considerada como uno de los activos más importantes de una organización, ya que con base en esta se toman decisiones que impactan directa o indirectamente en la vida de las personas. A lo largo del tiempo, las formas de tratarla y protegerla han ido cambiando y evolucionando de acuerdo con las diferentes tendencias que se han ido desarrollando y adoptando según las necesidades propias de cada organización. En el presente trabajo se trata de dar una aproximación de lo que significa la seguridad de la información en el contexto de la administración pública, donde la información adquiere características muy particulares.

Este artículo está dividido en tres partes; en la primera se detallan las bases teóricas sobre el tema a tratar. En la segunda parte se desarrolla en sí lo que significa en el Perú la implementación y el avance de la seguridad de la información en la administración pública. Y, por último, en la tercera parte se realiza un análisis de lo expuesto y se expresan conclusiones sobre el tratamiento de la información y la seguridad de la información en el país.

## 2. ¿Y QUÉ ES LA INFORMACIÓN?

Es un mensaje producto del procesamiento de un conjunto organizado de datos que cambia el estado de conocimiento de una persona o sistema que lo interpreta. Este “mensaje” puede ser de diferentes tipos, formas y estructuras, que puede estar contenido en un sinnúmero de objetos ya sean tangibles o intangibles, de acuerdo a su naturaleza y tratamiento. Es importante mencionar que la información es cambiante, dinámica y que se puede ir transformando de acuerdo a nueva información o nuevos datos que influyan en esta. La información, se puede decir, tiene un ciclo de vida; en la actualidad el que ha sido definido y aceptado por la comunidad es el ciclo planteado por Rich Mogull de Securosis en el 2007:

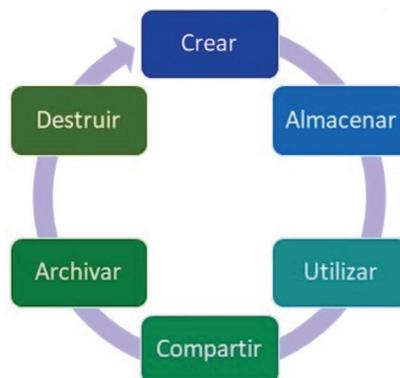


Figura 1. Data Security Lifecycle 2.0

Elaboración propia, con información de Mogull (2011)

### 3. LA INFORMACIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

Cleveland (1986) sostiene que “la administración pública e información es lo mismo, ya que la administración trabaja con información y el producto de la administración no es otro que información que ha sido transformada”.

En el 2001, Muñoz Cañavate define a la información en el sector público como “toda aquella información que sirve al ciudadano”. Indica también que:

A diferencia de la información científica y técnica, cuyos límites vienen marcados por sus propios usuarios, especialistas en cada área de conocimiento; la información que se deriva de los flujos informativos entre administración y administrado no tiene los límites anteriores, ya que cualquier ciudadano es usuario potencial de los servicios de una administración (local, regional o nacional) y la información que se deriva de esos servicios es motivo de tratamiento.

Es en este entender que a los ciudadanos se les genera un derecho que es el del “acceso a la información”, el cual sostiene que toda persona puede acceder a información que se encuentra en poder de las entidades públicas y, por tanto, estas deben entregar dicha información, siempre y cuando esta no se encuentre protegida por alguna de las excepciones previstas en la normativa que corresponda.

Este derecho está soportado por los principios siguientes (Mendel, 1999):

- a. *Máxima divulgación.* Sostiene que toda la información del Estado debe ser pública, salvo excepciones debidamente justificadas contempladas en la ley o Constitución.
- b. *Obligación de publicar.* Precisa que los organismos públicos tienen la obligación de atender las solicitudes de acceso a la información, así también, de procurar la publicación y difusión de información de interés público. Este principio considera ciertos límites razonables, que se circunscriben a recursos y capacidad. Las entidades estatales deben hacer pública la información siguiente como mínimo:
  - i. Información operativa sobre el funcionamiento de las entidades públicas
  - ii. Información sobre solicitudes o quejas realizadas ante una determinada entidad pública
  - iii. Información sobre cómo la ciudadanía puede contribuir al proceso de formulación de políticas públicas; los tipos y formas de información en poder de las entidades públicas
  - iv. Información sobre decisiones y políticas que afectan a la ciudadanía, la cual contiene los antecedentes sobre las mismas, la evidencia que llevó a su formulación, así como información relacionada

- c. *Promoción del gobierno abierto.* Sostiene que para garantizar el derecho a la información, los gobiernos deben promover de forma activa una cultura de apertura y transparencia.
- d. *Alcance limitado de excepciones.* Las excepciones al acceso libre a la información deben tener una base en excepciones con una justificación razonable y explícita.
- e. *Procesos para facilitar el acceso.* Precisa que las solicitudes de información pública deben ser procesadas de forma justa y rápida; asimismo, se debe proporcionar un mecanismo de revisión independiente al solicitante en caso se dé un rechazo.
- f. *Costos.* Sostiene que los costos de acceso a la información pública no deben ser un obstáculo para que el ciudadano pueda acceder a realizar una solicitud de información.
- g. *Reuniones abiertas.* La libertad de información contiene el derecho de la ciudadanía a participar en la toma de decisiones y a saber cómo se comporta el gobierno en su nombre.
- h. *La divulgación tiene prioridad.* Toda ley relacionada con el tratamiento de la información pública debe ser consistente con el principio de máxima divulgación y los demás principios que sustentan la libertad de información.
- i. *Protección para denunciantes.* Las personas que comparten información al público sobre las irregularidades del gobierno, como la corrupción, entre otros, deben ser objeto de protección ante cualquier tipo de sanciones administrativas, legales o de otro tipo.

#### 4. LA SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN

La norma ISO/IEC 27001 define a la seguridad de la información como el conjunto de medidas preventivas y reactivas que adopta una organización o sistema tecnológico que permite el resguardo y protección la información teniendo como base los siguientes principios:

- a. *Confidencialidad.* Es la propiedad que asegura el acceso a la información únicamente a aquellas personas que cuenten con la debida autorización.
- b. *Disponibilidad.* Es la característica de la información de encontrarse a disposición de quienes deben acceder a ella en el momento que así lo requieran.
- c. *Integridad.* Es la propiedad que busca mantener los datos libres de modificaciones no autorizadas.

## 5. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN (SGSI)

La norma ISO/IEC 27001 define a un SGSI como un conjunto de políticas de administración de la información cuyo propósito en una organización es el diseño, implantación, mantenimiento de un conjunto de procesos para gestionar eficientemente el acceso a la información, con el fin de asegurar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información minimizando a la vez los riesgos de seguridad de la información.

## 6. PROTEGER LA INFORMACIÓN PÚBLICA

En los últimos años se ha visto un creciente esfuerzo por parte de las entidades del sector público de “proteger” la información, teniendo como base las directivas y normas legales vigentes referentes al tema y como ejemplo la implementación del estándar ISO/IEC 27001, la Ley de Protección de Datos Personales, entre otros. Además de ello, es preciso mencionar los esfuerzos del Estado para poder compartir la información relevante con la ciudadanía, como la Ley de Transparencia, entre otros.

En un estricto sentido conceptual y teórico se podría sostener que para “proteger” la información simplemente debemos cumplir con la implementación y cumplimiento de las normas y directivas vigentes. Sin embargo, en razón del “matiz” único que asume la información en la administración pública, la aplicación de la seguridad se vuelve una tarea compleja, ya que se abren diferentes frentes basados en el punto de vista de las partes del Estado, lo cual hace necesario buscar y encontrar un “justo medio” para definir qué información se debe proteger, hasta qué punto se debe proteger y de quiénes debe ser protegida; en otras palabras, definir la confidencialidad, integridad y disponibilidad, ya que desde el punto de vista del ciudadano, tomando en cuenta lo indicado por Muñoz Cañavate, este puede considerar que tiene el derecho de poder acceder a todo tipo de información. Ahora bien, desde el punto de vista de la administración pública se puede considerar que el ciudadano solo debe recibir cierta clase de información.

## 7. ¿Y CÓMO LOGRAMOS EL “JUSTO MEDIO”?

Sería ideal poder seguir una única fórmula, pero al ser un problema tan complejo, que está influenciado por diferentes intereses y una variedad tan amplia de información, se hace imposible establecer una receta general. Aun así, es posible definir los aspectos generales que determinen cómo se puede llevar a cabo la tarea, pero ¿cómo? Pues bien, la primera tarea es definir las reglas de juego, es decir, el “qué” y el “cómo”; en este punto en el Perú se han dado pasos significativos, primero desde la definición de los parámetros de la transparencia en la administración pública

que en el Perú se tienen previstos en la Constitución Política y la Ley 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública (Novoa, 2016), y luego a través de la Secretaría de Gobierno Digital que “lidera los procesos de innovación tecnológica y de transformación digital del Estado y que tiene entre sus funciones elaborar los planes, políticas, normativas y directivas en el marco de las competencias teniendo en cuenta las necesidades y realidades del Estado en su conjunto” (PCM, 2020), es decir, definir toda la estructura legal y regulatoria para soportar la implementación y mantenimiento de la seguridad de la información.

La segunda tarea es la implementación; en este punto dicho trabajo se vuelve un tanto difuso, ya que existen diferentes factores que impactan negativamente en este esfuerzo (Seclén Arana, 2016); es en este punto en que la búsqueda del equilibrio se hace imperante, pues al establecer el Sistema de Gestión de Seguridad de la Información, las organizaciones deben definir cuáles son los alcances de las características de la información, situación que representa una tarea delicada y de precisión para no ir en contra del ciudadano y su derecho al acceso a la información, soportado por los nueve principios previamente descritos, aunque es importante indicar que estos pueden ser enmarcados en los ámbitos de los objetivos de los principios de la seguridad de la información:

Tabla 1  
*Relación entre principios*

Principios "Derecho de acceso a la información"	Principios de seguridad de la información			Relación entre principios
	Confidencialidad	Disponibilidad	Integridad	
Máxima divulgación	X			La información debe estar clasificada para "autorizar" su divulgación según corresponda.
Obligación de publicar		X	X	La información debe ser compartida en tiempo y forma, guardando las garantías de autenticidad necesarias.
Promoción del gobierno abierto		X		El gobierno debe procurar la "disponibilidad" de la información.
Alcance limitado de excepciones	X			La información debe estar clasificada para "autorizar" su divulgación según corresponda.

(continúa)

(continuación)

Procesos para facilitar el acceso		X	X	El gobierno debe brindar las herramientas y recursos que sean necesarios para compartir la información en tiempo y forma.
Costos	X	X	X	El costo no puede ser obstáculo para garantizar la seguridad de la información y el acceso a la información.
Reuniones abiertas		X		El gobierno debe procurar la "disponibilidad" de la información.
La divulgación tiene prioridad	X			La información debe estar clasificada para "autorizar" su divulgación según corresponda.
Protección para denunciantes	X			La información en casos de denuncias debe ser clasificada y asegurada.

Elaboración propia

Se ha mencionado que la información es cambiante; por ende, su protección también adquiere esta característica, situación que se refleja en el ciclo de vida de un sistema de seguridad de la información, según la norma ISO/IEC 27001:

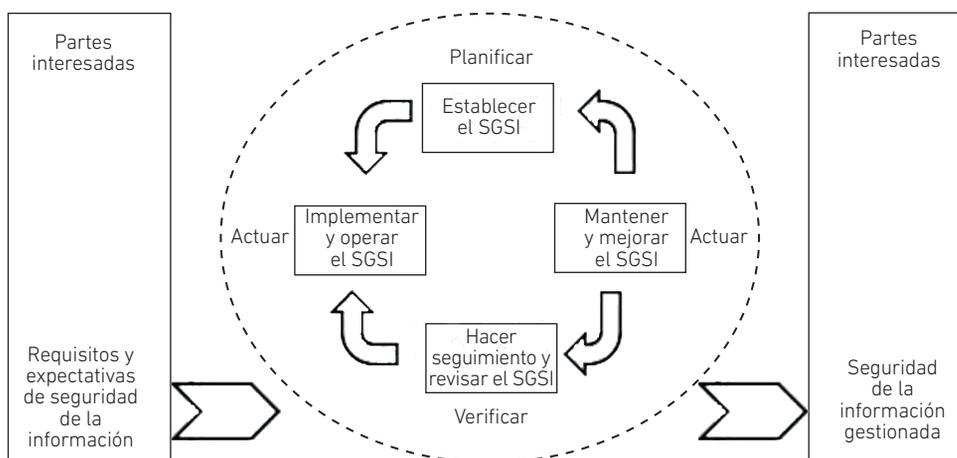


Figura 2. Ciclo de vida de un sistema de gestión de seguridad de la información

Fuente: ONGEI (2010); Frayssinet (2016)

Esto significa que la tercera tarea es el seguimiento y control; como se ha mencionado antes no basta con “cumplir” con la normatividad vigente, sino que es necesario evaluar cómo se está desarrollando la protección. Es importante medir de forma constante cuán eficiente y eficazmente está siendo protegida la información de modo que, de acuerdo a las necesidades, se ajuste a la seguridad de la información.

Por tanto, se puede sostener que el camino para proteger la información pública tiene tres etapas y por su naturaleza estas tienen una relación cíclica:

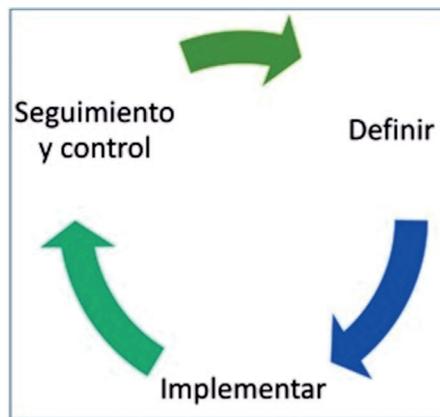


Figura 3. Tareas para proteger la información pública  
Elaboración propia

## 8. LOS PARTICIPANTES

En el punto anterior se ha explicado cuál es el camino para lograr proteger la información pública, y la pregunta cae de madura: ¿y quién hace qué? La respuesta es muy compleja en razón de la naturaleza propia del Estado y su estructura; sin embargo, se pueden determinar dos actores macro: el ciudadano, representado en la sociedad civil, y el Estado. El primero tiene un derecho que es el de “acceso a la información” (Novoa, 2016), el segundo tiene la obligación de cumplir con ese derecho. El Estado peruano se puede representar de la siguiente manera:



Figura 4. Estructura del Estado peruano  
Fuente: Correa (2010)

Ahora bien, dentro de la tarea de cumplir con el derecho al acceso a la información de la sociedad civil, es necesario ir especificando cuáles son las funciones y responsabilidades de cada parte del Estado, partiendo de la premisa de que unos definen y otros hacen, ya que el Estado tiene una naturaleza jerárquica:

- a. Los que definen
  - i. Gobierno nacional
    - *El Poder Ejecutivo.* Entre sus funciones varias tiene como objetivo el reglamentar la normativa establecida para cumplir la ley y reglamentar las normas que correspondan. En el caso estricto materia del presente artículo, vendría a ser la parte del Estado que establece el “cómo” hacer las cosas, así como velar por el cumplimiento de los objetivos planteados respecto a la seguridad de la información en la administración pública. En el país, el organismo encargado de esta función es la Presidencia del Consejo de Ministros, a través de la Secretaría de Gobierno Digital.
    - *El Poder Legislativo.* Esta parte del Estado es quien, en representación del pueblo, dicta el “qué” hacer, esto a través de las leyes que son la norma general sobre algún aspecto de las relaciones sociales. En referencia al tema

tratado, por ejemplo, el Congreso ha establecido la Ley de Transparencia o la Ley de Protección de Datos Personales, por citar algunos ejemplos.

- *Entes autónomos.* En el sentido estricto del tema tratado, el rol de estos entes viene a ser el de consultores del Poder Ejecutivo. Y en algunos casos, de ahondar en las definiciones establecidas para adecuar o fortalecer a su área de influencia.

b. Los que hacen

En esta categoría se agrupa a todo el aparato estatal, es decir, a los tres niveles de gobierno y a la sociedad civil. Ya que es responsabilidad de todos el cumplir con las normas establecidas. Todas las entidades deberán realizar la tarea de implementar la seguridad de la información, adecuando de acuerdo a sus necesidades y utilizando las herramientas y mejores prácticas permitidas por la ley. Es preciso mencionar que la “adecuación” a las necesidades no les da a las organizaciones la discrecionalidad de poder “interpretar” la normativa, escoger qué parte de la normativa se va a cumplir o implementar, o modificar los procesos macrodefinidos, ya que esto iría en contra de los principios del derecho al acceso a la información, solo le da la potestad de poder “organizar” y “clasificar” su información para poder definir las excepciones de forma justificada, explícita y de alcance limitado y al “matizar” los procesos de acuerdo a la necesidad y recursos que tienen.

## 9. ¿CUÁNDO PROTEGER LA INFORMACIÓN?

Ya se han definido el qué, el cómo y el quién, ahora corresponde definir ¿cuándo? Y la respuesta es simple y tajante: siempre. Sin embargo, en la práctica esto no es tan simple; si bien la seguridad de la información ha formado parte de la vida cotidiana a través de la historia de la humanidad, los esfuerzos por normarla y estandarizarla a nivel global son relativamente nuevos; podemos considerar un punto de quiebre e hito en este esfuerzo: la publicación, en el 2005, de la norma ISO/IEC 27001 a nivel mundial.

## 10. ¿Y EN EL PERÚ, CUÁL ES EL ESTADO DE LA SITUACIÓN?

En el país, en concreto en el ámbito público, se dispuso, en el 2016, mediante Resolución Ministerial 004-2016-PCM la obligatoriedad de la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información según la norma técnica peruana “ISO NTP/IEC 27001:2014 Tecnología de la Información. Técnicas de Seguridad. Sistemas de Gestión de Seguridad de la Información. Requisitos, 2.ª edición”, en todas las entidades integrantes del Sistema Nacional de Informática en un plazo no mayor de dos años. Se debe resaltar que este mecanismo fue

necesario, ya que por naturaleza las normas técnicas peruanas son enfocadas más que todo en el sector empresarial y son de cumplimiento voluntario, no pasibles de sanción (INACAL, 2016).

Esta ordenanza, sin embargo, nos presenta algunas interrogantes, siendo las más importantes las siguientes: ¿qué es el Sistema Nacional de Informática?, ¿quiénes conforman este sistema? y ¿se cumplió el objetivo propuesto? Pues bien, El Sistema Nacional de Informática era “el conjunto de entidades del sector público, interrelacionadas entre sí, que en forma integrada, coordinada, racionalizada y bajo una normatividad común, desarrollan actividades informáticas oficiales” (ONGEI, 2010) y estaba conformado por algunas entidades del sistema público; es importante mencionar que no era parte de este sistema TODO el aparato estatal, estaba restringido a entidades como ministerios, organismos autónomos y algunas organizaciones adicionales. ¿Y los resultados? Pues, en primera instancia, se podría decir que sí se ha cumplido con el objetivo, ya que todos los integrantes del Sistema Nacional de Informática, conformado por setenta y un organismos públicos (Seclén, 2016), implementaron sus sistemas; sin embargo, se debe considerar que el aparato público cuenta con 2940 entidades públicas aproximadamente (PCM, 2017). Es decir, en un principio, bajo el cumplimiento de la Resolución Ministerial 004-2016-PCM solo el 2,4 % de entidades públicas implementaron su Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información.

Entre los años 2016 y 2020, se ha visto una marea de cambios en lo que concierne a los temas de gobierno y transformación digital, desde el enfoque con el que se asumen de una manera mejor estructurada los conceptos de datos, información y las tecnologías de la información en la administración pública y, por ende, también desde la seguridad de la información, como en el marco regulatorio. Estos son, en mi opinión, los cambios más trascendentales:

- En el 2018 la publicación de la Ley de Gobierno Digital, aprobada por Decreto Legislativo 1412, donde “se establece el marco de gobernanza del gobierno digital para la adecuada gestión de la identidad digital, servicios digitales, arquitectura digital, interoperabilidad, seguridad digital y datos. Asimismo, define el régimen jurídico aplicable al uso transversal de tecnologías digitales en la digitalización de procesos y prestación de servicios digitales por parte de las entidades de la Administración Pública en los tres niveles de gobierno” (PCM, 2020).
- Y en el 2020, la publicación del Decreto de Urgencia 006-2020, Decreto de Urgencia que crea el Sistema de Transformación Digital, que según su artículo 4 es de aplicación para todo el aparato estatal y según una de sus disposiciones complementarias dicho sistema reemplaza al Sistema Nacional de Informática. Indica también que el ente rector de este sistema es la Secretaría de Gobierno Digital.

¿Por qué son importantes estos cambios? En definitiva, porque el Estado, a través de los órganos que corresponden, comienza a establecer cuáles son las bases sustantivas para su funcionamiento y su interacción en referencia al tratamiento de la información y más aún en

un escenario donde la tecnología y lo digital es el principal participante. Este escenario nos plantea también nuevos retos, ya que el Estado depende solo de él mismo para poder avanzar en la dirección correcta, pues como se muestra a continuación, si bien el Estado promueve el cambio y la seguridad de la información, es este mismo ente quien no ha logrado cumplir con sus propios objetivos.

Como todo proceso requiere ser medido, todos los años la Secretaría de Gobierno Digital (antes ONGEI), ente rector del Sistema de Transformación Digital, lleva a cabo la Encuesta Nacional de Recursos Informáticos en la Administración Pública, donde se tiene como objetivo “mantener actualizada la información técnica sobre los recursos informáticos y tecnológicos de las entidades de la administración pública, a efecto de medir sus capacidades y potencialidades en materia tecnológica de información y comunicaciones (TIC), analizar la capacidad tecnológica instalada del Estado en los diversos departamentos del país” (PCM, 2013).

En el año 2020, según los datos recabados por la Secretaría de Gobierno Digital (PCM, 2020), respondieron a la encuesta 445 entidades públicas, que representan el 15 % del total de estas organizaciones, y de este universo se tiene que el 42 % cuenta con políticas de seguridad de la información, el 65 % refiere tener un área o persona asignada de manera exclusiva a la seguridad de la información, el 36 % de las entidades que contestaron la encuesta indican que han realizado la clasificación de sus activos informáticos y el 53 % señala que sus usuarios están preparados para reportar incidentes de seguridad en sus sistemas de información. Estos datos pueden ser expresados de la siguiente manera:

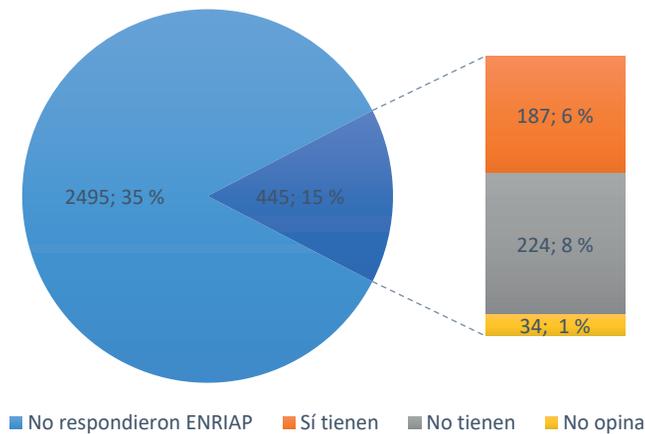


Figura 5. Cantidad de entidades públicas, respecto del total, que tienen políticas de seguridad de la información  
Elaboración propia

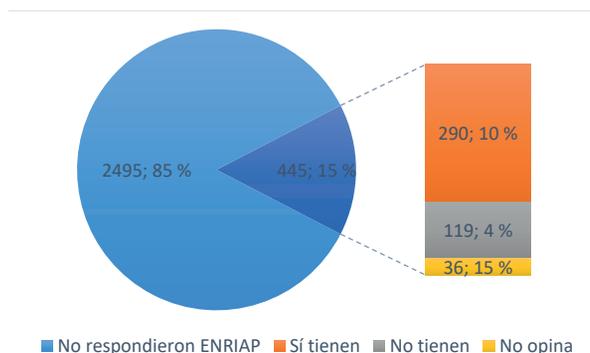


Figura 6. Cantidad de entidades públicas, respecto del total, que tienen un encargado exclusivo de seguridad de la información  
Elaboración propia

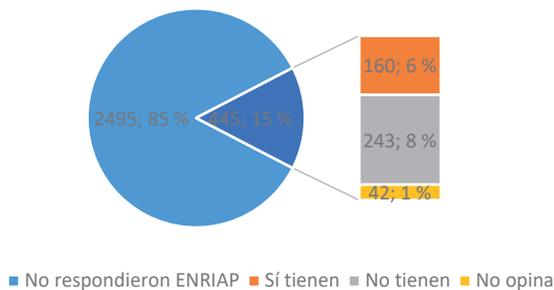


Figura 7. Cantidad de entidades públicas, respecto del total, que han clasificado sus activos informáticos  
Elaboración propia

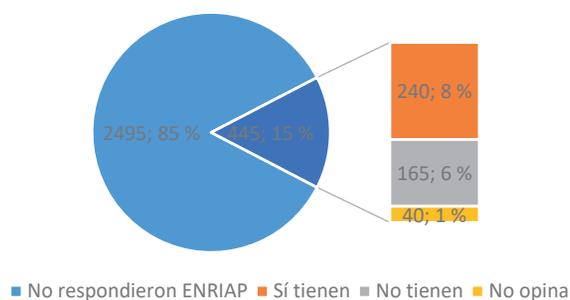


Figura 8. Cantidad de entidades públicas, respecto del total, cuyos usuarios están preparados para reportar incidentes sobre seguridad de la información  
Elaboración propia

De lo antes señalado, se puede sostener que el panorama referente a la seguridad de la información en el aparato público es de por sí preocupante, ya que para el año 2020, de las 2940 entidades que lo conforman, solo el 6 % tendría definida su política de seguridad de la información y solo el 6 % habría hecho la clasificación de sus activos informáticos, ambos, requisitos indispensables. Ocurre del mismo modo con la base de los sistemas de gestión de seguridad de la información y lo que llama aún más la atención es que solo el 8 % de los usuarios de los sistemas informáticos del aparato público está preparado para reportar algún incidente referente a este aspecto, que en términos de personas y siguiendo la premisa de que todos los servidores públicos son usuarios de los sistemas informáticos de sus entidades, representan aproximadamente ciento doce mil usuarios, ya que según SERVIR en el 2016 la planilla estatal la conformaban aproximadamente 1 400 000 personas. Ahora bien, es importante recalcar que se está asumiendo que todas las entidades que no respondieron la ENRIAP tienen respuestas negativas a las interrogantes planteadas.

Este escenario nos muestra que la seguridad de la información en el aparato público no es una prioridad o no tiene la importancia que debe y, por tanto, la información no está debidamente protegida, situación que por añadidura hace que este derecho por parte de la ciudadanía no se pueda cumplir a cabalidad. Sin embargo, es importante resaltar que si bien la seguridad de la información en el escenario actual no es “relevante” para el Estado y a pesar de los problemas que enfrenta su implementación (Seclén Arana, 2016) se tienen las bases para poder hacerlo, esto viene más que todo como consecuencia del cumplimiento de la Ley de Transparencia que data del año 2002, dado que su puesta en ejecución exige que las entidades del ámbito público hayan puesto (*de facto*) en marcha una especie de “Sistema de Gestión de Seguridad de la Información”, ya que el cumplimiento de la ley logra establecer todos los procedimientos necesarios para gestionar el acceso a la información asegurando los tres pilares de la seguridad de la información. ¿Cómo así? Básicamente por lo siguiente:

- a. *Respecto a la confidencialidad.* La ley tiene como principio básico la “publicidad”; este es descrito en el artículo 3, en el cual se indica que “Toda información que posea el Estado se presume pública, salvo las excepciones expresamente previstas por el Artículo 15 de la presente Ley” (Ley 27806), es decir, la ley nos propone y manda una clasificación de la información; esto en la práctica significa otorgar las autorizaciones que correspondan según la información, lo que nos lleva a decir que se cumple con la confidencialidad.
- b. *Respecto a la disponibilidad.* La ley y su reglamento exigen que las entidades cumplan los plazos establecidos para poder entregar la información, ya sea a los entes gubernamentales que correspondan o a los ciudadanos que hacen uso de su derecho al acceso a la información, por lo cual dicha información debe estar “disponible” en tiempo y forma para quien lo requiera.

- c. *Respecto a la integridad.* En el reglamento de la ley (Decreto Supremo 072-2003-PCM) en el artículo 6, inciso d, se pone de manifiesto que la entidad debe garantizar la autenticidad de la información que entrega, de esta manera se garantiza la “integridad” de la misma.

## 11. ¿LA SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN ES SOLO DIGITAL?

Actualmente, debido a la adopción de la tecnología en la vida diaria y por su crecimiento acelerado, la información ha encontrado en este medio un nuevo espacio donde desarrollar su ciclo de vida. Este medio da lugar a un nuevo ecosistema que es el “ciberespacio” y que, según la norma ISO/IEC 27032, “es un entorno complejo resultante de la interacción de personas, *software* y servicios en internet por medio de dispositivos tecnológicos y redes conectadas a dichos dispositivos, y el cual no existe de una forma física”. Entonces, surge la siguiente pregunta: ¿la seguridad de la información es solo para los medios tecnológicos? La respuesta es no; como se ha mencionado antes, la seguridad de la información sirve para proteger toda la información, es decir, en todas sus formas, representaciones y contenedores donde es procesada y almacenada. Pero, teniendo en cuenta el concepto de ciberespacio, se puede determinar que hay dos clases macro de información: la física y la digital (Alegsa, 2018), donde la principal diferencia entre ambas es la representación y medio donde se desarrolla; por ejemplo, un texto en un libro es una información en forma física, un texto en una computadora es una información en forma digital, ya que esta está representada y almacenada en un sistema binario. Es en este sentido que se hizo necesario generar una materia especializada, derivada y relacionada estrechamente con la seguridad de la información, mas no dependiente para su implementación como tal; sino que se enfoque en este entorno, lo que a partir de ahora llamaremos “ciberseguridad”, que no es más que —según la norma ISO/IEC 27032— la preservación en el ciberespacio de los principios de confidencialidad, integridad y disponibilidad.

En el Perú, basados en la información recabada por la ENRIAP, se tiene que en las preguntas acerca de la implementación de políticas, controles, entre otros aspectos relacionados a la ciberseguridad, en promedio 217 entidades han dado una respuesta afirmativa, lo que se puede entender como que el 49 % de entidades públicas que contestaron a la ENRIAP cumple con lo dispuesto por la normativa o buenas prácticas, ya sea de manera completa o de forma parcial. Y respecto al número total de entidades públicas solo representa al 7 %.

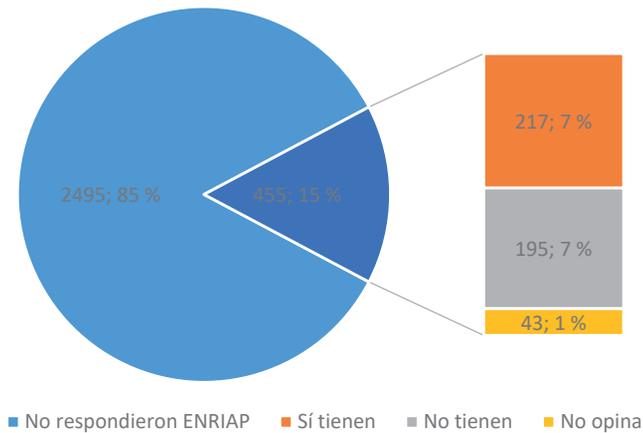


Figura 9. Cantidad de entidades públicas, respecto del total, que tienen políticas, controles y otros aspectos relacionados con la ciberseguridad  
Elaboración propia

## 12. CONCLUSIONES

Con base en lo expuesto en los párrafos precedentes, podemos llegar a ciertas conclusiones en referencia a cómo se trata la seguridad de la información en la administración pública:

En primer lugar, la información generada en el ámbito público adquiere un matiz único, ya que este es producto de la administración y transformación de otra información que tiene un efecto directo en la ciudadanía. Por tanto, esta última no puede ser privada del acceso a esta información, a no ser que se tenga un argumento específico en el cual el interés sobre el ocultamiento de esa información sea mayor al interés del acceso a ella.

En segundo lugar, se puede sostener que el Estado es responsable desde sus diversos frentes de proteger la información asegurando la confidencialidad, integridad y disponibilidad, teniendo siempre presentes los principios del derecho de acceso a ella por parte de los ciudadanos.

En tercer lugar, es importante resaltar que el Estado se encuentra en una situación preocupante en lo que respecta a la implementación de sus sistemas de gestión de seguridad de la información, ya que, aproximadamente, solo el 6 % de organismos públicos ha cumplido con implementar lo dispuesto por la normativa vigente en referencia a este tema. Sin embargo, se debe tener en cuenta que ya se tienen las bases para poder cambiar esta situación teniendo en cuenta que el cumplimiento de la Ley de Transparencia ya hizo el trabajo de armar la estructura inicial del sistema en mención. Se hace patente también que el Estado requiere redoblar los esfuerzos para proteger su información, ya que los nuevos escenarios referentes a la tecnología, a la información y a la interacción entre Estado y ciudadanía así lo requieren.

En cuarto lugar, se debe mencionar que es tarea del Estado en su conjunto poder hacer el uso debido de las herramientas y recursos de diagnóstico como la ENRIAP; de esta manera, se podría y se debería tener una mejor imagen de la situación actual respecto a la seguridad de la información para luego establecer de manera más acertada las pautas y el camino a seguir con el objetivo de lograr cambios significativos en la protección de la información pública en beneficio de la población en general. Esto porque con solo la información del 15 % de entidades del Estado no se pueden realizar diagnósticos o análisis que se acerquen al conocimiento de la situación actual.

Por último, pero no menos importante, se debe considerar que la seguridad de la información no es solo la “seguridad digital”. Si bien en razón de la realidad pueden parecer lo mismo, es importante tener en cuenta que la segunda es parte de la primera, pero a su vez no es dependiente de esta.

## REFERENCIAS

- Alegsa, L. (2018). *Definición de información digital*. [http://www.alegsa.com.ar/Dic/informacion\\_digital.php](http://www.alegsa.com.ar/Dic/informacion_digital.php)
- Autoridad Nacional del Servicio Civil (2016). *Características del Servicio Civil Peruano*. [https://storage.servir.gob.pe/biblioteca/SERVIR-El\\_servicio\\_civil\\_peruano-Anx1.PDF](https://storage.servir.gob.pe/biblioteca/SERVIR-El_servicio_civil_peruano-Anx1.PDF)
- BCRP (2020). *Organismos públicos*. <https://www.bcrp.gob.pe/sitios-de-interes/organismos-publicos.html>
- Castro, J. (2013). *Definición de Ley*. <https://inoponible.cl/definicion-de-ley/>
- Cleveland, H. (1986). Government is Information (but Not Vice Versa). *Public Administration Review*, 46, 605-607.
- Correa, P. (2010). *La estructura del Estado peruano*. [http://files.uladech.edu.pe/docente/06507071/CONSTITUCIONAL\\_ESPECIAL/SESION\\_06/LECTURA%20CENTRAL%2006.pdf.pdf](http://files.uladech.edu.pe/docente/06507071/CONSTITUCIONAL_ESPECIAL/SESION_06/LECTURA%20CENTRAL%2006.pdf.pdf)
- Decreto Legislativo 1412. [Presidencia del Consejo de Ministros]. Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gobierno Digital. 13 de septiembre del 2018. <https://www.gob.pe/institucion/pcm/normas-legales/289706-1412>
- Decreto de Urgencia 006-2020. [Presidencia del Consejo de Ministros]. Decreto de Urgencia que crea el Sistema Nacional de Transformación Digital. 8 de enero del 2020. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-de-urgencia-que-crea-el-sistema-nacional-de-transfor-decreto-de-urgencia-n-006-2020-1844001-1/>

- Decreto Supremo 072-2003-PCM. [Presidencia del Consejo de Ministros]. Aprueban el Reglamento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública. 7 de agosto del 2003. <https://www.peru.gob.pe/normas/docs/DS-072-2003-PCM.pdf>
- Frayssinet M. (2016). *Taller de implementación de la norma ISO 27001*. <https://www.slideshare.net/zerobar/si-semana11-iso27001v011>
- Instituto Nacional de Calidad. (2016). *¿Qué son las NTP?* <https://www.inacal.gob.pe/principal/categoria/qslnpt>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Perú: Número de Municipalidades y Población Total Proyectada al 30 de Junio, según Departamento, 2017*. [https://www.inci.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1420/resumen.pdf](https://www.inci.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1420/resumen.pdf)
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2014). *Norma Técnica Peruana NTP-ISO/IEC 27001:2014*; 2.ª edición.
- ISO. (2012). *ISO/IEC 27032:2012(en) Information technology — Security techniques — Guidelines for cybersecurity*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:27032:ed-1:v1:en>
- Ley 27806. [Ministerio de Economía y Finanzas]. Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública. 13 de julio del 2002. <https://www.mef.gob.pe/es/normas-legales/298-portal-de-transparencia-economica/normas-legales/830-ley-nd-27806#:~:text=La%20presente%20Ley%20tiene%20por,la%20Constituci%C3%B3n%20Pol%C3%ADtica%20del%20Per%C3%BA>
- Martínez, C. (2010). El valor de la información, su administración y alcance en las organizaciones. *Revista Mexicana de Ciencias de la Información*, 1(2), 10-20.
- Mendel, T. (1999). *The Public's Right to Know: Principles on Freedom of Information Legislation*. Article 19.
- Mogull, R. (2011). *Introducing the Data Security Lifecycle 2.0*. <https://www.securosis.com/blog/introducing-the-data-security-lifecycle-2.0>
- Muñoz, A. (2001). Una aproximación a la información del sector público: la información de las administraciones públicas. *Revista General de Información y Documentación*, 11(1), 33-47.
- Novoa, Y. (2016). *El derecho de acceso a la información pública: contenido e importancia*. <http://forseti.pe/revista/derecho-constitucional-y-derechos-humanos/articulo/el-derecho-de-acceso-a-la-informacion-publica-contenido-e-importancia>
- Oficina Nacional de Gobierno Electrónico e Informática. (2010). *Guía para elaborar la formulación y evaluación del plan operativo informático de las entidades de la administración pública para el año 2010*. <http://spij.minjus.gob.pe/graficos/peru/2010/enero/05/RM-545-2009-PCM.pdf>

- Presidencia del Consejo de Ministros. (2013). *Autorizan ejecución de la “Encuesta Nacional de Recursos Informáticos en la Administración Pública (ENRLAP)”*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/357258/RM\\_310-2013-PCM.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/357258/RM_310-2013-PCM.pdf)
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2017). Lista de entidades del Estado peruano. <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/lista-de-entidades-del-estado-peruano>
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2020). Oficio N.º D000532-2020-PCM-OPII. Solicitud de información en el marco de la Ley N.º 27806, realizada por Kadú Josep Altamirano de la Borda.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2020). Oficio N.º D000750-2020-PCM-OPII. Solicitud de información en el marco de la Ley 27806, realizada por Kadú Josep Altamirano de la Borda.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2020). *Secretaría de Gobierno Digital*. <https://www.gob.pe/7025-presidencia-del-consejo-de-ministros-secretaria-de-gobierno-digital/>
- Seclén Arana, J. A. (2016). *Factores que afectan la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información en las entidades públicas peruanas de acuerdo a la NTP-ISO/IEC 27001*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.



# The Mandatory Nature of Online Learning During COVID-19: A Comparative Study of the Experience of Three Universities

Yana Goncharova

yana.goncharova@unicampania.it / University of Campania “Luigi Vanvitelli”

Tatyana Savchenko

savchenkor@yandex.ru / Pyatigorsk State University

Olga Sheveleva

olga431531@yandex.ru / Dubna State University

Iuliia Zubcova

julia.zubtzova@ya.ru / Pyatigorsk State University

Recepción: 1/10/2020 Aceptación 30/10/2020

**ABSTRACT.** This paper is devoted to the comparative analysis of three online learning platforms used by three universities (Dubna State University and Pyatigorsk State University in Russia and University of Campania “Luigi Vanvitelli” in Italy) for the forced adoption of online learning during the COVID-19 pandemic. The advantages, defects and restrictions of each learning platform are analyzed along with the factor of human error and incompetence while using the platforms. It was found that it was difficult to establish the authorship of the tasks performed, to check the real attendance and level of involvement during online lectures, and to ascertain students’ identity without violating laws on personal data and privacy. What is more, the participants of the educational process demonstrated their lack of experience and technical skills to work with the platforms, and their lack of motivation and self-discipline. In accordance with the data received and analyzed in this research, a list of recommendations and technical specifications required is offered. This research is useful for government institutions, universities, academic staff and students working or planning to start working with online learning instruments.

**KEYWORDS:** online learning / learning platforms / online learning technologies

## El carácter obligatorio del aprendizaje en línea durante el COVID-19: estudio comparativo de la experiencia de tres universidades

RESUMEN. Este artículo está dedicado al análisis comparativo de tres plataformas educativas en línea utilizadas por tres universidades (la Universidad Estatal de Dubná y la Universidad Estatal de Pyatigorsk en Rusia y la Universidad de Campania “Luigi Vanvitelli” en Italia) para la adopción forzosa del aprendizaje en línea durante la pandemia del COVID-19. Se analizan las ventajas, los defectos y las restricciones de cada plataforma educativa junto con el factor de error e incompetencia humana durante el uso de las plataformas. Se comprobó que era difícil establecer la autoría de las tareas realizadas, comprobar la asistencia real y el grado de participación durante las clases en línea y averiguar la identidad de los estudiantes sin violar las leyes sobre datos personales y privacidad. Además, los participantes del proceso educativo demostraron la falta de experiencia y habilidades técnicas para trabajar con las plataformas y la falta de motivación y autodisciplina. De acuerdo con los datos recibidos y analizados en esta investigación, se ofrece una lista de recomendaciones y especificaciones técnicas necesarias. Esta investigación es útil para las instituciones gubernamentales, las universidades, el personal académico y los estudiantes que trabajan o planean empezar a trabajar con instrumentos de aprendizaje en línea.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje en línea / plataformas educativas / tecnologías educativas en línea

## 1. INTRODUCTION

It is with good reason that the 21st century has become the age of online learning. The paradigm shift in the education system was caused by the introduction of information and communication technologies (ICT) into the academic activities. These technologies available to the popular majority in the developed world have made the educational process as open and transparent as never before in human history. Scholastic institutions across the globe create online courses; give free access to e-libraries and database; and design or buy platforms to introduce online lectures, workshops and other forms and types of activities. These platforms help to place the teaching process, partially or completely, in an online environment and to create more flexible educational conditions based on the best traits of traditional face-to-face learning.

There are numerous definitions and variations of the term *online leaning*, from the simplest to those having legal effect. There are several of them:

- *E-learning is a system of learning that uses electronic media, typically over the internet* (from Oxford Learner's Dictionaries).
- *Online education is a flexible instructional delivery system that encompasses any kind of learning that takes place via the Internet* (from Encyclopedia.com).
- *Online educational technologies are understood as educational technologies realized mainly with the help of information and telecommunication technologies upon condition of indirect (remote) or partially indirect interaction between students and teachers* (from the Federal Law No. 273-FZ of December 29, 2012 "On Education in the Russian Federation").

Within the context of this research, we use the following working definition shared by many contemporary researchers: Online learning is defined as "learning experiences in synchronous or asynchronous environments using different devices (e.g., mobile phones, laptops, etc.) with internet access" (Dhawan, 2020). According to our reckoning, this wording is simple, lapidary and reflects best the concept of the phenomenon.

Contemporary researchers and educationalists often notice and underline the advantages of online learning driven by multimedia technologies as the main teaching instrument. They offer wide resource opportunities and, with their rational usage, the educational process becomes more problem-solving and exploring. Providing online learning, new educational environment is implemented by using different materials from one side and organizing the interaction of the participants from the other side (Khazakova, 2015).

This system has certainly the bulge on traditional teaching methods: individualization of learning, intensification of students' independent cognitive activities and extending teaching practice. These technologies undoubtedly improve the teaching quality and offer to the academic community new opportunities we should know how to use. There are only a few

examples: close contact between students and teachers (almost 24/7); more complex and creative approach to the educational process as the participants have access to huge repositories of teaching and learning materials; and more independence for students to organize their work and manage their time for studies. The materials chosen by the teachers are received by the students in a qualitative and, what is more important, a re-playable form; pre-prepared webinars or online lecture records can be listened to and revised one more time; and the students can download multimedia presentations on their devices and look them through as a part of their preparation to the midterm or final exams. Actually, there is no more problem of gaps and ill-conceived themes caused by absence from lectures.

However, even the most full-designed courses will not make a difference for students that are not motivated to study. Here, in our research, we talk about students motivated for a sound academic background and analyze objective causes that disturb this process.

## 2. DISCUSSION

COVID-19 pandemic has become a serious challenge for global education systems and has demonstrated the necessity to insert online platforms in all aspects of the educational process and adapt ways of teaching (Boling et al., 2012; Bryson & Andres, 2020). Many universities have been obliged to design, buy and adopt online learning platforms in a short time frame, so that learning would not be disrupted (Mukhtar et al., 2020), and teachers have been forced to adopt e-learning technologies and establish new ways of communication with their students, often without sufficient instructions, training or resources. Statistics show that almost 1.58 billion children and youth in 200 countries were affected by the pandemic, which is 94% of learners worldwide (for more information see *Policy Brief: Education During COVID-19 and Beyond*). This terrifying situation affects everyone connected to the world of education and makes the problem issued in this research more than relevant.

Before we started this research, we had studied similar works in the field published recently in English all over the world, many of them focusing on the technical characteristics of online platforms and the possibilities they offer to their users. For instance, different types of online learning platforms have been named, identified and characterized (Basilaia & Kvanvadze, 2020). Other researchers have categorized varieties of online platforms into two groups: interactive (facilitator-learner or learner-learner interaction, optional timing and feedback) and non-interactive (less or no provision for interactions, no optional timing). Further, interactive platforms can be asynchronous, synchronous and combined with any non-interactive platform (hybrid). Knowledge-based and online support platforms are typical examples of non-interactive online platforms (Akinyemi, A. L., & Segun, 2020).

The main aim of the current study is to estimate the technical features and convenience of three online platforms used by three universities. However, every educational field has its specific

issues that should be taken into account. Several studies have already demonstrated that it is not always easy to organize practical and clinical work, to get immediate feedback and to evaluate students' progress during e-learning (Dhawan, 2020; Mukhtar et al., 2020). Other problem highlighted by the researchers is that sometimes students find online lessons boring and unengaging in comparison with the traditional form (Dhawan, 2020; Mukhtar et al., 2020). In addition, studies report that students are not prepared to keep balance between their work, family, social life and studies within an online learning environment (Dhawan, 2020).

Having analyzed the findings of other studies, which investigate the same topic, we created a list of specific questions and issues to spotlight in our research. What is more, we have considered the human factor while analyzing the adoption of e-learning (see the Results section and Table 2).

To sum up, our study not only investigates the technical features of three e-learning platforms bought or designed by universities in two different countries but also compares various approaches and common mistakes while adopting online learning. We do not pretend pervasiveness in this research, as we base on pieces of practical teaching and learning experience and compare three platforms only, while ignoring other similar widespread technologies. Nevertheless, every experience of this kind requires a careful and detailed analysis, whose final aim is to provide recommendations to all the participants of the e-learning process.

### 3. METHODS AND STUDY MATERIALS

In this research, we used methods of comparative analysis, which include the confrontation and evaluation of the data received, to focus on the experience of three universities (two in Russia and one in Italy), and to trace the adaptive process in an emergency state and the way online learning was adopted on three different platforms. See the details in Table 1:

Table 1  
*Comparative analysis for confrontation and evaluation*

University	Country, city	Time to adopt e-learning	E-learning platform	Mode of acquisition
Dubna State University	Russia, Dubna	7 days	Google Meet	Purchase
University of Campania "Luigi Vanvitelli"	Italy, Campania region	7 days (national quarantine was established on March 9 and the first online lecture was organized on March 16)	Microsoft Teams	Purchase
Pyatigorsk State University	Russia, Pyatigorsk	1-2 days to establish seamless Internet connection	Edu.pgu	Proprietary design

Own elaboration

To collect the data, we used interviews and consultations with teachers, students and experts in IT technologies and online learning of these universities. We asked the experts to evaluate the platform functions and characteristics from the technical point of view, and then asked the users of these platforms, the direct participants of the educational process, to share their experience during the pandemic. Some of the questions to the teachers and students are listed below:

1. Do you find your platform sufficient and comfortable for working?
2. What are the advantages and disadvantages of your online platform?
3. Were you ready to adopt online learning at the beginning of the pandemic?
4. Did you get instructions before using the platform?
5. Were online communication and feedback satisfying?
6. Did you have problems while working on your online platform? If yes, please, give examples.

The technical characteristics of the platforms, the answers to the questions and other information we received during the interviews were carefully analyzed, and the results are presented in the next section.

#### 4. RESULTS

In the course of the research, we made a comparative analysis of three online learning platforms: Google Meet, Microsoft Teams and Edu.pgu. We focused on three main features of the platforms, such as price, facilities and technical specifications and restrictions. We suppose these criteria are sufficient to estimate the efficiency of the platforms. For the facilities, we chose the following sub-specifications for successful teaching: the possibility to make an online transmission and to record it, the possibility to download additional files and to create and check tests, and the possibility to share your screen. Finally, as the two-way communication is of crucial importance for e-learning, we checked the possibility to send messages and to use online chats within the system.

As for the technical specifications and restrictions, three main sub-specifications were analyzed, including the operating system support, the number of participants for online events and the type of learning (synchronous or asynchronous). Other less indispensable criteria may be added to this list. The results of the research are shown in Table 2.

Table 2  
Results of the comparative analysis

Name of the platform	Price	Platform facilities					Technical specifications and restrictions			
		Online transmission	Download additional files (texts, videos, presentations)	Record online transmission	Create and check tests	Share your screen	Online chat with teachers and other students	Operating system support	Number of participants for online events	Synchronous or asynchronous learning
Google Meet	USD 5.4 – 25 per month (depending on the number of students)	+	-	+	-	+	+	Windows, Mac, Android, iOS	Max. 250	Mainly synchronous; asynchronous learning restricted
Microsoft Teams	EUR 60,000 per year (including Office 365 for all the students)	+	+	+	Checks tasks only; no option to create tests within the system	+	+	Windows, Mac, Android, iOS, Linux	Max. 250 for lectures and max. 10,000 for conferences with restricted capacities (participants can listen to and send messages only)	Mainly synchronous; asynchronous learning restricted (registrations are delayed in several weeks)
Edu.pgu	Commercial confidentiality (designed on the basis of the 3KL Russian Moodle e-learning environment that offers an approximate price of USD 7,000 for the platforms of this type)	In Skype or Zoom, leaving a link on the platform	Max. 50 MB	-	+	-	+	Windows, Mac, Android, iOS	-	Only asynchronous

Own elaboration

Based on the outcomes of the comparative analysis, we can summarize that all three platforms have advantages, defects and restrictions, which we will detail in the next part of this paper. We would like to emphasize that every online platform is a training device, an instrument that both students and teachers should know how to use. To start with, teachers working with the Edu.pgu system face the problem of the impossibility to establish the authorship of the tasks performed, as the students work by their own and can share their credentials with third persons. It is possible to check written assignments with detailed answer using one of numerous anti-plagiarism systems on the Internet, but it is impossible to establish the authorship of the test cases performed within the system, so that the teachers have to rely on students' honesty.

The lecturing staff of the University of Campania has the same problem. It is hard to check the real attendance and degree of involvement during online lectures, as many students prefer to work with microphones and video cameras off. Therefore, the first time teachers see and become acquainted with their students is during the exams. To ascertain students' identity, teachers have to ask them to show their ID or driving license to the camera, while written exams sent by email are obligatorily accompanied by an ID photocopy. All of these actions might constitute a violation of provisions of GDPR (General Data Protection Regulation for EU countries) and demonstrate dim knowledge of prevailing legislation in the field, regardless of the fact that from March 1 to 31, 2020, during the adoption of online learning, all academic staff and students were following a compulsory course on personal data protection and GDPR.

Another serious problem is the lack of experience and technical skills for working with platforms. Teachers are often incapable of registering lectures, creating presentations, sharing materials, etc. It has been observed that sometimes two-way communication between students and teachers is voluntarily limited or eliminated by one of the participants (by turning cameras, microphones and chats off, or simply by ignoring the messages).

Another drawback of working with platforms is the lack of information on midterm and final exams, such as timetables and exam forms, so the students have to search them on their own or contact the teacher individually.

The academic staff of Dubna State University has faced the problem of partially ignoring the principles of working with the platform, as well as the impossibility to share materials within the system. The way the lectures were performed was controlled by the university administration randomly and by hand. The problem of person identification during the midterm and final exams was off the table because students ought to show their student membership cards to the camera, which is not a violation of the Russian Federal Law on Personal Data.

Despite a huge variety of advantages of e-learning, the factors detailed above significantly deteriorate its quality and make us perceive it of secondary importance in comparison to the "traditional" learning. As a result, students are less motivated and do not develop planning and autonomous activity management skills.

However, the contest of adopting online learning should be taken into account. Force-majeure stress situation caused by COVID-19 has made academic staff and students put complicated online instruments into practice and remake whole courses in an extra hurry, just in a few days. The situation was compounded by the total lack of information about the terms of the emergency and the way the midterm and final exams should be done. The precise information on the renewal of offline learning was still missing when this research was conducted.

## 5. CONCLUSIONS

E-learning is comfortable, mobile and economically viable, but at the moment it cannot be considered as a full alternative to the traditional teaching. For full and safety adoption of online learning, the next aspects should be worked out:

- Legal provisions on personal data
- Ways to identify students
- Control over real attendance
- Achievement tests
- Teachers trained to work with online platforms
- Students trained for autonomous work

It is critically needed to resolve these problems for full adoption of a new form of learning. The criteria listed above should be satisfied with joint efforts of government institutions, academic staff and students.

Proceeding from this research, the list of functions for online platforms was prepared to make them comfortable for students and teachers. The list below may be useful for universities that want to buy or design a platform. Check this list of recommended services for online learning platforms:

- Online meeting planning with a reminder (calendar)
- Online meetings
- Online meeting recorder
- Downloading pre-prepared video lectures and events
- Sharing files on the platform (texts, table editors, presentations, etc.)
- Different forms of assessments, such as tests, detailed answers, with a number of efforts and passing scores programmed

- Opportunity to use platforms with PC, smartphones etc.
- Relatively low device bar for PC, smartphones etc.

We can also offer the following recommendations for universities that want to adopt e-learning systems. Before you start using your platform, please, make sure that:

- the academic staff has followed refresher courses during which they learned to work effectively with the platform. Courses and materials offered by the platform should be used as additional information for refresher courses organized by universities.
- you have prepared simple and available courses on legal provisions in the field of personal data processing (GDPR in Italy and Federal Law on Personal Data No. 152-FZ of July 27, 2006 in Russia). It is extremely important to practice these laws regarding online platforms.

## REFERENCES

- Казакова, Т.А. (2015) Использование информационно-коммуникационных технологий в процессе преподавания иностранного языка в вузе. [Электронная версия] Лингвистика и межкультурная коммуникация №3(17) (Journal paper in Russian).
- Федеральный закон РФ от 27 июля 2006 года № 152-ФЗ “О персональных данных” (Official text in Russian).
- Федеральный закон “Об образовании в Российской Федерации” от 29.12.2012 N 273-ФЗ (последняя редакция) (Official text in Russian).
- Akinyemi, A. L., & Segun M. (2020) Techno-pedagogical Models and Influence of Adoption of Remote Learning Platforms on Classical Variables of Education Inequality during COVID-19 Pandemic in Africa. [Electronic version]. *Journal of Positive Psychology and Counselling*, 7. 72-82.
- Basilaia, G. & Kvavadze, D. (2020). Transition to Online Education in Schools during a SARS- CoV-2 Coronavirus (COVID-19) Pandemic in Georgia. [Electronic version]. *Journal of Pedagogical Research*, 5(4).
- Boling, E.C., Hough, M., Krinsky, H., Saleem, H., & Stevens, M. (2012). Cutting the Distance in Distance Education: Perspectives on what Promotes Positive, Online Learning Experiences. [Electronic version]. *Internet and Higher Education*, 15(115). 118-126. doi: 10.1016/j.iheduc.2011.11.006
- Bryson, John R. & Lauren, A. (2020). COVID-19 and Rapid Adoption and Improvisation of Online Teaching: Curating Resources for Extensive Versus Intensive Online Learning Experiences. [Electronic version]. *Journal of Geography in Higher Education*. doi: 10.1080/03098265.2020.1807478

- Dhawan, Shivangi (2020). Online Learning: A Panacea in the Time of COVID-19 Crisis. [Electronic version]. *Journal of Educational Technology*, 49(1). 5-22. doi: 10.1177/0047239520934018
- Mukhtar K, Javed K, Arooj M, Sethi A. (2020). Advantages, Limitations and Recommendations for online learning during COVID-19 Pandemic Era. *Pakistan Journal of Medical Sciences*. doi: 10.12669/pjms.36.COVID19-S4.2785
- Policy Brief: Education during COVID-19 and beyond. AUGUST 2020. Official document of the United Nations.
- Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation) (Text with EEA relevance). *Official Journal of the European Union*.



# Casos de éxito en la implementación del mantenimiento predictivo mediante el uso de tecnologías de la industria 4.0 en empresas colombianas

Leidy Marcela Dueñas-Ramírez  
lmduenasr@eafit.edu.co / Universidad EAFIT

Gustavo Adolfo Villegas-López  
gvillega@eafit.edu.co / Universidad EAFIT

Sebastián Castiblanco-Tique  
scastiblat@eafit.edu.co / Universidad EAFIT

Carlos Andrés Castaño-Restrepo  
cacastanor@eafit.edu.co / Universidad EAFIT

Recepción: 31/8/2020 Aceptación: 23/10/2020

**RESUMEN.** Con la llegada de nuevas tecnologías el mantenimiento ha dado pasos sustanciales en estas últimas décadas, dejando de lado la toma de datos manuales. Se han adoptado sistemas automatizados y computarizados más eficientes y confiables, técnicas de inspección predictivas y sistemas de control en tiempo real a distancia. Esto ha permitido a las empresas desarrollar planes específicos de mantenimiento a partir del análisis del flujo de datos recolectado, generando beneficios en términos de tiempo y costo. Este artículo expondrá los resultados obtenidos por dos empresas colombianas de gran relevancia en el país en la implementación de tecnologías de la industria 4.0 en los procesos de mantenimiento predictivo. Se hizo un análisis de sus condiciones de éxito y cómo esta metodología ha impulsado su reconocimiento y prestigio en sus respectivos sectores de la industria. Todo este proceso de investigación se lleva a cabo mediante el uso de herramientas y escenarios virtuales, dada la contingencia del COVID-19.

**PALABRAS CLAVE:** industria 4.0 / tecnologías 4.0 / mantenimiento predictivo / eficiencia energética / proceso sostenible / gestión de mantenimiento

## Success Stories Concerning the Implementation of Predictive Maintenance Through the Use of Industry 4.0 Technologies in Colombian Companies

**ABSTRACT.** With the arrival of new technologies, maintenance has taken substantial steps in recent decades, leaving aside the manual collection of data. More efficient and reliable automated and computerized systems, predictive inspection techniques and real-time remote-controlled systems have been adopted. This has allowed companies to develop specific maintenance plans based on the analysis of the collected data flow, generating benefits in terms of time and cost. This article will present the results obtained by two top Colombian companies in the implementation of Industry 4.0 technologies in predictive maintenance processes. An analysis of their conditions of success and the way this methodology promoted their recognition and prestige in their respective industry sectors was performed. The entire research process was carried out using virtual tools and scenarios given the current situation with COVID-19.

**KEYWORDS:** Industry 4.0 / technologies 4.0 / predictive maintenance / energy efficiency  
/ sustainable process / maintenance management

## 1. INTRODUCCIÓN

El término industria 4.0 hace referencia a la cuarta revolución industrial que se entiende como un avance progresivo y contundente dentro de una organización en una cultura de gestión de activos. Todo ello enfocado a las necesidades específicas que tiene cada una de las empresas en los diferentes tipos de industrias (Russmann, Lorenz, Gerbert, Waldner, Justus, Engel y Harnisch, 2015). En Colombia se han obtenido avances considerables en el conocimiento sobre la industria 4.0, este ha aumentado de un 44,5 % en los últimos tres años hasta llegar a un 88,2 % de las empresas del país (ANDI, 2019). Estos datos son alentadores, ya que demuestran el creciente interés hacia el uso de nuevas tecnologías en los procesos y servicios de estas.

La evolución del mantenimiento se ha visto permeada por el desarrollo de estas tecnologías y se ha logrado clasificar desde varios enfoques, entre los que se encuentran el correctivo, que se fundamenta en usar cada equipo hasta la falla catastrófica (Kobbacy y Prabhakar Murty, 2006), y el mantenimiento preventivo, que se ejecuta durante períodos de tiempos específicos y determinados, bajo criterios de profesionales expertos, con el objetivo de minimizar la falla catastrófica y alargar la vida útil de los equipos (Alsyouf, 2007). Los enfoques de mantenimiento correctivo y predictivo en asociación con las tecnologías de la industria 4.0 permiten la implementación de un enfoque nuevo orientado al mantenimiento predictivo basado en tecnologías 4.0 al servicio de la gestión del mantenimiento (Lee, Lapira, Bagheri y Kao, 2013), trayendo múltiples beneficios como la certeza en la predicción de los momentos en que ocurrirá una falla (Selcuk, 2017), teniendo así una gestión del mantenimiento confiable y eficiente (Montero Jimenez *et al.*, 2020).

La implementación de este tipo de mantenimiento permite a las empresas procesos más eficientes, incrementar el valor agregado en sus productos y servicios, mayor competencia nacional e internacional (Dueñas Ramírez y Villegas López, 2020). En el caso de Colombia, hay una adopción gradual de este enfoque de mantenimiento y las empresas reconocen la importancia de tener un personal capacitado en estos temas, por ello se evidencia la necesidad de estudiar e investigar el mantenimiento predictivo y su relación en el uso e implementación de tecnologías 4.0 en sus procesos. Lo anterior resalta la relevancia del talento humano en la evolución de las organizaciones en términos de transformación digital; en consecuencia, es necesario desarrollar estas habilidades y conocimientos, tales como *big data*, programación, analítica de datos, entre otros, que propicien un ecosistema que integre personas y máquinas con la capacidad de tomar decisiones eficientes (Sahal, Breslin y Ali, 2020).

En Colombia alrededor del 84 % de las empresas priorizan sus inversiones en temas tecnológicos y sobre todo en tecnologías emergentes. El 57 % de las empresas prioriza la reducción de costos (ANDI, 2019). En consecuencia: se evidencia la demanda potencial en tecnologías emergentes que procuren alcanzar los objetivos de la organización. A pesar de que son muchas las empresas que poseen conocimientos sobre estas tecnologías, es solo un porcentaje reducido las que las usan. De acuerdo con la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI,

2019), una tecnología como la inteligencia artificial (IA) aplicada alrededor del 91,5 % de las empresas de Colombia la conocen, pero no la usan, y es utilizada por solo el 21,4 %. Algunas de las posibles causas de ello son los temas sociales y la falta de presupuesto que engloban la falta de cultura, de visión y el desconocimiento (ANDI, 2019). Al ser un tema de carácter humano, su solución puede partir desde la investigación y divulgación de conocimiento y experiencias de los casos exitosos de las pocas empresas donde la implementación de estas nuevas tecnologías ha traído beneficios. Mediante ello se pueden acortar las brechas existentes de tecnología entre estas empresas y aquellas que todavía no poseen la experiencia ni conocimientos suficientes en la implementación de tecnologías 4.0 (ANDI e iNNpulsa, 2018).

La investigación, de carácter cualitativo, se llevará a cabo haciendo uso de herramientas como la entrevista. Para ello se realiza, inicialmente, una investigación documental con el fin de explorar el conocimiento formal, científico y actualizado a nivel mundial, determinar los datos más relevantes y los conceptos más importantes que comparten un interés en los temas asociados a la industria 4.0 y mantenimiento predictivo, con el fin de construir un cuestionario que ayude a resolver el vacío de conocimiento que existe en las áreas de estudio de esta investigación. Se optó por la elaboración de un guion semiestructurado teniendo en cuenta que estos guiones permiten a las personas entrevistadas más espacio a la hora de responder usando un lenguaje representativo e importante para ellos. Estos guiones también permiten comparar las respuestas y de esta manera resultan los conceptos que se usan para obtener más datos en la investigación (Strauss y Corbin, 2004).

Adicionalmente, todo el desarrollo de la investigación se realizó en entornos virtuales incluyendo las entrevistas por la contingencia por el COVID-19. Lo anterior, más que un obstáculo, fue una oportunidad para ampliar más el perfil de los entrevistados, gracias a la modalidad remota que decantó en una transferencia de información más amplia de las empresas que fueron objeto de estudio (Hernán-García, Lineros-González y Ruiz-Azarola, 2020).

A continuación, se enuncia con profundidad la metodología usada para la presente investigación y la secuencia de pasos desarrollados. Luego, se exponen los resultados individuales y comunes a partir de la información brindada por el personal de las empresas seleccionadas. Por último, se analiza y concluye a partir de esta. Se pretende dar respuesta a la pregunta de investigación buscando las condiciones que llevan a que la implementación del mantenimiento predictivo apoyado en la industria 4.0 sea exitosa.

## 2. METODOLOGÍA

Este estudio tuvo como base un proceso de investigación documental y cualitativa y usó la entrevista semiestructurada como herramienta para la recolección de datos empíricos. Estas entrevistas se realizaron a profesionales expertos en las áreas de mantenimiento que pertenecen a empresas colombianas con gran trayectoria y representativas en cada sector de la industria

nacional. Estos profesionales son personas con alto poder en la toma de decisiones en el área de mantenimiento de estas empresas. Esta investigación se realizó bajo el modelo de acceso remoto debido a la contingencia por el COVID-19. Se contemplaron los siguientes pasos en el desarrollo de esta investigación:

- a. Estudiar las publicaciones formales, científicas y normativas existentes alrededor de las temáticas de la industria 4.0 y el mantenimiento predictivo, con el fin de establecer un punto de referencia entre el avance en estos temas a nivel mundial y el avance de Colombia como país en desarrollo.
- b. Planificar una entrevista semiestructurada, por medio de una guía, que consideró el estudio de la literatura del punto anterior y desde la experiencia de los investigadores se prepararon las preguntas de las entrevistas. Estas preguntas fueron abiertas y teniendo en cuenta la información que se requería en el proceso de investigación se realizaron aquellas del tipo de preguntas de experiencia o conducta de los entrevistados, preguntas de opinión y preguntas de conocimiento (Patton, 1990). Adicionalmente, se realizaron preguntas de seguimiento y sondeo para profundizar en los temas estudiados. Estas preguntas estuvieron orientadas al detalle, preguntas de elaboración y preguntas de clarificación (Patton, 1990). Se realizaron en total diez preguntas que no impidieran el flujo de la entrevista y fueron expuestas a los entrevistados de forma clara y neutral manteniendo el orden lógico de la temática estudiada. Estas preguntas fueron probadas y evaluadas por profesores y otros profesionales antes de la realización de las entrevistas de este estudio (Morse, Hupcey, Penrod y Mitcham, 2002).
- c. Rastrear y contactar empresas colombianas que estén introduciendo en sus procesos a cualquier nivel tecnologías asociadas a la industria 4.0 en la gestión del mantenimiento, haciendo especial énfasis en el mantenimiento predictivo. Se consideraron empresas que hayan mostrado mejoras importantes en sus procesos con el uso de estas tecnologías.
- d. Realizar el análisis del contenido de la información recopilada en las entrevistas codificando los datos obtenidos. En este proceso se identificaron las palabras, frases o conceptos, lo cual permitió identificar y analizar los patrones encontrados (Morse y Field, 1995). En esta etapa se familiarizaron los datos y se organizó la información.
- e. Categorizar los datos de la información codificada. Esta categorización agrupó los datos en cuatro categorías que fueron talento humano, cultura organizacional, toma de decisiones basadas en datos y tecnologías 4.0 en el mantenimiento predictivo. Estas categorías se definieron teniendo en cuenta que todos los datos estuvieran incluidos y tienen sentido y representan la información encontrada en la entrevista. Esta definición de categorías fue revisada por profesionales expertos ajenos a la

investigación, quienes aprobaron la razón por la que fueron definidas. Las categorías fueron válidas según los criterios de homogeneidad interna y externa.

- f. Validar los datos y conclusiones obtenidas de la investigación. En primer lugar, la validez interna se determinó debido a que todas las conclusiones a las que se llegaron surgieron de los datos obtenidos. En segundo lugar, la validez externa del estudio se comprobó mediante la generalización de los conceptos obtenidos. Teniendo en cuenta que las categorías definidas pueden ser fácilmente aplicables a otros escenarios en el área de mantenimiento, no solo al mantenimiento predictivo y a contextos donde no se emplee la industria 4.0 en sus procesos (Guba y Lincoln, 1982). Las categorías definidas son semejantes no solo a categorías estudiadas en la gestión de mantenimiento, estas aplican también a otras áreas de estudios administrativos y logísticos.
- g. Definir los casos de éxito más representativos encontrados en el proceso e investigación, teniendo en cuenta toda la información codificada y categorizada en el presente estudio.

### 3. RESULTADOS

En esta sección se expone el resultado de las entrevistas realizadas, dentro de las que se destacaron dos empresas de gran relevancia en Colombia. Estas empresas han demostrado avances positivos en la implementación del mantenimiento predictivo mediante el uso de herramientas de la industria 4.0. La primera empresa es el grupo Avidesa Mac Pollo dedicada a productos avícolas, en la que se estudió el área de producción y mantenimiento, tomando el consumo de agua como el caso de estudio. La segunda, del sector educativo, es la Universidad EAFIT, en la que se estudió el área de mantenimiento y el sistema de refrigeración de espacios.

El Grupo Avidesa Mac Pollo nace en 1969 con el objeto social de la distribución de alimentos concentrados para todo tipo de animales. Hoy en día se enfoca en procesamiento de aves, específicamente pollos, y todos los productos que se derivan de esta ave. Esta empresa cuenta con plantas de producción en varios territorios de Colombia y su producción es constante y activa las 24 horas del día. Ha sido reconocida por sus reducciones de emisión de gases invernadero y la sostenibilidad de sus procesos, por la empresa Novozymes. Además, ganó por dos años consecutivos (2015-2016) la calificación como los mejores proveedores de aves para restaurantes según la revista *La Barra*.

Al ser una empresa del sector alimenticio, el proceso de saneamiento e higiene debe ser estricto, por lo que si no hay un control planeado, los costos pueden incrementarse. Una de las experiencias recientes fue la implementación de un sistema de gestión energética que comprende la inversión en medidores electrónicos de agua con el fin de obtener lecturas por

zonas de procesos en tiempo real y disponibles en línea. Gracias a la implementación de este sistema en el área de mantenimiento se lograron ahorros mensuales de 5,3 % que corresponden a 14 406 240 pesos colombianos, durante los años 2018-2019 (Fuentes, 2020). En la figura 1 se puede observar la reducción mensual en consumo de agua en este período de tiempo debido a la implementación de este nuevo sistema. El sistema es una primera incursión de la empresa en tecnologías asociadas a la industria 4.0 mediante un desarrollo propio y que basa su implementación en Python. Este sistema ayuda a graficar y evaluar los datos con respecto a las metas y muestra los incrementos o decrementos de las mediciones con respecto a las metas planteadas por la empresa. También puede identificar de manera rápida las zonas de proceso de producción desfasadas o que generan mayor cambio e impacto. Esto ha permitido un rápido análisis de la información que apoya la toma de decisiones en la recomendación que se le hace a cada proceso dentro del proceso de producción de la empresa, ese mismo algoritmo interactúa con SAP-PM para graficar los indicadores de mantenimiento, costos, producción, entre otros.

Además de ello, estudian de forma constante casos de falla mediante contextos de criticidad y peores escenarios, determinando los elementos críticos con el fin de direccionar el enfoque y mejorar la planeación de mantenimiento. La empresa aspira a dar un paso más en la evolución del mantenimiento predictivo hacia uno de tipo prescriptivo, en donde se usa *big data* e IA para obtener una solución frente a las fallas que puedan presentar los equipos. Hasta ahora han logrado implementar pruebas piloto, ya que los retos de esta tecnología radican en el manejo del *big data*, por lo que se deben tener consultorías con empresas externas. Al ser pocas las que prestan el servicio en Colombia, son de alto costo (Fuentes, 2020). Estas pruebas han arrojado buenos resultados, lo que motiva a la empresa a seguir investigando en el mantenimiento predictivo con miras a mejorar procesos y obtener reconocimiento.

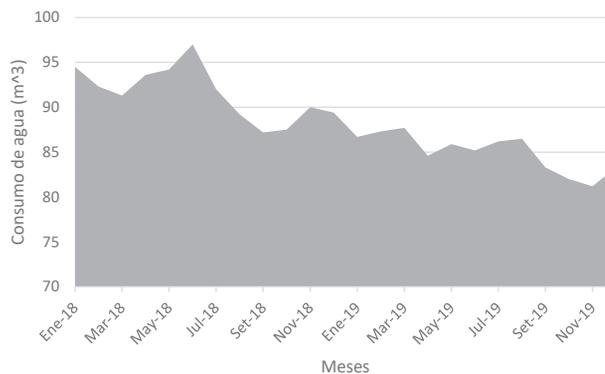


Figura 1. Gasto de agua mensual en producción 2018-2019  
Fuente: Fuentes (2020)

La empresa del sector educativo es la Universidad EAFIT, una de las más importantes del país. Esta institución nace en 1960 como una escuela de administración. Se posiciona hoy en día en el grupo 801-1000 según el QS World University Rankings. Del mismo modo, se destaca por alcanzar el puesto 149 en reputación entre empleadores en el ámbito global, el número de docentes por alumno, y estudiantes y profesores internacionales.

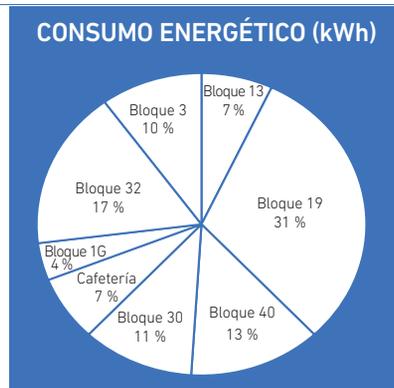
Entre el 2018 y el 2019 el aumento fue del 6 %, teniendo en cuenta que se incrementó la capacidad de producción en un 300 %.

La disminución del valor de kWh se debió a la implementación de la subestación de 44 kV; con el mismo consumo del 2019, el ahorro en el 2020 fue de USD 334 225 358.

Se estima que el consumo en el 2020 será de un 52 % del consumo del 2019.

En diciembre y enero se consume, aproximadamente, un 73 % de la energía de agosto y septiembre, que son los de mayor consumo.

Año	Consumo kWh	Costo kWh
2018	7 664 077	\$ 351
2019	8 151 838	\$ 356
2020	3 158 480	\$ 315



En el 2019 el aire acondicionado del bloque 40 y del bloque 19 consumieron el 40 % (2 945 000 kWh) de la energía de todo el año. El bloque 19 es el edificio con más sistemas instalados y de mayor demanda, lo cual se refleja en su consumo. El principal consumidor de energía eléctrica de la Univridad es el aire acondicionado y la iluminación.

Figura 2. Escenarios de consumo de energía de la Universidad EAFIT

Fuente: Jiménez Arango (2020)

La Universidad EAFIT cuenta con acreditación de alta calidad para la mayoría de sus programas, expedida por el Ministerio de Educación Nacional y la certificación ISO 9001 expedida por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Cuenta con un aforo de aproximadamente quince mil estudiantes al día y una infraestructura de alrededor de cuarenta edificios. En este caso, el Departamento de Mantenimiento, encargado de todo el sistema de aire acondicionado, fue en el que se centró la investigación. La planta de agua helada tiene una capacidad de operación superior a cualquier otra planta en alguna empresa del sector privado dentro de la ciudad de Medellín, segunda ciudad más poblada de Colombia. El sistema posee un anillo de suministro de agua helada para todos los sistemas de refrigeración de los bloques con una capacidad instalada por encima de la demandada en previsión de construcciones futuras. Este sistema cuenta con un programa de IA alimentado por sensores distribuidos en toda la extensión del anillo y áreas de demanda, que miden en tiempo real las variables críticas en el proceso de refrigeración tales como las variables de caudal, de

presión de bombas de suministro, eléctricas, temperatura y otros equipos involucrados en el proceso (Jiménez Arango, 2020). La figura 2 describe los escenarios de consumo de energía de la Universidad EAFIT.

En las distintas áreas se obtuvieron reducciones en términos de costo que varían entre el 20 % y 50 %, este fue el resultado obtenido de un trabajo realizado a lo largo de seis años en temas asociados a la captura y análisis de datos, lo que generó una cultura de mejora continua en los planes establecidos (Jiménez Arango, 2020). Teniendo en cuenta que la planta de agua helada es el principal consumidor de energía como sistema, se implementa un programa de automatización (CPO), el cual en tiempo real toma decisiones, como lo explica la figura 3:

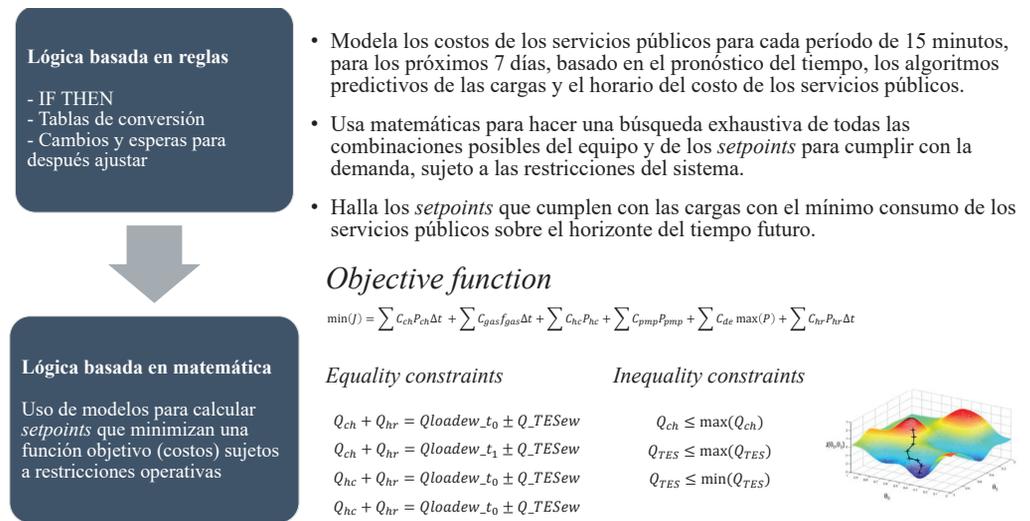


Figura 3. Programa de Automatización CPO, Universidad EAFIT  
Fuente: Jiménez Arango (2020)

Con esta herramienta se espera tener ahorros de hasta un 50 % en la operación a toda carga de las instalaciones educativas, lo cual se convierte en un sistema de alto potencial de desempeño a un muy bajo costo. En cifras, lo que anteriormente con 500 toneladas de refrigeración costaba en energía 1 825 000 pesos COP kWh/día, hoy en día con una instalación de 1500 toneladas de refrigeración se tiene un consumo promedio de 4 350 000 pesos COP kWh/día.

En la actualidad el sistema se encuentra en fase de adquisición de datos, con el fin de poder llegar a estos porcentajes de ahorro, para lo cual se requieren varios meses de operación en los que el sistema pueda realizar sus predicciones de acuerdo con las cargas consumidas sin sacrificar las necesidades del sistema y el confort en los espacios. A partir de las entrevistas se identifican datos y experiencias compartidas; a continuación, se presenta esta información

conjunta englobada por temáticas. Se lograron evidenciar características y comportamientos relacionados en cuanto a la importancia y la medición de variables como base fundamental para la creación de planes de mejora. Se deben establecer las variables más críticas de cada uno de los procesos por analizar con el fin de asignar niveles de criticidad e importancia frente a la magnitud del mantenimiento requerido.

Las nuevas tecnologías, especialmente las pertenecientes a la industria 4.0, juegan un papel fundamental en el mantenimiento predictivo debido a que las técnicas asociadas a este tipo de mantenimiento, de las cuales se destacan el análisis de vibraciones, termografías, entre otras, emplean estas tecnologías en su ejecución, permitiendo un estudio más amplio y riguroso a los equipos. Es de suma importancia que estas técnicas de inspección y medición de variables se encuentren normalizadas, es decir que se rijan mediante normativas o estándares académicamente aceptados. Además, usando sensores y herramientas que integren *Internet of Things* (IoT) se da paso a sistemas de monitoreo y control en tiempo real, lo que significa una mayor eficiencia en los tiempos de respuesta y la medición de variables. Si las anteriores tecnologías y procesos se realizan de una forma constante en el tiempo, se da la posibilidad de la generación de modelos y algoritmos matemáticos que con ayuda de la IA y *machine learning* permiten predecir con mayor confiabilidad el comportamiento de los equipos en el desempeño de tareas.

Toda esta recopilación de datos e información, en conjunto con una inversión inicial en personal calificado y en nuevas tecnologías, permite la creación de planes de mantenimiento predictivo confiables que ayudan a reducir costos tanto en reparaciones como en paros de producción, ya que al ser empresas con ciclos de funcionamiento continuo no se pueden permitir tener inconvenientes que afecten su labor normal, de aquí la importancia de los planes de mantenimiento predictivo que logren anticipar los fallos para corregirlos eficazmente sin afectar la producción. También se logran ahorros en gastos de mantenimiento de equipos de poca criticidad con un mínimo de fallas en su ciclo de vida. Si los ahorros se mantienen, con el paso del tiempo se alcanzará un retorno de la inversión inicial y en este punto habrá ganancias para la empresa, lo que demuestra así la importancia de la inversión de capital en mantenimiento predictivo y las tecnologías 4.0 asociadas a este.

Luego de tener formulados los planes de mantenimiento para cada equipo, es importante una correcta ejecución y control sobre este; acá juegan un papel muy importante las tecnologías como IoT o *systems, applications, products and data processing* (SAP) por la necesidad creciente de medir variables en tiempo real y su almacenamiento para posteriores mejoras de la máquina o proceso. Al ser un flujo de datos tan alto, estas aplicaciones son robustas y se adaptan a la gran cantidad de datos procesados. Como última instancia se verifica el éxito de los planes mediante la formulación de indicadores adecuados a los requerimientos de cada empresa, en los que normalmente se relacionan los productos o principales servicios con todos los costos relacionados a una unidad fija que pertenece a este servicio.

Por ejemplo, el costo de mantenimiento por kilogramo de alimento procesado en el proceso de producción de la empresa avícola o el costo por cada tonelada refrigerada, donde se busca constantemente su reducción mediante planes de mejora continua.

#### 4. CONCLUSIONES

Se identifica que la posibilidad de toma de datos permite la mejora de procesos y el desempeño de equipos; por ello, la determinación de las variables más críticas de dichos procesos es el primer paso en busca de generar planes de mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo y el control de este conlleva una serie de costos e inversión inicial, por lo que, si el plan es formulado y ejecutado de forma correcta, se podrá obtener el retorno de la inversión y la reducción de los costos fijos relacionados con el mantenimiento que se solían tener.

Adicional a los costos de reparaciones y mantenimientos, también se pueden evidenciar reducciones en la disminución de los tiempos de parada de producción, ya que se solucionan problemas que se prevé que fallarán en tiempo futuro, eliminando así los riesgos de detención de la producción y su factor de impredecibilidad.

Situaciones como la pandemia mundial vivida en el año 2020 demuestran la necesidad que tienen las empresas de tener sistemas de monitoreo y control a distancia, ya que permiten mantener la actividad productiva sin mayor logística; además, es una forma sencilla de conocer el estado real de cada uno de los equipos de una forma totalmente remota y así ejecutar una toma de decisiones más confiable.

El avance de este tipo de tecnología todavía es incipiente en Colombia, por lo que se ve la necesidad de generar más investigación, proyectos, alianzas empresa-academia con las que las corporaciones podrían acceder a este tipo de avances e implementación de tecnologías con menores costos de inversión y, a su vez, permitiría a los estudiantes adquirir conocimientos mediante su investigación.

Se evidencia que al determinar de forma correcta cada variable crítica del proceso, mediante la realización de un análisis de datos, se obtienen resultados confiables. La estructuración y creación de planes de mantenimiento basados en las necesidades del proceso y el riguroso control de toda la ejecución del proceso facilitaron a las empresas Avidesa Mac Pollo y Universidad EAFIT ser exitosas en la implementación de sus proyectos de innovación en el área de mantenimiento con el uso de tecnologías de la industria 4.0.

## REFERENCIAS

- Alsyouf, I. (2007). The Role of Maintenance in Improving Companies' Productivity and Profitability. *International Journal of Production Economics*, 105, 70-78. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.06.057>
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. (2019). *Informe de la encuesta de transformación digital 2019*. <http://www.andi.com.co/Uploads/ANALISIS%20-%20ENCUESTA%20DE%20TRANSFORMACI%C3%93N%20DIGITAL%202019%20-%20ANDI.pdf>
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia e iNNpulsa. (2018). *Cierre de brechas de innovación y tecnología*. <https://www.innpu.sacolombia.com/es/cierre-de-brechas-de-innovacion-y-tecnologia>
- Dueñas Ramírez, L. M., y Villegas López, G. A. (2020). Technological Advances in Computer Science that Define Maintenance Concerns in Industry 4.0 in Colombia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1513, 12010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1513/1/012010>
- Fuentes, D. (29 de mayo del 2020). *Mantenimiento centrado en confiabilidad Grupo Avidesa Mac Pollo*. (C. A. Castaño Restrepo, entrevistador).
- Guba, E. G., y Lincoln, Y. S. (1982). Epistemological and Methodological Bases of Naturalistic Inquiry. *ECTJ*, 30(4), 233-252.
- Hernán-García, M., Lineros-González, C., y Ruiz-Azarola, A. (2020). Cómo adaptar una investigación cualitativa a contextos de confinamiento. *Gaceta Sanitaria*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.06.007>
- Jiménez Arango, C. A. (15 de mayo del 2020). *Entrevista Departamento Mantenimiento y Sistemas de Refrigeración EAFIT*. (S. Castiblanco Tique, entrevistador).
- Kobbacy, K., y Prabhakar Murty, D. (2006). *Springer Series in Reliability Engineering*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4588-2>
- Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B., y Kao, H. (2013). Recent Advances and Trends in Predictive Manufacturing Systems in Big Data Environment. *Manufacturing Letters*, 1(1), 38-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2013.09.005>
- Montero Jimenez, J., Schwartz, S., Vingerhoeds, R., Grabot, B., y Salaün, M. (2020). Towards Multi-model Approaches to Predictive Maintenance: A Systematic Literature Survey on Diagnostics and Prognostics. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 539-557. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.07.008>

- Morse, J. M., y Field, P. A. (1995). *Qualitative Research Methods for Health Professionals*. Sage Publications, Inc.
- Morse, J. M., Hupcey, J. E., Penrod, J., y Mitcham, C. (2002). Integrating Concepts for the Development of Qualitatively-Derived Theory. *Research and Theory for Nursing Practice*, 16(1), 5-18.
- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative Evaluation and Research Methods* (2.<sup>a</sup> ed.). Sage Publications, Inc.
- Russmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., y Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
- Sahal, R., Breslin, J. G., y Ali, M. I. (2020). Big Data and Stream Processing Platforms for Industry 4.0 Requirements Mapping for a Predictive Maintenance Use Case. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 138-151. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.11.004>
- Selcuk, S. (2017). Predictive Maintenance, its Implementation and Latest Trends. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 231(9), 1670-1679. <https://doi.org/10.1177/0954405415601640>
- Strauss, A., y Corbin, J. (2004). Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. En A. Strauss y J. Corbin, *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Universidad de Antioquia.



# Deteccción del SARS-CoV-2 en radiografías de tórax por medio de descriptores intermedios y técnicas de *machine learning*

Gonzalo Bardález-Trigoso

17100802@ue.edu.pe / Universidad ESAN

Jean Pablo Bazán-Arzapalo

16100402@ue.edu.pe / Universidad ESAN

Junior Fabián

jfabian@esan.edu.pe / Universidad ESAN

Pedro Montenegro-Montori

16100041@ue.edu.pe / Universidad ESAN

Recepción: 31/8/2020 Aceptación: 1/10/2020

**RESUMEN.** El SARS-CoV-2, que causa la enfermedad del COVID-19, es un virus que se ha expandido rápidamente por el mundo, teniendo como lugar de inicio la ciudad de Wuhan, en China. A la fecha se han detectado más de 36 738 525 casos a nivel mundial. La tasa de infectados aumenta diariamente y la capacidad sanitaria no se da abasto. Por estas razones, se ha venido proponiendo una variedad de métodos para identificar el novel coronavirus con mayor rapidez y a menor costo. Un ejemplo de estos métodos para identificar la enfermedad es el COVID-Net, una red convolucional que identifica el COVID-19, neumonía o pulmones en condición normal. En este trabajo se propone una metodología para identificar y clasificar imágenes de radiografías de tórax que tienen el COVID-19, neumonía o sin condición. Para esto se utilizaron extractores de características intermedias: HOG+PCA, SIFT+K-means y SURF+K-means, combinados con un SVM como clasificador; además, se emplearon tres estructuras CNN: VGG19, Densenet121 y MobilnetV2. Se utilizó la base de datos COVIDx3 que consta de 15 476 imágenes radiográficas de pulmón. Se obtuvieron buenos resultados, y se determinó que la mejor de las combinaciones fue la que utilizó MobilnetV2 con aumento de datos obteniendo una sensibilidad por clase COVID-19 de 0,97 y en promedio una precisión y

sensitividad de 0,92 y 0,91. Debido al contexto de la crisis sanitaria generada por el COVID-19, este trabajo se presenta como un apoyo para la detección de esta enfermedad y como marco de referencia para futuras investigaciones.

PALABRAS CLAVE: COVID-19 / aprendizaje automático / aprendizaje profundo  
/ visión computacional / descriptores de nivel intermedio

## Detection of SARS-CoV-2 in Chest X-Rays by Means of Mid-Level Image Descriptors and Machine Learning Techniques

ABSTRACT. COVID-19, the disease caused by the SARS-CoV-2 and originated in the Chinese city of Wuhan, has quickly spread around the world. To date, there have been more than 36,738,525 confirmed cases worldwide. Rates of COVID-19 cases increase on a daily basis and access to healthcare is not enough. For these reasons, a series of methods have been proposed to identify the novel coronavirus faster and at lower cost. An example of said methods is COVID-NET, a convolutional neural network that identifies COVID-19, pneumonia or normal lungs. This research proposes a methodology to identify and classify chest X-ray images according to three categories: COVID-19, pneumonia or normal lungs. To that end, mid-level image descriptors were employed: HOG+PCA, SIFT+K-means and SURF+K-means, combined with a SVM classifier. In addition, three CNN structures were used: VGG19, DenseNet121 and MobilNetV2. The COVIDx3 dataset, consisting of 15,746 chest X-rays, was used. Good results were obtained, where MobilnetV2 plus data augmentation showed the best performance, with a recall of 0.97 for the COVID-19 class, and an average precision and recall of 0.92 and 0.91, respectively. Given the current COVID-19 health crisis, this approach may be used for detecting the virus and as a reference for future research.

KEYWORDS: COVID-19 / machine learning / deep learning / computer vision  
/ mid-level image descriptors

## 1. INTRODUCCIÓN

El COVID-19, causado por el SARS-CoV-2, es una enfermedad viral que se ha expandido rápidamente por el mundo, teniendo como lugar de inicio la ciudad de Wuhan. Según la Organización Mundial de la Salud (9 de octubre del 2020), a la fecha se han detectado 36 738 525 casos y 1 066 412 muertes a causa del virus a nivel mundial. Las pruebas serológicas (RT-PCR) pueden detectar el RNA del SARS-CoV-2 en el cuerpo, es el estándar usado para ver si una persona se encuentra infectada (Wang, Xu, Gao, Lu, Han, Wu y Tan, 2020); sin embargo, este proceso es muy trabajoso, toma tiempo, es caro y hay una alta demanda por este tipo de pruebas. Asimismo, existe el creciente problema del colapso sanitario, debido a la carencia de infraestructura para albergar una mayor cantidad de pacientes en cada hospital.

El desarrollo de aplicaciones de aprendizaje profundo ha sido muy popular en cuanto a tareas de detección de objetos o en tareas de clasificación de imágenes médicas; por ello, utilizar los beneficios de la toma de decisiones médicas basadas en sistemas asistidos por computadora se está volviendo cada vez más una realidad (Wang *et al.*, 2020). En este escenario aparece la oportunidad de utilizar estas tecnologías como apoyo a las pruebas estándar para reducir la brecha en infraestructura y aliviar el colapso del sistema sanitario.

Por estas razones, se han venido proponiendo distintas metodologías para identificar el SARS-CoV-2 por medio de técnicas de aprendizaje profundo, con mayor rapidez y a menor costo. Un ejemplo de estos métodos para identificar la enfermedad es el COVID-Net (Wang y Wong, 2020) que es una red convolucional que discrimina en imágenes de radiografías de pulmón entre las clases COVID-19, neumonía y condición normal; se obtuvieron resultados muy satisfactorios, superando a redes como VGG19 y ResNet-50, con una sensibilidad de 93,3 % y una *accuracy* de 93,3 %. Además, esta propuesta ha sido el inicio para todos los trabajos relacionados a identificación del COVID-19 por medio de radiografías de tórax. Estos nuevos métodos no son un reemplazo de las pruebas serológicas, sino son un apoyo y referente para la identificación de esta enfermedad. De tal forma, Oh, Park y Ye (2020) utilizaron *datasets* con data limitada y una red ResNet-18 para extraer las características de las radiografías de tórax computarizadas y clasificarlas, obteniendo una sensibilidad de 94,3 % y precisión de 87,6 %, proponiendo además el uso de aumentación de datos para potenciar la clase COVID-19 que contenía una reducida cantidad de imágenes. Asimismo, Apostolopoulos y Mpesiana (2020) utilizaron las redes VGG19 y MobilnetV2, aplicando *transfer learning*, siendo MobilnetV2 la que mejor se desempeñó, debido a que clasificó mejor los verdaderos positivos, y tuvo como resultado 98,66 % en sensibilidad y 96,46 % en especificidad.

En este trabajo se propone una nueva metodología para identificar y clasificar radiografías de tórax que tienen el COVID-19, neumonía o sin condición. Es importante aclarar que la metodología propuesta se presenta como un marco de apoyo para la identificación de la enfermedad en radiografías, mas no como un reemplazo para las pruebas serológicas. Para esto se utilizaron los siguientes extractores de características intermedias: Histogram of

Oriented Gradients (HOG) (Dalal y Triggs, 2005) + Principal Component Analysis (PCA), Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) (Lowe, 2004) + K-means y Speeded Up Robust Features (SURF) (Bay, Tuytelaars y Van Gool, 2006) + K-means, utilizando como clasificador Máquina de Soporte Vectorial (SVM); además, se emplearon tres estructuras de redes neuronales convolucionales (CNN): VGG19 (Simonyan y Zisserman, 2014), MobilnetV2 (Sandler, Howard, Zhu, Zhmoginov y Chen, 2018) y Densenet121 (Gao, Zhuang, Van der Maaten y Weinberger, 2018). El trabajo se encuentra estructurado de la siguiente forma: la sección 2 describe la metodología, la sección 3 los resultados y la sección 4 las conclusiones.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología que se propuso consta de cuatro bloques principales: (I) recolección de datos, (II) preprocesamiento de los datos, (III) procesamiento de los datos y (IV) clasificación. Se puede apreciar el flujo de trabajo en la figura 1.

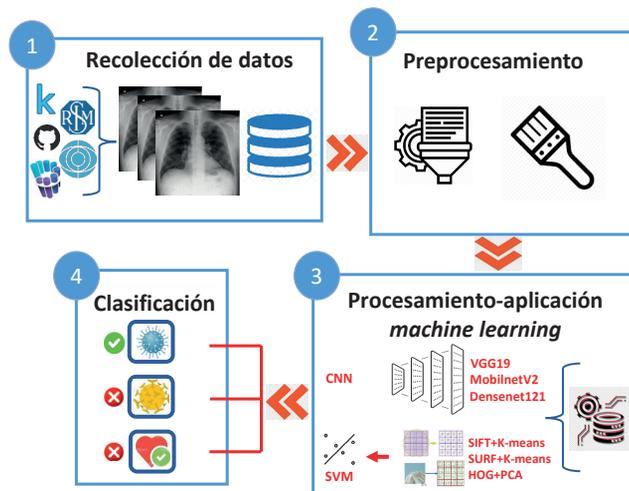


Figura 1. Metodología propuesta en esta investigación

Elaboración propia

### 2.1 Recolección de datos

En esta investigación se utilizó la base de datos COVIDx3 (Wang *et al.*, 2020) que contiene un total de 15 476 imágenes de radiografías de pulmón. COVIDx3 está conformado por distintas fuentes como la Sociedad de Radiología Italiana, la Sociedad de Radiología Europea, entre otras. Asimismo, se compone de distintos *datasets* de radiografías de tórax de acceso abierto como Covid chestxray-dataset, Figure1-COVID-chestxray-dataset, Actualmed-COVID-chestxray-dataset,

COVID-19 Radiography Database y RSNA Pneumonia Detection Challenge (estas bases de datos se pueden encontrar en el apartado de referencias).

De las 15 476 imágenes, se separaron en muestras para entrenamiento y prueba siguiendo la distribución 80/20. De esta manera se tuvieron 12 380 radiografías para el entrenamiento: 459 que contenían COVID-19, 7080 en condición normal y 4841 con neumonía; y 3096 para la prueba: 114 que contenían COVID-19, 1771 en condición normal y 1211 con neumonía.

## 2.2 Preprocesamiento

El primer proceso que se realizó fue ordenar los datos de la base de datos COVIDx3, obteniendo una carpeta por cada una de las tres categorías.

Como la categoría del COVID-19 tenía un total de 573 radiografías, estaba claramente desbalanceada con respecto a las otras clases. Esto significaría que a la hora de emplear las CNN, estas podrían generar resultados deficientes. Por esta razón, primero se realizó el entrenamiento con los datos desbalanceados con los descriptores intermedios y las CNN; luego, se hizo otro experimento con las tres estructuras CNN con aumento de datos solo para la clase del COVID-19. Para el proceso de generación de imágenes se implementó una secuencia que generaba datos sintéticos, que consistía en distintas etapas que aplicaban diferentes modificaciones al azar. Las etapas de este proceso consistían en realizar lo siguiente: primero se detalla la cantidad de imágenes a generar por imagen original, en este caso este valor fue de diez; después, la función podría generar una imagen al azar que tuviera al menos una combinación de las siguientes transformaciones: rotaciones entre  $-10$  y  $10^\circ$ , recortes y *padding*, traslaciones en el eje X e Y entre  $-0,07$  y  $0,07$ , aplicación del filtro CLAHE, aplicación de un filtro gaussiano con valores entre 0 y 5, aplicación de filtro de media y mediana con valores de 2 a 5, generación de ruido con Poisson con intensidades de 0 a 5 y generación de ruido gaussiano con intensidades de 0 a 6. De esta manera, se generaron unas 5730 imágenes, teniendo al final un total de 6302 imágenes para la clase del COVID-19.

Asimismo, antes de realizar los procesos de extracción de características, se convirtieron todas las imágenes a escala de grises. Para el caso de HOG se redimensionaron las imágenes al tamaño  $1024 \times 1024$ , el cual era el tamaño estándar para la mayoría de radiografías.

## 2.3 Procesamiento

Esta subsección se divide en dos partes, primero se detallará el procesamiento involucrando los descriptores intermedios y después el procesamiento con las redes neuronales convolucionales. Durante este procesamiento, las librerías usadas fueron OpenCV (versión 3.4.2), SKLearn versión 0.22.2.post1 y tensorflow 2.2.0.

En el caso de HOG se utilizó la librería de *skimage* para generar el vector característico. Los parámetros usados para el HOG fueron los siguientes: las imágenes de entrada eran de tamaño  $1024 \times 1024$ , la cantidad de *bins* para el histograma era de  $9,32 \times 32$  píxeles por celda y bloques de celdas de  $2 \times 2$ . De tal forma que por imagen se generaban vectores de tamaño  $34\ 1596 \times 1$ ; sabiendo que son 15 000 imágenes, se concluyó que utilizar todos los valores como vector característico era inviable debido al costo computacional. Por ello, se aplicaron componentes principales a este conjunto de vectores característicos, se aplicó PCA 50, 100, 200 y 300. Se generaron así distintos vectores de estos tamaños respectivamente; de esta forma se convirtió al descriptor básico HOG en un descriptor intermedio, ya que el PCA logró potenciar al descriptor resumiendo las características y volviéndolas más representativas.

Finalmente, se pasó como entrada esta matriz de valores a un SVM, con la división de muestra y entrenamiento mencionada en la sección de recolección de datos. Se generó una búsqueda de grilla con validación cruzada 5 y los siguientes parámetros:  $\text{kernel}='rbf'$ ,  $C=[1,10,100,1000]$ ,  $\text{gamma}=[0.1,0.01,0.001,0.0001]$ .

Para obtener los vectores característicos con SIFT y SURF los parámetros que se utilizaron fueron los que vienen predeterminados en la función. A diferencia de HOG, estos descriptores no exigen que todas las imágenes sean del mismo tamaño.

Para SIFT, luego de generar los descriptores de cada imagen, obteniendo vectores de número de KeyPoints  $\times 128$ , se requería un solo vector característico por cada imagen, por lo que se decidió aplicar el método de *clustering*, en este caso se usó K-means. Cabe resaltar que antes de realizar este paso, se creó una nube de puntos para que sea el *input* del K-means. Como parámetros para el K-means se utilizaron clústeres de 100 y 200. Con el clúster de 100, se obtuvo un vector con 100 columnas, mientras que con 200, un vector de 200. Esto hizo que el descriptor se transforme en un descriptor intermedio.

En el caso de SURF, como la cantidad de descriptores varía dependiendo de la imagen, se obtuvieron distintos números de descriptores para cada imagen; para solo obtener uno por imagen pasamos a generar un Bag of Visual Words, mediante la clusterización de los puntos con K-means. Todos los puntos descriptores de las imágenes se concatenaron de manera vertical obteniendo una nube de puntos con cerca de 4 700 000 puntos. Se sometieron a dos procesos de clusterización, el primero fue con  $K=100$  y el segundo  $K=200$ . Una vez entrenado el modelo de K-means, se usó para predecir en cada descriptor de cada imagen; luego se crearon histogramas de las predicciones en los descriptores de las imágenes; y este vector histograma va a ser nuestro descriptor intermedio.

Finalmente, para someter los descriptores al clasificador, se entrenó un modelo escalador que le quita la media a los datos y lo divide entre su desviación estándar. Una vez escalados, los descriptores intermedios se utilizaron de entrada para una SVM. Para identificar el mejor modelo de SVM se sometió a una búsqueda de grilla de la misma forma que en el caso de HOG.

Al observar los resultados de los descriptores intermedios se determinó que separados tenían una capacidad limitada y que combinándolos se podría mejorar su rendimiento. De esta forma, se concatenaron los vectores característicos de las tres mejores combinaciones de descriptores: HOG+PCA100, SIFT+K-means200 y SURF+K-means200. En este mismo orden se concatenaron, ordenados según sus resultados en la clasificación individual. De este modo, se obtuvo un vector característico de tamaño 500 por imagen que luego se pasó como *input* a un SVM clasificador, generando un *grid search* de validación cruzada 5 con las mismas características explicadas en los puntos anteriores.

En el caso de las CNN, las imágenes de entrada fueron redimensionadas a tensores de (224 224 3) y reescaladas con un factor de 1/255. De tal forma, se usaron modelos preentrenados con los pesos de Imagenet sin considerar la capa de salida para realizar aprendizaje por transferencia y reentrenarlos. Para la estructura VGG19, se le quitó las últimas capas *fully connected* y *softmax*, reemplazándolas con dos *fully connected* de 512 y 1024, dos capas *dropout* de 0,5 para prevenir el sobreajuste, y una capa *softmax* con 3 clases. Esta estructura se determinó después de realizar varios experimentos, dado que con otras configuraciones el nivel predictivo era muy bajo; se probó con una y dos capas *fully connected* de 4096, solo una capa de 1024 sin *dropout* y un *maxpooling3d* antes de la capa FC, todas estas pruebas no brindaron buenos resultados, obteniendo en casos *accuracies* de 0 en dos de las tres clases; además, se probó cambiando los optimizadores entre Adam y Stochastic Gradient Descent (SGD), siendo SGD el mejor en este caso. Por esta razón se llegó a probar con la arquitectura inicialmente mencionada, con la que se obtuvieron mejores resultados que se mostrarán en la siguiente sección. Se entrenó durante 100 épocas, con un tamaño de lote de 32 y una tasa de aprendizaje de 0,001.

Asimismo, para la red MobilNetV2 se retiraron las últimas capas *fully connected* y *softmax*, reemplazando, primero, con un *GlobalAveragePooling2D*, luego, con 3 *fully connected* de 1024, 1024 y 512, cada uno con su función de activación ReLU y con una capa de *softmax* con 3 clases. Esta estructura ha sido la que mejor resultado ha demostrado luego de una serie de intentos. Esta estructura se optimizó haciendo uso del optimizador SGD, se entrenó con 100 épocas con un tamaño de lote de 32 y la tasa de aprendizaje fue de 0,001.

Finalmente, para la estructura Densenet121, se agregó una capa de *AveragePooling2D* de  $4 \times 4$ ; luego, se volvió vector por medio de *flatten*, y se insertó a una *fully connected* de 1024 con activación ReLU y una capa *softmax* de tres clases. Para los parámetros de entrenamiento se usó el optimizador de SGD, 100 épocas de entrenamiento, tamaño de lote de 32 y tasa de aprendizaje de 0,001.

### 2.3.1 Métricas

Para medir el nivel predictivo de los métodos empleados se utilizaron dos indicadores: precisión, ecuación 1; y sensibilidad, ecuación 2. Cabe resaltar que para este tipo de problemas de

clasificación de radiografías lo más importante es clasificar correctamente las que sí presentan el COVID-19, por ello la métrica más relevante será la de sensibilidad o *recall*. A continuación, se detallan las fórmulas de cada una de ellas:

$$Precisión = \frac{TP}{TP + FP} \tag{1}$$

Donde TP se refiere al número de verdaderos positivos y FP al de falsos positivos.

$$Sensibilidad = \frac{TP}{TP + FN} \tag{2}$$

Similar a la precisión, TP es verdaderos positivos y FN los falsos negativos.

### 3. RESULTADOS

El entrenamiento fue realizado por medio de una validación cruzada 5 en el caso de los descriptores intermedios. Los resultados de estos descriptores se presentan en las tablas 1, 2 y 3. En las tablas 1 y 2 se presentan la sensibilidad y precisión de cada uno de los experimentos realizados con los descriptores intermedios HOG+PCA, SIFT+K-means y SURF+K-means. Mientras que en la tabla 3 se muestran los resultados promedio de estos métodos.

Tabla 1  
*Comparando resultados por sensibilidad de los descriptores intermedios*

Métodos	Sensibilidad		
	COVID-19	Normal	Neumonía
HOG+PCA50	0,66	0,91	0,78
HOG+PCA100	0,75	0,92	0,80
HOG+PCA200	0,73	0,91	0,82
HOG+PCA300	0,72	0,92	0,82
SIFT+K-means100	0,50	0,88	0,75
SIFT+K-means200	0,51	0,88	0,79
SURF+K-means100	0,41	0,91	0,72
SURF+K-means200	0,47	0,90	0,75
(HOG+PCA100)+(SIFT+K-means200) +(SURF+K-means200)	0,85	0,96	0,91

Elaboración propia

Tabla 2

*Comparando resultados según precisión de los descriptores intermedios*

Método	Precisión		
	COVID-19	Normal	Neumonía
HOG+PCA50	0,83	0,86	0,78
HOG+PCA100	0,86	0,87	0,80
HOG+PCA200	0,91	0,87	0,82
HOG+PCA300	0,92	0,88	0,82
SIFT+K-means100	0,81	0,83	0,75
SIFT+K-means200	0,78	0,86	0,79
SURF+K-means100	0,83	0,82	0,72
SURF+K-means200	0,84	0,84	0,75
(HOG+PCA100)+(SIFT+K-means200) +(SURF+K-means200)	0,94	0,94	0,93

Elaboración propia

En las tablas 1 y 2 se puede observar que HOG+PCA100, aun siendo un descriptor intermedio, logró predecir con un nivel aceptable las radiografías con el COVID, obteniendo una sensibilidad en el COVID-19 de 0,75 y un promedio de 0,82. Asimismo, cuando se concatenaron los vectores de los descriptores HOG, SIFT y SURF se logró potenciar la capacidad predictiva de estos descriptores logrando obtener 0,94 de precisión en la prueba y una sensibilidad de 0,85 en el COVID-19.

HOG+PCA100 demuestra ser mejor al ver los resultados específicos, debido a que es el que mejor clasifica la clase COVID-19 correctamente entre los descriptores intermedios, es por esto que se concatenó junto con los mejores descriptores de las otras categorías y se obtuvo un descriptor mucho mejor, con una precisión y sensibilidad promedio de 0,94 y 0,91 respectivamente.

Se puede ver que los descriptores intermedios han logrado acercarse a los resultados presentados en el estado del arte del COVID-Net, teniendo nuestro mejor modelo, la combinación de HOG-PCA100+SURF-K-means200+SIFT-K-means200, resultados casi al nivel de esta arquitectura con una sensibilidad en cada clase (COVID-19, condición normal y neumonía) de 0,85, 0,96 y 0,91 respectivamente versus 0,91, 0,95 y 0,94 del COVID-Net (Wang *et al.*, 2020). Cabe recalcar que esta comparación es puramente experimental, debido a que la distribución de nuestros datos es distinta a la usada en el trabajo de Wang.

Tabla 3  
*Comparando resultados promedio de los descriptores intermedios*

Métodos	Precisión	Sensitividad
HOG+PCA50	0,84	0,79
HOG+PCA100	0,86	0,82
HOG+PCA200	0,88	0,82
HOG+PCA300	0,89	0,82
SIFT+K-means100	0,81	0,71
SIFT+K-means200	0,82	0,73
SURF+K-means100	0,82	0,68
SURF+K-means200	0,83	0,71
(HOG+PCA100)+(SIFT+K-means200) +(SURF+K-means200)	0,94	0,91

Elaboración propia

Los resultados que se obtuvieron con las CNN VGG19, MobilnetV2 y Densenet121 con y sin aumento de datos se pueden observar en términos específicos en las tablas 4 y 5, y sus resultados en promedio en la tabla 6.

Tabla 4  
*Comparando resultados según sensibilidad de las CNN*

Métodos	Sensitividad		
	COVID-19	Normal	Neumonía
VGG19	0,46	0,91	0,89
VGG19+DATA AUG	0,96	0,93	0,82
MobilnetV2	0,74	0,93	0,85
MobilnetV2+DATA AUG	0,97	0,95	0,81
Densenet121	0,45	0,92	0,84
Densenet12+DATA AUG	0,94	0,92	0,81

Elaboración propia

En la tabla 4 podemos observar que la CNN que obtuvo mejores resultados en sensibilidad fue la MobilnetV2 con un *recall* en el COVID-19 de 0,74 sin aumento de datos y 0,97 con aumento de datos.

Tabla 5  
*Comparando resultados según precisión de las CNN*

Métodos	Precisión		
	COVID-19	Normal	Neumonía
VGG19	0,90	0,91	0,84
VGG19+DATA AUG	0,96	0,88	0,88
MobilenetV2	0,87	0,90	0,89
MobilenetV2+DATA AUG	0,97	0,88	0,91
Densenet121	0,80	0,89	0,85
Densenet121+DATA AUG	0,95	0,87	0,87

Elaboración propia

Se obtuvo que VGG19 fue la mejor CNN en términos de precisión con un 0,90 en la clase COVID-19 sin aumento de datos.

Tabla 6  
*Comparando resultados promedio de las CNN*

Métodos	Precisión	Sensitividad
VGG19	0,88	0,75
VGG19+DATA AUG	0,91	0,90
MobilenetV2	0,89	0,84
MobilenetV2+DATA AUG	0,92	0,91
Densenet121	0,84	0,74
Densenet121+DATA AUG	0,90	0,89

Elaboración propia

Finalmente, se puede observar que la mejor CNN sería MobilenetV2, con un optimizador SGD con 100 épocas, con un tamaño de lote de 32 y la tasa de aprendizaje de 0,001; además de tener una buena sensibilidad por clase respecto a las demás, presentó un promedio de precisión y sensibilidad de 0,89 y 0,84 respectivamente. Al utilizar los datos generados con aumento de datos, el mejor modelo obtenido fue también MobilenetV2 con una sensibilidad y precisión en la clase COVID-19 de 0,97 y 0,97 respectivamente, como se puede ver en las tablas 4 y 5, además de una precisión y sensibilidad promedio de 0,92 y 0,91 respectivamente, tabla 6. Esto nos demuestra que, como explica el estado del arte, las CNN necesitan datos balanceados para poder aprender las características de las imágenes correctamente. En la figura 2 se presentan las matrices de confusión de los tres mejores modelos: MobilenetV2, MobilenetV2 + aumento de datos y la combinación de los tres mejores descriptores intermedios.

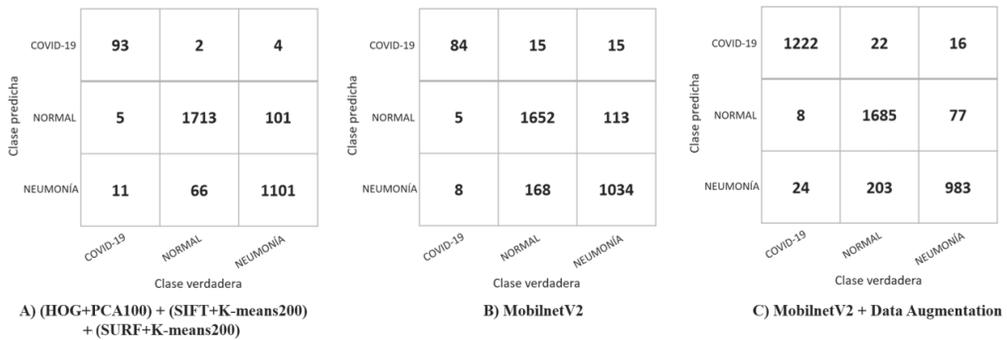


Figura 2. Matrices de confusión de los tres mejores modelos  
Elaboración propia

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se propuso una metodología para la detección del COVID-19 en radiografías de tórax, clasificando en tres categorías: COVID-19, condición normal y neumonía. Así se logró demostrar la capacidad que tienen los descriptores intermedios y cómo las CNN se pueden potenciar para lograr buenos resultados en este tipo de problemáticas.

En conclusión, se obtuvieron buenos resultados en los casos de radiografías con neumonía o normales con el uso de extractores de vectores característicos intermedios; de esta forma, en el caso del COVID-19, solo con HOG+PCA300 se visualizan resultados satisfactorios con una precisión promedio de 0,89 y sensibilidad de 0,82. La mayor importancia recae en la métrica de sensibilidad por su importancia en el caso de clasificación de radiografías (mencionado anteriormente), debido a que el objetivo principal es clasificar bien qué radiografía de tórax tiene el COVID-19 y cuál no. En este caso se logró demostrar cómo la configuración del HOG propuesta en esta investigación ha logrado muy buenos resultados en comparación al estado del arte al ser combinada con componentes principales. Asimismo, al concatenar los tres mejores descriptores intermedios, se pudo observar que se potenciaron mutuamente y elevaron considerablemente la sensibilidad y precisión para la clase COVID-19, 0,85 y 0,94, logrando muy buenos resultados con una precisión y sensibilidad promedio de 0,94 y 0,91, comparable experimentalmente a los resultados del COVID-Net de Wang *et al.* (2020). Se obtienen, con esta combinación de descriptores intermedios, mejores resultados que con las CNN sin aplicar aumento de datos.

El resultado de MobilnetV2, a pesar de tener una base de datos considerablemente desbalanceada, ha demostrado ser un clasificador que arroja muy buenos resultados, obteniendo una buena sensibilidad en comparación con las otras CNN. De esta forma, observamos que este

resultado mejoró al utilizar aumento de datos, logrando una precisión y sensibilidad promedio de 0,92 y 0,91, superando así a los demás métodos mostrados en la investigación.

Asimismo, la Densenet121 con la configuración de salida utilizada tuvo el peor desempeño en precisión del COVID-19; esto se puede deber a la baja cantidad de imágenes de esta clase y que esta red no ha podido aprender muy bien la información. Al utilizar el aumento de datos, esta red también se potenció mejorando su capacidad predictiva. Algo interesante es que en este escenario HOG+PCA (50, 100, 200, 300) se desarrolló mejor, al igual que la combinación de los descriptores intermedios HOG+SIFT+SURE.

Por otro lado, al entrenar la red VGG19 con aumento de datos se potenció su poder predictivo y se llegó a una sensibilidad en la clase COVID-19 de 0,96; además de lograr, en promedio, una precisión y sensibilidad de 0,91 y 0,90. De esta forma, se demostró que para las CNN es de vital importancia que los datos estén balanceados o, en su defecto, tengan miles de imágenes en cada una de las clases; de lo contrario, como se vio en los experimentos con las otras redes, no se llegará a aprender correctamente las características entre clases.

Finalmente, este trabajo y sus resultados son presentados como un marco de referencia para investigaciones futuras y no como un modelo listo para entrar a proceso de producción.

## REFERENCIAS

- Apostolopoulos, I. D., y Mpesiana, T. A. (2020). COVID-19: Automatic Detection from X-Ray Images Utilizing Transfer Learning with Convolutional Neural Networks. *Physical and Engineering Sciences in Medicine*, 43(2), 635-640. <https://doi.org/10.1007/s13246-020-00865-4>
- Bay, H., Tuytelaars, T., y Van Gool L. (2006). SURF: Speeded Up Robust Features. *ECCV 2006*. 3951, 404-417. 10.1007/11744023\_32
- Cohen, J. P., Morrison, P., y Dao, L. (2020). COVID-19 Image Data Collection: Prospective Predictions Are the Future. <https://arxiv.org/pdf/2003.11597.pdf>
- Bell *et al.* (s. f.). *COVID-19*. <https://radiopaedia.org/articles/covid-19-4>
- Dalal, N., y Triggs, B. (2005). Histograms of Oriented Gradients for Human Detection. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)*, 1, 886-893. 10.1109/CVPR.2005.177
- European Society of Radiology. (2020). *COVID*. <https://www.eurorad.org/advanced-search?search=COVID>
- Gao, H., Zhuang, L., van der Maaten, L., y Weinberger, K. (2018). *Densely Connected Convolutional Networks*. <https://arxiv.org/pdf/1608.06993.pdf>

- Lowe, D. (2004). Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 60, 91-110. <https://doi.org/10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94>
- Oh, Y., Park, S., y Ye, J. C. (2020). Deep Learning COVID-19 Features on CXR Using Limited Training Data Sets. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 39(8), 2688-2700. <https://doi.org/10.1109/TMI.2020.2993291>
- Radiological Society of North America. (Octubre del 2018). RSNA Pneumonia Detection Challenge [Dataset]. <https://www.kaggle.com/c/rsna-pneumonia-detection-challenge>
- Rahman, T., Chowdhury, M., y Khandakar A. (Marzo del 2020). COVID-19 Radiography [Dataset]. <https://www.kaggle.com/c/rsna-pneumonia-detection-challenge>
- Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., y Chen L. (2018). MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 4510-4520. 10.1109/CVPR.2018.00474
- Simonyan, K., y Zisserman, A. (2014). *Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition*. <https://arxiv.org/pdf/1409.1556.pdf>
- Società Italiana di Radiologia Medica e Interventistica. (2020). *COVID-19 Database*. <https://www.sirm.org/category/senza-categoria/COVID-19/>
- Wang, L., Wong, A., Qiu Lin, Z., McInnis, P., Chung, A., y Gunraj, H. (2020). Actualmed COVID-19 Chest X-Ray Dataset Initiative [Dataset]. <https://github.com/agchung/Actualmed-COVID-chestxray-dataset>
- Wang, L., Qiu Lin, Z., y Wong, A. (2020). Figure 1 COVID-19 Chest X-Ray Dataset Initiative. <https://github.com/agchung/Figure1-COVID-chestxray-dataset>
- Wang, L., Qiu Lin, Z., y Wong, A. (2020). COVIDx Dataset (version 3) [Dataset]. <https://github.com/lindawang/COVID-Net/blob/master/docs/COVIDx.md>
- Wang, L., y Wong, A. (2020). COVID-Net: A Tailored Deep Convolutional Neural Network Design for Detection of COVID-19 Cases from Chest X-Ray Images. arXiv preprint arXiv:2003.09871.
- Wang, W., Xu, Y., Gao, R., Lu, R., Han, K., Wu, G., y Tan, W. (2020). Detection of SARS-CoV-2 in Different Types of Clinical Specimens. *Jama*, 323(18), 1843-1844.
- World Health Organization. (9 de octubre del 2020). WHO Coronavirus Disease (COVID-19) *Dashboard*. [https://covid19.who.int/?gclid=CjwKCAjw\\_Y\\_8BRBiEiwA5MCBjHROPzfziFPFQFT\\_QltAEQ\\_F29AGqJd21iBevfHeHeVvQCSxUJjJbhoCowwQAvD\\_BwE](https://covid19.who.int/?gclid=CjwKCAjw_Y_8BRBiEiwA5MCBjHROPzfziFPFQFT_QltAEQ_F29AGqJd21iBevfHeHeVvQCSxUJjJbhoCowwQAvD_BwE)

# SumajGAN: transferencia supervisada de maquillaje facial con redes generativas adversarias profundas

Pedro Jesús Guzmán-Ramos

pedrojesusguzmanramos@gmail.com / Universidad ESAN

Wilfredo Mamani-Ticona

wmamani@esan.edu.pe / Universidad ESAN

Recepción: 1/9/2020 Aceptación: 23/10/2020

**RESUMEN.** El reto de la transferencia de maquillaje de una imagen a otra ya está resuelto por los modelos BeautyGAN, PairedCycleGAN y BeautyGlow. Estos modelos lograron solucionar el reto mencionado mediante un enfoque de aprendizaje semisupervisado; lo cual resuelve el problema de obtener un *dataset* alineado de maquillaje, pero a costa de un alto poder de cómputo. Por este motivo, en esta investigación se creó un *dataset* de imágenes alineadas y adicionalmente se propuso un modelo de transferencia de maquillaje mediante un enfoque supervisado. El *dataset* está compuesto por 5400 grupos de imágenes, cada grupo de imágenes se encuentra conformado por una imagen sin maquillaje, una imagen con maquillaje de referencia y otra imagen con el maquillaje de la referencia y la identidad de la persona sin maquillaje. El modelo propuesto en esta investigación es llamado SumajGAN, el modelo se encuentra conformado por un discriminador de tipo PatchGAN y un generador de dos entradas inspiradas en un *autoencoder*. Se realizaron varios experimentos y el mejor resultado obtenido fue de 0,021658644 de error absoluto medio y alta resolución con una correcta transferencia de maquillaje. El modelo SumajGAN ha logrado realizar el objetivo planteado disminuyendo el tiempo de entrenamiento de modelos como BeautyGAN, PairedCycleGAN y BeautyGlow.

**PALABRAS CLAVE:** GAN / *autoencoder* / CNN / BeautyGAN / PairedCycleGAN / BeautyGlow

## SumajGAN: Supervised Transfer of Face Makeup with Deep Generative Adversarial Networks

**ABSTRACT.** The challenge of transferring makeup from one image to another is already solved by BeautyGAN, PairedCycleGAN and Beauty Glow. These models managed to meet the aforementioned challenge using a semi-supervised learning approach which solves the problem of obtaining an aligned makeup dataset but at the expense of a high computing power. Therefore, in this research, an aligned image dataset was developed and, additionally, a makeup transfer model was proposed using a supervised approach. The dataset consisted of 5,400 groups of images: each group of images was composed of a person's no-makeup face image, a reference makeup face image, and a reference makeup face image transferred into the person's no-makeup face image. The model proposed in this research is called SumajGAN. It is made of a PatchGAN-type discriminator and a two-input generator based on an autoencoder. Several experiments were conducted, and the best result achieved a mean absolute error of 0.021658644 and a high-resolution makeup transfer. The SumajGAN model has managed to achieve the objective by reducing the training time of models such as BeautyGAN, PairedCycleGAN and Beauty Glow.

**KEYWORDS:** GAN / autoencoder / CNN / BeautyGAN / PairedCycleGAN / BeautyGlow

## 1. INTRODUCCIÓN

Un modelo capaz de realizar la transferencia de maquillaje basado en una referencia es el presentado por Li, Qian, Dong, Liu y Yan (2018), titulado *BeautyGAN: transferencia de maquillaje facial a nivel de instancia con red adversa profunda generativa*. BeautyGAN plantea desarrollar un modelo basado en las redes generativas adversarias, incluyendo dos generadores similares con doble entrada y salida cada una, el primero para imágenes con maquillaje y el segundo para imágenes sin maquillaje. BeautyGAN se encuentra basado en el enfoque semisupervisado y realiza su aprendizaje a nivel de dominio. Los resultados obtenidos en la investigación del BeautyGAN muestran una alta precisión para la transferencia de maquillaje y, según los estudios comparativos perceptivos, muestran un 61,84 % de aceptación frente a un 33,91 % de la investigación presentada por Liao, Yao, Yuan, Hua y Sing (2017), titulada *Transferencia de atributos visuales a través de una analogía de imagen profunda*.

Otro modelo capaz de realizar la transferencia de maquillaje dentro del grupo de las redes generativas adversarias es PairedCycleGAN, presentado por Chang, Lu, Yu y Finkelstein (2018), titulado *PairedCycleGAN: transferencia de estilo asimétrico para aplicar y quitar maquillaje*. El modelo PairedCycleGAN emplea el enfoque semisupervisado basado en la confrontación consistente de redes generativas. En el proceso de entrenamiento el modelo PairedCycleGAN en una primera fase se encarga de remover el maquillaje de una fotografía de referencia, mientras que en una segunda fase se encarga de aplicar maquillaje a una fotografía de entrada. Los resultados obtenidos en la investigación de PairedCycleGAN, según los estudios comparativos perceptivos, muestran un 65,7 % frente a un 34,3 % de la investigación presentada por Liao, Yao, Yuan, Hua y Sing (2017), titulada *Transferencia de atributos visuales a través de una analogía de imagen profunda*.

Finalmente, otro modelo específico en realizar la transferencia de maquillaje condicionada a una referencia, dentro del campo de las redes generativas basadas en flujo, es el modelo BeautyGlow presentado por Chen, Hui, Wang, Tsao, Shuai y Cheng (2019), titulado *BeautyGlow: marco de transferencia de maquillaje bajo demanda con red generativa reversible*. BeautyGlow resuelve el problema de la transferencia de maquillaje realizando una descomposición de la imagen de entrada y la referencia en vectores latentes, gracias al modelo Glow. Estos vectores latentes son unidos para formar una nueva imagen de entrada sin maquillaje con la aplicación del maquillaje de referencia, mediante la ayuda de funciones de pérdida de la estructura y el maquillaje. Los resultados muestran imágenes de alta calidad y de gran realismo. Por otro lado, según la aplicación realizada de un estudio perceptivo comparativo, el modelo BeautyGlow muestra un 55 % de aceptación frente al 45 % del modelo BeautyGAN.

BeautyGAN, PairedCycleGAN y BeautyGlow son modelos de alta precisión en la transferencia de maquillaje condicionada a una referencia. Estos modelos realizan su aprendizaje de acuerdo con innovadoras maneras marcadas dentro del enfoque semisupervisado. La investigación abordó el problema de la transferencia condicionada de maquillaje mediante el desarrollo

de un modelo enmarcado en el enfoque supervisado, llamado SumajGAN. Este modelo emplea un generador, basado en U-Net, de dos entradas y un discriminador, tipo PatchGAN. SumajGAN, al ser un modelo supervisado, tiene un *target* que permite calcular el resultado, basado en métricas.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología propuesta en la investigación consta de cuatro etapas: 1) obtención del *dataset*, en el cual se detallan los procedimientos necesarios para obtener las imágenes; 2) preprocesamiento del *dataset*, en el que se realiza el tratamiento a las imágenes como estandarizar el formato, el tamaño y la focalización de los rostros para que el modelo pueda tener un mejor rendimiento; 3) diseño del modelo, en el cual se describe el fundamento teórico del modelo SumajGAN y aspectos necesarios para su desarrollo; 4) evaluación, en donde se detallan los criterios de evaluación del rendimiento del modelo, y 5) prueba, en el que se detalla la aplicación del mejor modelo.

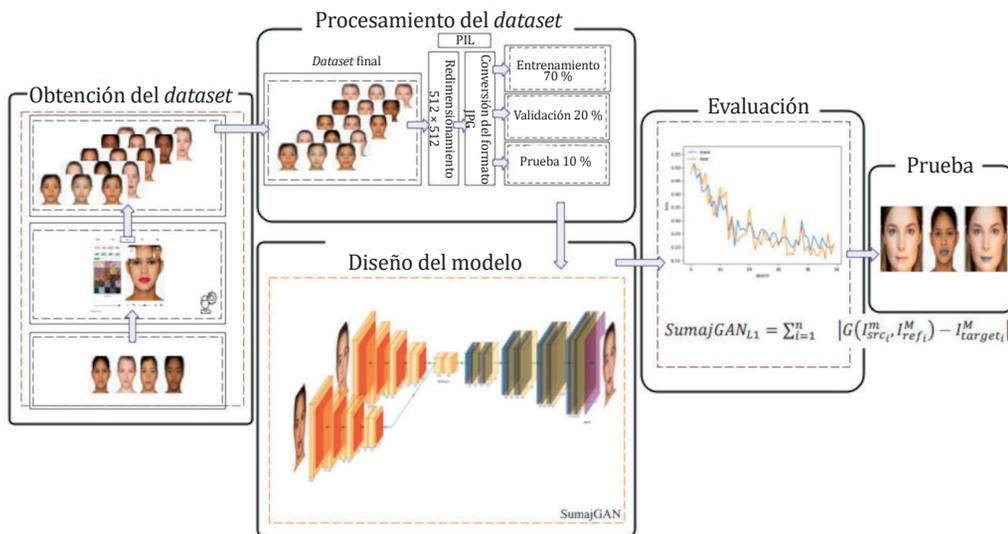


Figura 1. Metodología propuesta

Elaboración propia

### 2.1 Obtención del *dataset*

Se creó un *dataset* conformado por 5400 grupos de imágenes alineadas con diversos tipos de maquillaje. Un grupo de imágenes alineadas se encuentra conformado por tres imágenes (figura 2): *image source*, *image reference* e *image target*. Cada imagen del *dataset* tiene una

dimensión de  $512 \times 512$  píxeles, y alta resolución. Se realizó de manera manual la alineación de cada imagen utilizando programas de edición para colocar un maquillaje similar a otro en cuanto a color y tono.



Figura 2. Bloque de imágenes alineadas (izquierda: *image source*, centro: *image reference*, derecha: *image target*)  
Elaboración propia

## 2.2 Preprocesamiento del *dataset*

Este proceso permitió el redimensionamiento, a una escala de  $512 \times 512$  píxeles; conversión a un formato JPG de todas las imágenes y separación del *dataset* en entrenamiento, validación y prueba. La proporción del *dataset* de entrenamiento, validación y prueba es de 70 %, 20 % y 10 % respectivamente del *dataset* final. Esta separación proporcional del *dataset* de entrenamiento, validación y prueba es realizada mediante el recorrido de todo el *dataset* y una asignación probabilística del 0,7, 0,2 y 0,1 de cada bloque de imágenes.

## 2.3 Diseño del modelo

La transferencia de maquillaje involucra tener dos imágenes de entrada. La primera,  $I_{src}^m$ , formada por la fotografía del usuario sin maquillaje. La segunda,  $I_{ref}^M$ , formada por una fotografía de referencia la cual cuenta con maquillaje. El modelo propuesto en esta investigación (SumajGAN) debe transformar las entradas  $I_{src}^m$  e  $I_{ref}^M$  y producir una nueva imagen  $I_{src}^M$ , manteniendo la identidad del cliente y el maquillaje de la imagen de referencia (figura 3).

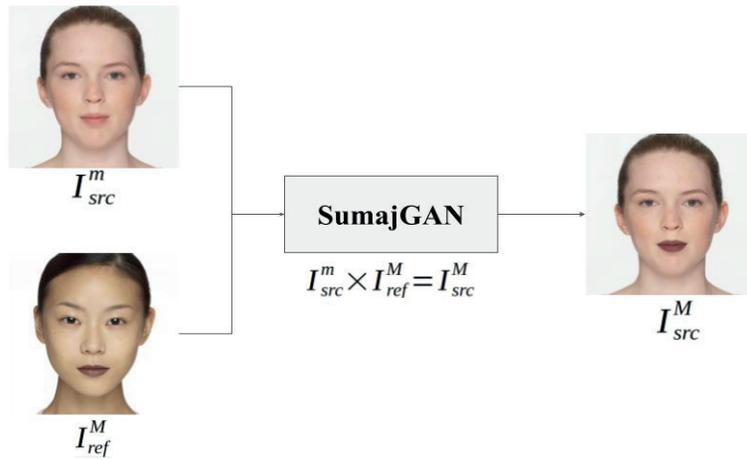


Figura 3. Diseño global del modelo SumajGAN

Elaboración propia

El modelo propuesto está conformado por una red generadora y otra discriminadora. La red discriminadora (figura 5) se encuentra basada en un discriminador de tipo PatchGAN; mientras que el generador (figura 4) se encuentra basado en el modelo U-Net con la particularidad de tener dos entradas convolucionales y estar unidos al *decoder* al nivel del *bottleneck* y capas al mismo nivel mediante las *skip-connection*. Un bloque de convolución está conformado por dos subbloques de convolución de *kernel*  $3 \times 3$ , seguido por una función de activación no lineal ReLU y finalmente una capa *max-pooling*  $2 \times 2$ . Un bloque de deconvolución está formado por una capa *up-pooling*, seguido por dos subbloques de convolución con su respectiva función de activación no lineal ReLU. La configuración es realizada con base en el modelo U-Net que emplea doble convolución en cada nivel para luego hacer un *pooling* o *up-pooling* de  $2 \times 2$ .

SumajGAN al igual que el modelo pix2pix son modelos de entrenamiento supervisado y tienen como objetivo asemejarse lo más posible a un *target*. Asimismo, con un entrenamiento adecuado, aseguran un resultado óptimo como lo planteado en el *target*. Análogamente se puede decir que pix2pix es a CycleGAN como SumajGAN es a BeautyGAN. Al igual que pix2pix, busca solucionar el mismo problema que CycleGAN, pero de manera supervisada. SumajGAN busca solucionar el mismo problema de BeautyGAN de manera supervisada.

## 2.4 Evaluación

El modelo BeautyGAN propuesto por Li *et al.* (2018) plantea la métrica *identity loss* y *makeup loss* para cuidar la transferencia de la identidad de la *image source* y preservar el maquillaje de la *image reference*. La *identity loss* permite delimitar la generación de una imagen preservando la estructura del rostro de la persona de la *image source*. La *identity loss* es medida mediante la

diferencia absoluta entre la salida producida por el generador y la *image source* (ecuación 1). El *makeup loss* permite delimitar la generación de una imagen conservando atributos de la *image reference*. El *makeup loss* es medido mediante la diferencia absoluta entre la salida producida por el generador y la *image reference* (ecuación 2). El *target loss* permite medir la pérdida de la imagen generada frente al *target*. El *target loss* es medido mediante la diferencia absoluta de la *image target* y la imagen de salida del generador (ecuación 3). La pérdida del ciclo adversario es medida mediante la entropía cruzada de la *image target* y la imagen producida por el generador luego de pasar al discriminador (ecuación 4). La función de pérdida total será la sumatoria de las pérdidas mencionadas (ecuación 5).

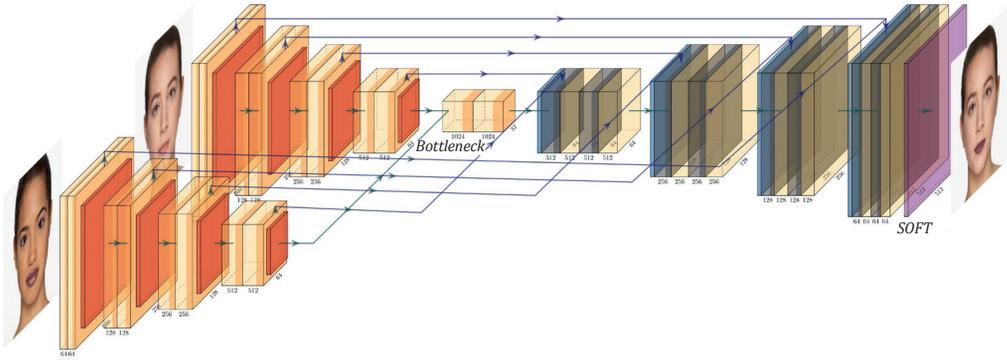


Figura 4. Modelo generador del SumajGAN

Elaboración propia

$$LOSS_{Identity}(G) = \alpha |G(I_{src}^m, I_{ref}^M) - I_{src}^m| \quad (1)$$

$$LOSS_{Makeup}(G) = \beta |G(I_{src}^m, I_{ref}^M) - I_{ref}^M| \quad (2)$$

$$LOSS_{Target}(G) = \theta |G(I_{src}^m, I_{ref}^M) - I_{target}^M| \quad (3)$$

$$LOSS_{GAN}(G, D) = \log(D(I_{target}^M)) + \log(1 - D(G(I_{src}^m, I_{ref}^M))) \quad (4)$$

$$LOSS_{Total}(G, D) = LOSS_{Identity} + LOSS_{Makeup} + LOSS_{Target} + LOSS_{GAN} \quad (5)$$

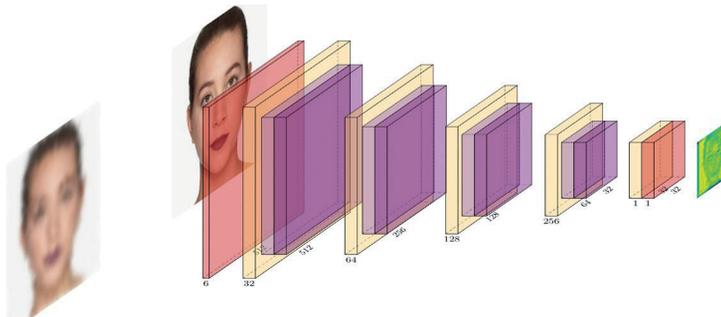


Figura 5. Modelo discriminador PatchGAN  
Elaboración propia

El modelo SumajGAN sigue un enfoque supervisado, esto quiere decir que tiene un *target* que puede condicionar la salida del modelo. Con ello, se plantea evaluar el modelo empleando la pérdida L1, la cual medirá la diferencia absoluta de la salida producida por el generador con la *image target* (ecuación 6). La función de pérdida L1 será empleada tanto en el *dataset* de entrenamiento como en el *dataset* de validación para controlar el *overfitting* y permitir que el modelo logre generalizar en diversas situaciones reales. Los valores del dominio de la métrica se encuentran entre 0 y el  $+\infty$ , siendo los valores próximos a 0 los de mejor rendimiento.

$$SumajGAN_{L1} = \sum_{i=1}^n |G(I_{src_i}^m, I_{ref_i}^M) - I_{target_i}^M| \quad (6)$$

## 2.5 Prueba

La etapa de prueba permitió verificar la posibilidad de implementar el modelo en un ambiente de producción. Por otro lado, en esta etapa se realizaron diversos experimentos con la finalidad de obtener un modelo óptimo que permitiera transferir de la mejor manera el maquillaje de la referencia a la imagen del usuario.

## 3. RESULTADOS

El mejor experimento muestra una pérdida del generador (figura 6) sin tendencia a mejorar para el *dataset* de evaluación a partir de la época 30, con una pérdida para la época 57 de 3,118789. En la pérdida del discriminador (figura 7) se observa que el modelo tiene tendencia al *overfitting* a partir de la época 50. La métrica L1 (figura 8) muestra que a partir de la época 21 hasta la época 57 hay muy poca mejora en el aprendizaje. El valor L1 en la época 57 es 0,021658644. Por otro lado, el ejemplo generado en cada época (figura 9) muestra una mejora de la resolución en cada época; asimismo, desde las primeras épocas se evidencia la

transferencia de maquillaje en la imagen generada. En la función de pérdida L1 del generador (figura 8), se aprecia un cambio importante en las 20 primeras épocas, estas son referidas a la construcción de la estructura del rostro. Mientras que las siguientes épocas muestran cambios menores, ya que se refieren a cambios relativamente menores. Sin embargo, para el modelo propuesto es importante, ya que es la fijación del color y tono de los distintos maquillajes. Esto se verificó guardando ejemplos generados con el *dataset* de prueba, el cual evidencia que con cada iteración la fijación del maquillaje mejora.

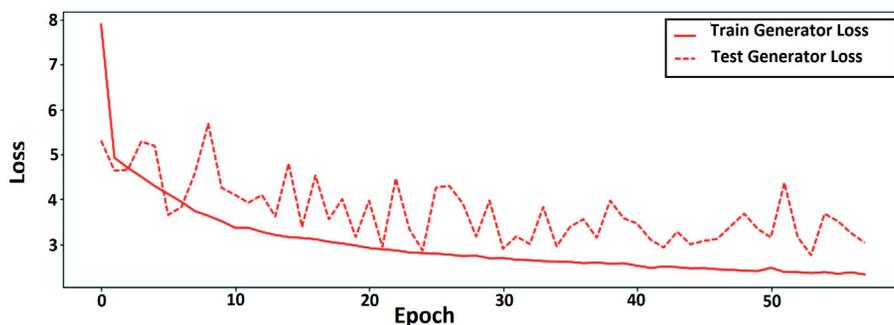


Figura 6. Pérdida del generador del mejor experimento

Elaboración propia

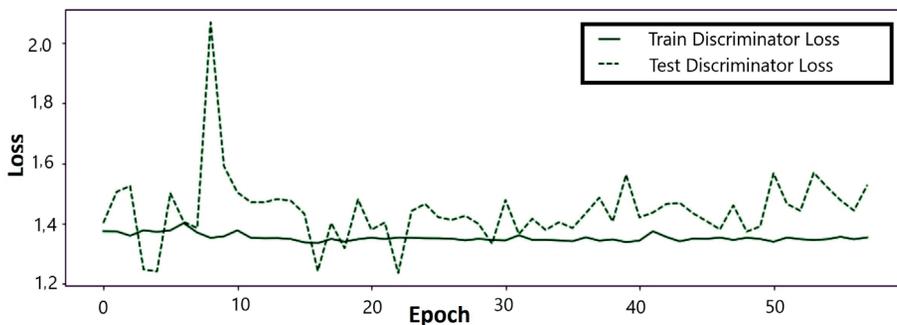


Figura 7. Pérdida del discriminador del mejor experimento

Elaboración propia

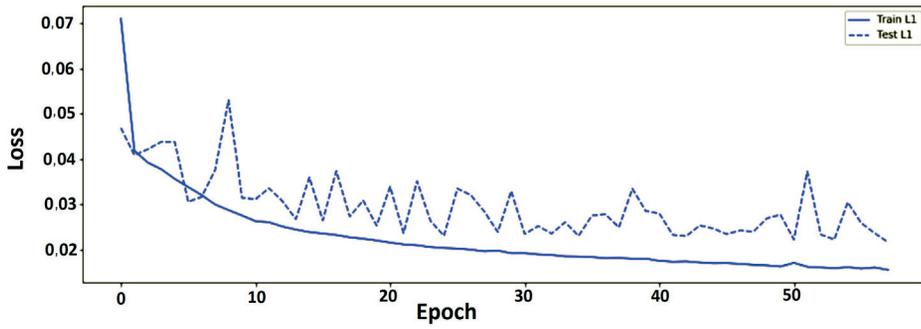


Figura 8. Métrica del mejor experimento  
Elaboración propia



Figura 9. Métrica del mejor experimento  
Elaboración propia

Las pruebas realizadas a las imágenes de las figuras 10 y 11 muestran imágenes generadas de muy alta resolución, muy similares a la *image source* de cada ejemplo. Asimismo, las pruebas muestran un alto rendimiento en la transferencia de maquillaje, en cuanto al color y tipo de maquillaje.



Figura 10. Métrica del mejor experimento  
Elaboración propia



Figura 11. Métrica del mejor experimento  
Elaboración propia

#### 4. CONCLUSIONES

En la investigación se propuso un modelo denominado SumajGAN, el cual fue capaz de sintetizar una imagen con maquillaje condicionada a una imagen del usuario y una referencia de maquillaje. El modelo SumajGAN pertenece al grupo de las redes generativas adversarias, estas se encuentran formadas por dos redes, una conocida como generador y la otra como discriminador.

SumajGAN fue diseñado para transferir maquillaje de una fotografía de referencia a otra fotografía sin maquillaje. El entrenamiento del modelo SumajGAN ha sido realizado mediante el enfoque supervisado. Se creó un *dataset* de imágenes de rostros con maquillaje y rostros sin maquillaje condicionadas a una referencia; fue realizado mediante la edición manual de atributos de maquillaje como el color de los labios, aplicación de base en el rostro, delineador de los ojos y color de los párpados a una imagen sin maquillaje. Las imágenes obtenidas mediante esta técnica quizá no pueden ser muy atractivas, ya que requiere la disposición de mucho tiempo y los datos pueden encontrarse sesgados al no ser tomados del mundo real. Sin embargo, esta forma de obtener los datos es muchísimo más barata que tener que maquillar a muchas mujeres y tomarles una fotografía. Por otro lado, contar con un *dataset* alineado disminuye el tiempo de entrenamiento frente a modelos como PairedCycleGAN, BeautyGAN y BeautyGlow.

El modelo SumajGAN está conformado por una red generadora y otra discriminadora. La red discriminadora se encuentra basada en un discriminador de tipo PatchGAN; mientras que el generador se encuentra basado en el modelo U-Net con la particularidad de tener dos entradas convolucionales y estar unidos al *decoder* al nivel del *bottleneck* y capas al mismo nivel mediante las *skip-connection*.

El desempeño luego del entrenamiento del modelo SumajGAN según la métrica L1 fue de 0,021658644 para el *dataset* de evaluación. Por otra parte, las pruebas realizadas al modelo SumajGAN han mostrado imágenes de alta resolución y una correcta transferencia de maquillaje en cuanto al tipo y color de maquillaje. De esta manera, el modelo SumajGAN es, potencialmente, aplicable en entornos de producción de venta *online* de productos cosméticos para facilitar los procesos de compra de los clientes.

El modelo ha sido entrenado usando un CPU Core i7 con un tiempo estimado de tres horas por cada época; por ello es recomendable utilizar un procesador de tipo GPU o TPU para mejorar significativamente el tiempo de entrenamiento. Por otro lado, es recomendable probar con un *framework* como Pytorch, el cual es el más empleado para modelos generativos, y comparar los resultados en cuanto a la eficiencia de generación y tiempo de entrenamiento.

SumajGAN plantea un modelo de generación de imágenes condicionada a dos entradas, uno tomado como estructura y otro como referencia y siempre condicionado a un resultado previo, aprendizaje supervisado. Como trabajo futuro se plantea generalizar el modelo para otros objetivos como transferencia de prendas de vestir u otros atributos. Asimismo, se tiene pensado realizar un modelo que permite el ingreso de más de dos entradas que combine atributos, siempre dentro del campo supervisado.

## REFERENCIAS

- Chen, H., Hui, K., Wang, S., Tsao, L., Shuai, H., y Cheng, W. (2019). *BeautyGlow: On-Demand Makeup Transfer Framework with Reversible Generative Network*. IEEE Xplore. <https://bit.ly/2wAPZDk>
- Chang, H., Lu, J., Yu, F., y Finkelstein, A. (2018) *PairedCycleGAN: Asymmetric Style Transfer for Applying and Removing Makeup* [Sesión de conferencia]. 2018 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). doi 10.1109/CVPR.2018.00012
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., y Bengio, Y. (2020). Generative Adversarial Networks. *Commun. ACM*, 63(11), 139-144. <https://doi.org/10.1145/3422622>
- Gulli, A., y Pal, S. (2017). *Deep Learning with Keras Implement Neural Networks with Keras on Theano and TensorFlow*. Packt Publishing.
- Guo, D., y Sim, T. (2009). Digital face makeup by example. *2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 73-79. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2009.5206833>

- Isola, P., Zhu J., Zhou T., y Efros, A. (2017). *Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks*. 2017 [Sesión de conferencia]. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), (pp. 5967-5976). 10.1109/CVPR.2017.632.
- Kingma, D., y Dhariwal, P. (2018). Glow: Generative Flow with Invertible  $1 \times 1$  Convolutions. arXiv:1807.03039v2.
- Li, T., Qian, R., Dong, C., Liu, S., y Yan, Q. (2016). *Makeup Like a Superstar: Deep Localized Makeup Transfer Network* [Sesión de conferencia]. IJCAI'16 Proceedings of the Twenty-Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence), (pp. 2568-2575).
- Li, T., Qian, R., Dong, C., Liu, S., y Yan, Q. (2018). *BeautyGAN: Instance-level Facial Makeup Transfer with Deep Generative Adversarial Network* [Sesión de conferencia]. 2018 ACM Multimedia Conference on Multimedia Conference (ACMMM), (pp. 645-653). 10.1145/3240508.3240618.
- Zhu, J., Park, T., Isola, P., y Efros, A. (2017). Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks. *ArXiv preprint* arXiv:1703.10593.



# Comparación de técnicas basadas en visión computacional y *machine learning* para la detección temprana de anemia a partir del análisis de uñas

Keico Anavela Heredia-Menor

keicoheredia@gmail.com / Universidad ESAN

Wilfredo Mamani-Ticona

wmamani@esan.edu.pe / Universidad ESAN

Recepción: 1/9/2020 Aceptación: 3/10/2020

RESUMEN. En el Perú la anemia es una enfermedad que está presente en más del 40 % de la población, es común tanto en niños como en adolescentes, y predomina en mujeres gestantes y niños menores de dos años, lo que compromete seriamente su desarrollo. Para diagnosticar la anemia es necesario realizar pruebas de laboratorio mediante el análisis de la sangre, donde se determinan los niveles de hemoglobina. Sin embargo, la mayoría de los hospitales no cuentan con los equipos adecuados para realizar las pruebas, lo que ocasiona retrasos en la entrega de los diagnósticos. El objetivo de esta investigación es comparar técnicas basadas en visión computacional y *machine learning* para la detección temprana de anemia a partir del análisis de uñas, de manera que los doctores puedan utilizarlo como apoyo en la detección de la anemia para un descarte temprano. Con un diagnóstico oportuno, se evitará a los pacientes padecer las diferentes etapas de esta enfermedad y especialmente a los que se encuentran en la etapa crónica cuando las consecuencias son graves, debido a que la anemia puede indicar la presencia de otra enfermedad subyacente. Se realizaron varios experimentos y los mejores resultados fueron: *Accuracy* 0,989, *precision* 0,98, *recall* 0,98 y *F1-score* de 0,98, con la arquitectura VGG19 como extractor de características en combinación con el clasificador *support vector machines* (SVM). Con la investigación se demostró que es posible detectar la anemia, sin necesidad de un análisis de sangre, con mayor rapidez y con resultados confiables.

PALABRAS CLAVE: visión computacional / *machine learning* / anemia / detección / uñas

## Comparison of Techniques Based on Computer Vision and Machine Learning for the Early Detection of Anemia From Nail Analysis

**ABSTRACT.** In Peru, anemia is a disease that affects more than 40% of the population, being common in both children and teenagers, and prevailing in pregnant women and children under 2 years of age, which seriously compromises their development. To diagnose anemia, it is necessary to perform blood tests to determine hemoglobin levels. However, most hospitals do not have the proper equipment to conduct the tests, which causes delays in the delivery of diagnoses. The objective of this research is to compare techniques based on computer vision and machine learning for the early detection of anemia from nail analysis, so that doctors can use such analysis as support in the early detection of this disease. With a timely diagnosis, it will be possible to prevent patients from suffering the disease in its different stages, especially for those who are at a chronic stage where the consequences are serious, since anemia can be a sign of an underlying disease. Several experiments were carried out and the best results were the following: accuracy 0.989, precision 0.98, recall 0.98 and F1-score 0.98. VGG19 architecture was used as a feature extractor in combination with the support vector machine (SVM) classifier. The research has shown that anemia can be detected without a blood test with quicker and reliable results.

**KEYWORDS:** computer vision / machine learning / anemia / detection / nails

## 1. INTRODUCCIÓN

La anemia es un problema de salud y nutrición pública. Se estima que más de dos mil millones de personas, es decir, un 30 % de la población mundial, tiene anemia en diferentes grados, datos que son revelados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2008). En la OMS también se menciona que dicha enfermedad es muy común en niños y adolescentes, debido a que se presenta cuando disminuye el nivel de hemoglobina en la sangre por falta de hierro.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), el año 2017 se identificó que el 43,3 % de niños son anémicos y en el año 2018 se incrementó a 46,6 %, el cual equivale a 170 000 niños que padecen de esta enfermedad. En el informe se identificó que las gestantes también son una población vulnerable a dicha afección, comprometiendo el desarrollo embrionario y poniendo en riesgo la salud de la madre.

Para el descarte de anemia es necesario llevar a cabo pruebas de laboratorio como hemograma o análisis de sangre; estas son realizadas por especialistas que determinan los niveles de hemoglobina junto con otros parámetros que indican la morfología y tamaño de los hematíes (MedlinePlus, 2020). Para el descarte se tienen en cuenta los parámetros establecidos por la OMS, donde se detallan los valores normales de concentración de hemoglobina en niños, adolescentes, mujeres gestantes y puérperas. Por ejemplo, varones de 12 a 14 años tienen anemia cuando sus niveles de hemoglobina están por debajo de 11,9 gramos por decilitro (g/dl), mientras que los de 15 años a más tienen anemia cuando están por debajo de 13 g/dl (OMS, 2008).

En el Perú, las provincias alejadas de la capital carecen de hospitales que realicen el descarte de anemia. Por ejemplo, Madre de Dios, Ucayali y Tumbes solo cuentan con tres hospitales (INEI, 2018). Según el Ministerio de Salud (Minsa, 2015), en su mayoría, las provincias carecen de recursos humanos como médicos y enfermeras, y no cuentan con especialistas como cirujanos y hematólogos. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es comparar diferentes técnicas basadas en visión computacional y *machine learning* para la detección temprana de anemia a partir del análisis de uñas, con la finalidad de que se cuente con otras alternativas de descarte.

La anemia puede correlacionarse con la palidez en varias regiones anatómicas del cuerpo como los lechos ungueales, la conjuntiva y los pliegues palmares; cuanto más pálida sea la región, es más probable la presencia de la enfermedad (Thaver y Baig, 1998). Se decidió trabajar con imágenes de uñas de la mano de la investigación realizada por Sharma y Shrivastava (2015), donde se investigó que mediante el color y la textura de las uñas se pueden detectar enfermedades como la anemia y la diabetes. También está basada en Mannino, Myers, Tyburski, Caruso, Boudreaux, Leong, Clifford y Lam (2018), quienes afirman que es posible detectar la anemia mediante el análisis del color y los metadatos del lecho de las uñas y que tomar fotografías a la uña es más fácil, a diferencia de la conjuntiva, y tienen una baja variabilidad de tamaño y forma, a diferencia de los pliegues palmares.

Esta investigación se aplicó al contexto peruano y puede ser aplicado en otros contextos y en diferentes campos. La investigación se desarrolló en tres secciones; en primer lugar, se analizó la situación problemática; en segundo lugar, se desarrolló la metodología propuesta, los pasos a realizar son explicados de manera detallada con la finalidad de que el estudio pueda ser replicado. En tercer lugar, se analizaron los resultados y, finalmente, se presentaron las conclusiones y recomendaciones.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología propuesta en la investigación consta de dos fases principales: construcción del *dataset* y preprocesamiento, de las que derivan tres escenarios (I, II y III) distintos donde se aplicarán las diferentes técnicas basadas en visión computacional y *machine learning*.

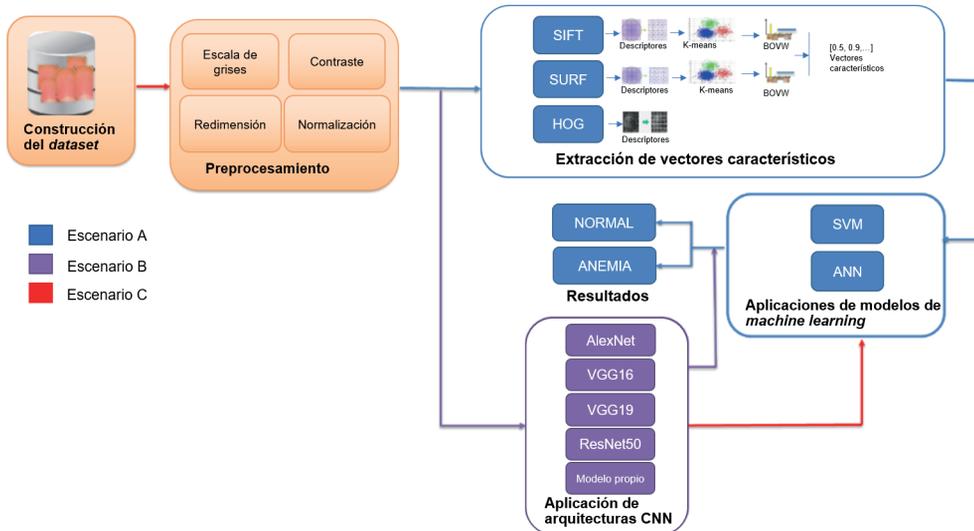


Figura 1. Metodología de la investigación  
Elaboración propia

### 2.1 Construcción del *dataset*

Esta se realizó tomando fotos de uñas de personas con y sin anemia, estas fueron tomadas a una distancia de 5 cm. La distancia y las cantidades para el estudio se basaron en la investigación de Mannino *et al.* (2018). Todos los participantes se realizaron pruebas de laboratorio y con los resultados se etiquetaron las imágenes, esto con la finalidad de no tener errores al etiquetar entre personas sanas y con anemia (0,1), ya que a simple vista no es posible afirmar si la persona padece o no de la enfermedad.

El *dataset* contiene 2048 fotos de uñas, 1004 uñas sin anemia (que representan a 251 personas) y 1044 uñas con anemia (que representan a 261 personas). Por cada persona se recortaron cuatro fotos de las uñas, una de cada dedo (mano derecha), excluyendo el dedo pulgar porque, según estudios, no aporta información valiosa y las imágenes se deben recortar teniendo especial cuidado con el lecho ungueal que es la parte más importante de la uña. El recorte se realizó como se muestra en la figura 2. La conformación a detalle del *dataset* se muestra en la tabla 1.

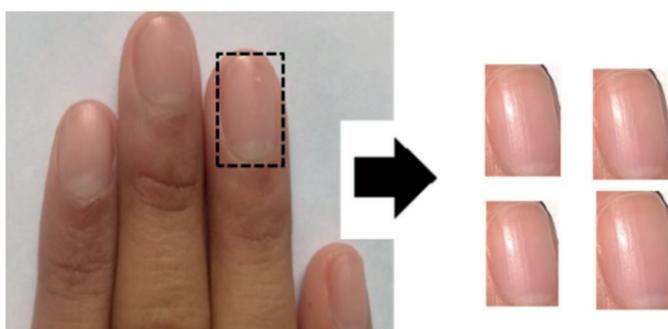


Figura 2. Ejemplo de recorte de las cuatro uñas  
Elaboración propia

Tabla 1  
Fotos de uñas con y sin anemia por género

Género	Sin anemia	Con anemia
Hombres (5-11 años)	30	31
Mujeres (5-11 años)	31	32
Hombres (12-17 años)	29	31
Mujeres (12-17 años)	28	29
Hombres (18-39 años)	32	33
Mujeres (18-39 años)	29	30
Hombres (40-80 años)	35	38
Mujeres (40-80 años)	37	37
Total	251	261

Elaboración propia

## 2.2 Preprocesamiento de datos

Esto se realizó en cuatro pasos: escala de grises, redimensión, contraste y normalización. Dichos pasos fueron necesarios, ya que las imágenes tienen diferentes tamaños y ruido.

### 2.2.1 Escenario A

En este escenario A (color azul de la figura 1) primero se realizan las dos fases (construcción del *dataset* y preprocesamiento), enseguida se realizarán las fases de extracción de vectores característicos y aplicación de modelos de *machine learning*.

#### 2.2.1.1 Extracción de vectores característicos

En esta fase, las imágenes serán procesadas por tres métodos: Scale Invariant Feature Transformation (SIFT), Speeded-Up Robust Features (SURF) e Histogram of Oriented Gradient (HOG). El objetivo es obtener los vectores característicos, los cuales servirán como entradas para los modelos de clasificación.

- *Descriptor SIFT*: entre las principales salidas del descriptor, están los *keypoints*, que son las posiciones de los puntos característicos de la imagen (Lowe, 2004). Dichos descriptores tienen un tamaño de 128 y son enviados a los modelos de clasificación.
- *Descriptor SURF*: detectan los puntos de interés que son invariantes a la escala y rotación, pero de una manera mucho más rápida (Bay, Tuytelaars y Van Gool, 2006). El primer paso para su aplicación consiste en fijar una orientación reproducible basada en información de una región circular alrededor del punto de interés. Luego, se construye una región cuadrada alineada con la orientación seleccionada, y se extrae el descriptor SURF de ella, devolviendo una matriz de vectores, donde cada descriptor tiene 64 valores.

Como se describió, SIFT y SURF detectan sus puntos característicos de manera distinta, como se muestra en la figura 3. Y es importante mencionar que tienen como salida una matriz de vectores que tienen diferentes tamaños y se tiene que realizar dos operaciones adicionales para disminuir el tamaño de cada matriz: (i) técnica con base en la bolsa de palabras visuales (BOVW) y (ii) utilización de algoritmos de agrupamiento K-means donde cada centroide se utiliza como vocabulario del diccionario visual. Se realizaron experimentos con ( $k=10, 50, 100, 200$ ).

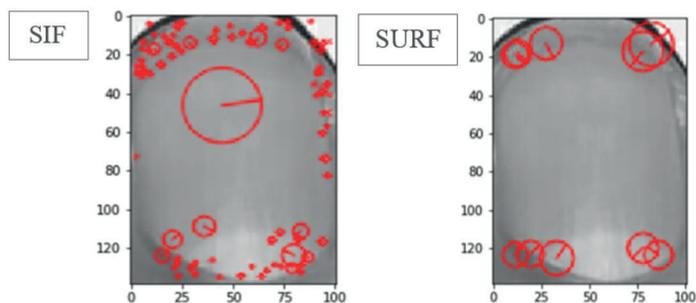


Figura 3. Ejemplo de los descriptores SIFT y SURF aplicados a una uña  
Elaboración propia

- *Descriptor HOG*: fue utilizado para la detección de información de bordes y texturas de la imagen. Según Banerji, Sinha y Liu (2013), para la implementación del descriptor se siguieron diferentes pasos, como fraccionar las imágenes en distintas celdas para luego agrupar la orientación de gradientes y bloques que sirven como base para la normalización de los histogramas que representan el descriptor de la imagen que son los *inputs* para los modelos. El tamaño del vector depende de la cantidad de características; para la investigación se utilizó un tamaño de  $64 \times 128$ , el cual da como resultado 3780.

#### 2.2.1.2 Aplicación de modelos de *machine learning* (ML)

Se implementaron dos técnicas de *machine learning*: SVM y redes neuronales artificiales (ANN). Para los experimentos, el *dataset* se dividió en tres subconjuntos: 70 % para entrenamiento, 20 % para validación y 10 % para la prueba.

Para el caso de SVM, se utilizaron tres parámetros para realizar la búsqueda exhaustiva. Estos son: *kernel* (*linear*, *rbf* y *sigmoid*); el C que es el costo de la función y se tomaron valores de (1, 10, 100 y 1000); y, finalmente, el parámetro gamma con valores (0,1, 0,01, 0,001, 0,0001); la combinación se analizó con una validación cruzada (CV) de 5. Los parámetros fueron establecidos con base en estudios similares. En el caso de las arquitecturas ANN, se hizo la clasificación con tres arquitecturas y los mejores parámetros se muestran en la tabla 2.

Tabla 2  
*Mejores parámetros de cada arquitectura*

Parámetros	ANN1	ANN2	ANN3
Capas ocultas	3	3	3
Número de neuronas en la primera capa oculta	100	10	100
Número de neuronas en la segunda capa oculta	50	50	25
Número de neuronas en la tercera capa oculta	25	25	10
Función de activación	sigmoide	sigmoide	sigmoide

Elaboración propia

### 2.2.1.3 Resultados del escenario A

En la tabla 3, se presentan los resultados con los tres descriptores (SIFT, SURF y HOG) y los algoritmos (SVM, ANN); se utilizaron k (k=10, 50, 100, 200) agrupaciones con las que se realizaron los experimentos.

En esta tabla se puede visualizar que el extractor de características SIFT, en combinación con el algoritmo SVM, tienen los mejores resultados tomando en cuenta las diferentes métricas, debido a que se trata de un tema de salud y se busca la mejor confiabilidad.

Tabla 3  
*Resultados de SIFT, SURF (k=10, 50, 100 y 200) y HOG*

K	Descriptores	SIFT				SURF				HOG
		10	50	100	200	10	50	100	200	-
SVM	Accuracy	0,72	0,78	0,82	0,83	0,74	0,78	0,82	0,82	0,76
	Precision	0,75	0,77	0,82	0,83	0,77	0,97	0,82	0,85	0,81
	Recall	0,70	0,70	0,83	0,84	0,71	0,70	0,83	0,80	0,70
	F1-SCORE	0,72	0,78	0,82	0,83	0,74	0,78	0,82	0,82	0,79
ANN1	Accuracy	0,74	0,0	0,80	0,80	0,70	0,70	0,80	0,80	0,63
	Precision	0,79	0,82	0,85	0,85	0,73	0,82	0,85	0,85	0,62
	Recall	0,70	0,75	0,72	0,72	0,62	0,75	0,72	0,72	0,63
	F1-Score	0,73	0,78	0,78	0,78	0,67	0,78	0,78	0,78	0,62
ANN2	Accuracy	0,74	0,79	0,76	0,76	0,70	0,79	0,76	0,76	0,61
	Precision	0,79	0,73	0,77	0,77	0,70	0,73	0,77	0,77	0,62
	Recall	0,73	0,74	0,76	0,76	0,69	0,74	0,76	0,76	0,60
	F1-Score	0,72	0,72	0,78	0,78	0,71	0,72	0,78	0,78	0,61

(continúa)

*(continuación)*

ANN3	Accuracy	0,71	0,74	0,80	0,80	0,70	0,72	0,75	0,75	0,61
	Precision	0,72	0,75	0,80	0,80	0,70	0,73	0,74	0,74	0,62
	Recall	0,70	0,74	0,81	0,81	0,69	0,71	0,71	0,71	0,60
	F1-Score	0,72	0,76	0,78	0,78	0,71	0,74	0,75	0,75	0,61

Elaboración propia

### 2.2.2 Escenario B

En este escenario (color morado de la figura 1), primero se realizan las dos fases (construcción del *dataset* y preprocesamiento), enseguida se realiza la fase de aplicación de arquitecturas de las redes neuronales convolucionales (CNN). En este caso se utilizan las CNN para hacer la clasificación de las imágenes.

#### 2.2.2.1 Aplicación de arquitecturas CNN

Para la investigación se utilizaron: ResNet50, VGG19, VGG16, AlexNet y también se propuso un modelo propio que ha sido inspirado en la arquitectura AlexNet. Para su aplicación se realizó *data augmentation* al *dataset* de entrenamiento (70 %), esto con el fin de aumentar la cantidad de imágenes y de esa manera se pueda entrenar las arquitecturas CNN. Por cada imagen del *dataset* en el entrenamiento, se incrementaron tres imágenes adicionales (aumento de brillo, filtros con la mediana y media). Esto debido a que estas tres variantes de la original permiten que la parte importante (lecho ungual) de la uña permanezca entera y sin rotar. También se realizó *transfer learning* en el cual se cargaron los pesos a las CNN, excepto del modelo propio.

En las CNN, también se tienen que optimizar parámetros (tabla 4), ya que no existen parámetros óptimos establecidos porque depende del tipo de datos con las que se trabaje. En esta investigación se optimizaron los parámetros en base a prueba y error. Por ejemplo, con respecto al número de *epochs*, una buena pista es incrementar el número hasta que la métrica *accuracy* con los datos de validación empieza a decrecer; incluso cuando el *accuracy* de los datos de entrenamiento continúe incrementándose, es cuando detecta un potencial sobreajuste u *overfitting* (Torres, 2018).

En la tabla 4, se muestran los mejores parámetros encontrados luego de evaluar cada arquitectura CNN, estas arquitecturas están compuestas por bloques de convolución que se alternan entre convolución y *subsampling* (Haykin, 2008), como se muestra en la figura 4.

*Tabla 4*  
*Parámetros modificados al momento de compilar*

Modelos	Learning rate	Epochs	Batch_size
AlexNet	0,0000001	120	32
VGG16	0,00001	120	64
VGG19	0,00001	120	64
ResNet	0,000001	120	32
Modelo propio	0,00001	120	32

Elaboración propia

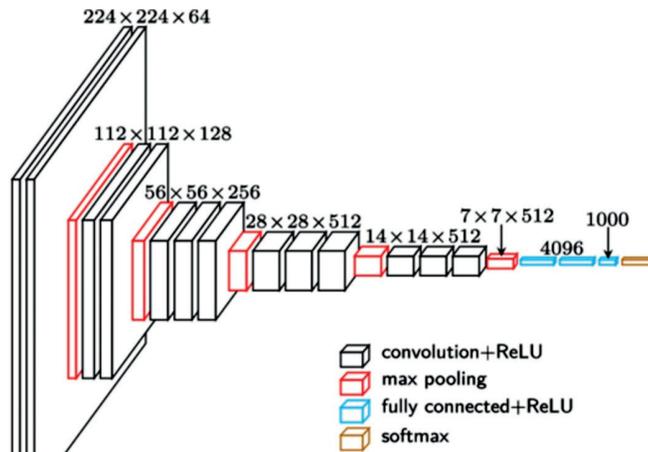


Figura 4. Arquitectura VGG16  
Fuente: Frossard (2016)

### 2.2.2.1 Resultados del escenario B

De la tabla 5, se puede apreciar que los mejores modelos son de la familia Visual Geometry Group (VGG), siendo VGG19 quien tiene el resultado superior en términos de *accuracy*; al comparar la métrica *loss*, se puede ver que es menor en comparación a los demás modelos. Por tanto, el clasificador VGG19 tiene una mejor precisión y rendimiento del modelo.

Tabla 5  
Resultados con las arquitecturas CNN

Arquitecturas	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	Log Loss
VGG19	0,97	0,97	0,99	0,98	0,05
VGG16	0,96	0,96	0,97	0,96	0,06
AlexNet	0,94	0,95	0,90	0,92	0,18
RestNet50	0,96	0,96	0,98	0,97	0,07
Modelo propio	0,94	0,94	0,90	0,92	0,25

Elaboración propia

### 2.2.3 Escenario C

En este escenario (color rojo de la figura 1), primero se realizan las dos fases (construcción del *dataset* y preprocesamiento), luego se realizan las fases de aplicación de arquitecturas CNN y aplicación de modelos de *machine learning*. En este escenario, se usa la aplicación de arquitecturas CNN preentrenadas para obtener los vectores característicos y al final se usan los modelos de *machine learning* como clasificadores.

#### 2.2.3.1 Aplicación de arquitecturas CNN

En esta investigación se propone la extracción de vectores característicos de la penúltima capa (capa densa) del modelo CNN preentrenados. Se extraen los vectores obtenidos por los filtros (*kernels*) de las CNN, los que sirven como *inputs* o entradas para los modelos de clasificación. Para este paso también se realizó *data augmentation* al *dataset*, con las mismas características y cantidades que el escenario anterior; para ello, se hizo uso de la RAM del Google Colab para que el proceso se realice en menor tiempo, esto debido a la cantidad de imágenes que se tienen que procesar.

El modelo previamente guardado con extensión h5 fue cargado y se extrajeron los vectores característicos de la penúltima capa del modelo CNN; luego, fueron enviados a los clasificadores de *machine learning* (como en el escenario A); el paso final de este tipo de escenario es el mismo que el de A, ya que se tienen que optimizar los parámetros de los modelos de *machine learning*.

#### 2.2.3.2 Resultados del escenario C

De la tabla 6, se puede apreciar que los modelos que tienen resultados superiores son VGG19 y VGG16, los dos con los modelos SVM. Además, se puede observar que, con esta combinación, los modelos de *machine learning* tienen mejores resultados, en comparación con el escenario A.

Tabla 6  
*Resultados de las CNN de los modelos de machine learning*

CNNS	Modelos ML	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
VGG19	SVM	0,9890	0,98	0,98	0,98
	ANN	0,9589	0,95	0,94	0,94
VGG16	SVM	0,9821	0,98	0,98	0,98
	ANN	0,9581	0,95	0,95	0,95
AlexNet	SVM	0,9789	0,97	0,97	0,97
	ANN	0,9480	0,94	0,93	0,93
ResNet50	SVM	0,9850	0,98	0,98	0,98
	ANN	0,9570	0,95	0,96	0,96

Elaboración propia

### 3. RESULTADOS

Los resultados fueron obtenidos de los experimentos de tres (3) escenarios (A, B y C) y han sido evaluados con cuatro (4) métricas: *accuracy*, *precision*, *recall* y *F1-score*. De manera que, al realizar la comparación de estos, resulta que para este tipo de investigación se obtuvieron mejores resultados aplicando las técnicas CNN como extractores de características en combinación con las SVM, tal como se describe en el escenario C.

Se obtienen los mejores resultados con la VGG19 tanto en el escenario B como en el C, pero los resultados superiores se encuentran en el escenario C, donde se combinaron las CNN y los modelos SVM, y los resultados fueron superiores: *accuracy* 0,989, *precision* 0,98, *recall* 0,98 y *F1-score* de 0,98. Por lo que las mejores técnicas son las CNN junto con la arquitectura VGG19.

Con la aplicación de técnicas de visión computacional como SIFT, SURF y HOG se obtienen resultados inferiores a 95 %, por lo que dichas técnicas no son las adecuadas para este tipo de estudio porque las pruebas de laboratorio superan ese porcentaje de confiabilidad. Y lo que se pretende es tener resultados iguales o superiores que los métodos tradicionales, debido a que el resultado de la prueba involucra a la salud de las personas.

### 4. CONCLUSIONES

Se concluye que es posible detectar la anemia mediante el análisis de uñas empleando visión computacional y *machine learning*; también se identificó que las mejores técnicas para esta

investigación son las CNN y SVM. Como una contribución de la investigación, se demostró que es posible realizar el descarte de anemia sin la necesidad de un análisis invasivo, de manera rápida y fácil.

Se recomienda utilizar una mayor cantidad de imágenes para el *dataset* y de forma más eficiente, adoptar la propuesta e implementarla para la detección de otras enfermedades y en otros contextos; así se logrará menguar el número de personas con enfermedades en etapas avanzadas por la falta de diagnósticos tempranos.

## REFERENCIAS

- Banerji, S., Sinha, A., y Liu, C. (2013). *HaarHOG: Improving the HOG Descriptor for Image Classification* [Sesión de conferencia]. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (pp. 4276-4281). 10.1109/SMC.2013.729
- Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L. (2006). SURF: Speeded Up Robust Features. *Computer Science*, 3951. [https://doi.org/10.1007/11744023\\_32](https://doi.org/10.1007/11744023_32)
- De Benoist, B., Cogswell, M., Egli, I., y McLean, E. (2008). *Worldwide Prevalence of Anaemia 1993-2005*. WHO Global Database of Anaemia.
- Frossard, D. (2016). VGG en TensorFlow. [Figura]. <https://www.cs.toronto.edu/~frossard/post/vgg16/>
- Haykin, S. (2008). *Neuronal Networks and Learning Machines*. Pearson Prentice Hall. [https://cours.etsmtl.ca/sys843/REFS/Books/ebook\\_Haykin09.pdf](https://cours.etsmtl.ca/sys843/REFS/Books/ebook_Haykin09.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Resultados de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar-ENDES 2018*. <https://www.ipe.org.pe/portal/wp-content/uploads/2018/06/INEI-Encuesta-Demografica-y-de-Salud-Familiar-ENDES.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018b). Pobreza y gasto social. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/sociales/>
- Lowe, D. (2004). Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 60(2), 91-110. 10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94
- Mannino, R. G., Myers, D. R., Tyburski, E. A., Caruso, C., Boudreaux, J., Leong, T., Clifford, G. D., y Lam, W. A. (2018). Smartphone app for non-invasive detection of anemia using only patient-sourced photos. *Nature Communications*, 9(1), 4924. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07262-2>
- MedlinePlus. (6 de agosto del 2020). *Anemia*. *National Library of Medicine*. <https://medlineplus.gov/anemia.html>

- Ministerio de Salud. (2015). *Necesidad de médicos especialistas en establecimientos de salud del Sector Salud, Perú 2010*. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1613.pdf>
- Sharma, V., y Shrivastava, A. (2015). System for Disease Detection by Analyzing Finger Nails Color and Texture. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 5.
- Thaver, I. H., y Baig, L. (1994). Anaemia in Children: Part I. Can Simple Observations by Primary Care Provider Help in Diagnosis? *Journal of Pakistan Medical Association* 44, 282-284.
- Torres, J. (2018). *Deep Learning. Introducción práctica con Keras* (1.ª ed.). <https://torres.ai/deep-learning-inteligencia-artificial-keras/>

# Minería de datos: análisis de sentimiento en Twitter basado en lexicones sobre el uso de dióxido de cloro para el tratamiento del COVID-19

Enrique Edgardo Condor-Tinoco

enricoti@unajma.edu.pe / Universidad Nacional José María Arguedas

José Antonio Rojas-Cusi

joseantoniorojas999@gmail.com / Universidad Nacional José María Arguedas

Anthony Zevallos-Rodríguez

anthony.elzr7@gmail.com / Universidad Nacional José María Arguedas

Carlos Yinmel Castro-Buleje

ccastro@unajma.edu.pe / Universidad Nacional José María Arguedas

Recepción: 1/9/2020 Aceptación: 23/10/2020

RESUMEN. El COVID-19, según la Organización Mundial de Salud (OMS), es la “enfermedad infecciosa causada por el coronavirus que se ha descubierto más recientemente”. Para el tratamiento del COVID-19 se han informado por diferentes medios diversos productos, entre ellos se tiene al dióxido de cloro; se dice que puede curar y prevenir el COVID-19 porque incrementa los niveles de oxígeno en la sangre; también expertos en la salud indicaron que es falso y, por el contrario, esta sustancia puede oxidar la hemoglobina y desencadenar más problemas de salud. Se planteó el objetivo de desarrollar un modelo de minería de datos sobre el análisis de sentimiento en Twitter basado en lexicones sobre el uso de dióxido de cloro para el tratamiento del COVID-19, para su desarrollo se usó la metodología CRISP-DM y la herramienta Orange Canvas. En los resultados se obtuvo que la palabra *dióxido de cloro* está asociada a las palabras *sí*, *tomar* y *COVID*; por otro lado, la opinión de las personas en relación al dióxido de cloro, con tendencia a negatividad y neutralidad, dan como resultado calificaciones compuestas, lo que significa que 4500 tuits de los usuarios de Twitter tienen opiniones de neutralidad y rechazo en distintas proporciones sobre el tratamiento del dióxido de cloro para el COVID-19.

PALABRAS CLAVE: análisis de sentimiento / dióxido de cloro / Twitter / COVID-19

## Data Mining: Lexicon-Based Sentiment Analysis on Twitter Concerning the Use of Chlorine Dioxide for COVID-19 Treatment

**ABSTRACT.** According to the World Health Organization (WHO), COVID-19 “is an infectious disease caused by a newly discovered coronavirus.” Different media have recommended diverse treatments for COVID-19 including chlorine dioxide, which is said to cure and prevent COVID-19 because it increases oxygen levels in the blood. Health experts declared that such information was false and, on the contrary, it could cause hemoglobin oxidation and trigger more health problems. This research aimed to develop a data mining model on a lexicon-based sentiment analysis on Twitter concerning the use of chlorine dioxide for COVID-19 treatment, using the CRISP-DM methodology and the Orange Canvas tool. The results showed that the word chlorine dioxide is associated with the words yes, take and COVID. On the other hand, people’s opinion regarding chlorine dioxide tended to be negative and neutral, and resulted in mixed ratings. This means that the 4,500 tweets analyzed in the research either accepted or rejected chlorine dioxide for COVID-19 treatment in different proportions.

**KEYWORDS:** sentiment analysis / chlorine dioxide / Twitter / COVID-19

## 1. INTRODUCCIÓN

Twitter fue fundado por Jack Dorsey; es un servicio de microblogueo y de red social, que se encuentra continuamente alimentado por millones de personas desde diferentes partes del mundo. Es una plataforma que limita sus mensajes a 280 caracteres. Es una plataforma en línea para publicar y leer mensajes de texto de hasta 140 caracteres (Orihuela, 2011). A diferencia de las redes sociales de Facebook y LinkedIn, las relaciones entre los extremos de los usuarios no se ponen en contacto directo; en el caso de Twitter se tiene a seguidores (*followers*) y los seguidos (*followed*), de esta manera es que se tienen dos listas en esta red social: la lista de los que te siguen y la lista de a quienes sigues. Si sigues a alguien, eso quiere decir que verás sus tuits (mensajes que escribe en Twitter) en tu “cronología” (o *timeline*, conjunto ordenado en el tiempo de los mensajes que te llegan de la gente a quienes sigues) (Rubín, 2020).

La presente investigación trata del tema del uso del dióxido de cloro para el tratamiento del COVID-19. El COVID-19, según la Organización Mundial de Salud (OMS), es la “enfermedad infecciosa causada por el coronavirus que se ha descubierto más recientemente; este nuevo virus, así como la enfermedad que provoca, eran desconocidos antes de que estallara el brote en Wuhan (China) en diciembre del 2019” (Organización Mundial de Salud, 2020); asimismo, la OMS ya lo declaró como una pandemia que afecta a muchos países de todo el mundo. Para el tratamiento del COVID-19, debido a la información que se ha publicado en diferentes medios, hay gente que está consumiendo el dióxido de cloro para tratarse; este compuesto químico es un gas de color amarillo-rojizo que se descompone muy rápido en el aire, se usa como blanqueador en las fábricas que producen papel y en las plantas de tratamiento de agua que producen agua potable. El dióxido de cloro forma iones de clorito, que son sustancias muy reactivas; por lo tanto, le permite matar bacterias y otros microorganismos en el agua (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2004).

Se ha advertido, en diferentes medios, sobre el uso del dióxido de cloro, ya que se dice que puede curar y prevenir el COVID-19, porque incrementa los niveles de oxígeno en la sangre; del mismo modo, expertos en la salud indicaron que esta información es falsa y, por el contrario, que este puede oxidar la hemoglobina y desencadenar más problemas de salud. En la página web AS Perú se publicó que el Ministerio de Salud del Perú (Minsa) prohíbe la venta de dióxido de cloro para tratar el COVID-19 señalando que “el consumo de dióxido de cloro o clorito de sodio puede causar graves daños a la salud de las personas, pues no se trata de un medicamento, sino de un poderoso agente blanqueador, por lo tanto, no cura ninguna enfermedad” (AS Perú, 2020). En la web de la BBC News se publicó que este producto conocido como “suplemento mineral milagroso” lleva ya varios años publicitándose como un remedio para muchas enfermedades, incluso el cáncer. Sin embargo, ninguna institución sanitaria lo reconoce como medicamento y en la actualidad, con la pandemia del COVID-19 que azota al mundo, vuelve a aparecer como algo capaz de prevenir los efectos del virus (Orgaz, 2020). En la página web de la CNN en Español se publicó que la Cámara de Diputados de Bolivia aprobó

un proyecto de ley que regula de manera excepcional la elaboración, comercialización y uso consentido del dióxido de cloro, esto de manera preventiva y como tratamiento para pacientes con COVID-19 (Trucco, 2020). En la investigación denominada *Eficacia y seguridad del dióxido de cloro para el tratamiento de COVID-19*, los autores llegaron a las siguientes conclusiones: a) En la búsqueda de la literatura, no encontraron ningún estudio que muestre la seguridad y eficacia de esta sustancia para el tratamiento del COVID-19. b) Diversas agencias gubernamentales de nuestra región (Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay y Ecuador) recomiendan no consumir esta sustancia para el tratamiento del COVID-19, debido a que no se ha demostrado ningún beneficio terapéutico; por el contrario, ha mostrado eventos adversos graves (Cabezas Sánchez, Solari Zerpa y Caballero Ñopo, 2020).

El tema del uso del dióxido de cloro para el tratamiento del COVID-19 se ha difundido de manera masiva en Twitter y las opiniones son diversas, justamente a causa de las diferentes noticias que informan sobre este producto, tal como se detalla en el párrafo anterior. Con las herramientas que posee el *software* Orange Canvas 3.26 y los datos que se encuentran en esta red social sobre el uso del dióxido de cloro se puede realizar minería de datos (MD), específicamente en el campo del análisis de sentimiento. La minería de datos es un intento de buscarle sentido a la explosión de información que actualmente puede ser almacenada (Mitra y Acharya, 2005).

En función de todo el análisis que se ha realizado en los párrafos anteriores, se plantea el objetivo de desarrollar un modelo de minería de datos sobre el análisis de sentimiento basado en lexicones sobre el uso del dióxido de cloro para el tratamiento del COVID-19, haciendo uso de la metodología CRISP-DM, modelo estándar abierto del proceso, en inglés *Cross Industry Standard Process for Data Mining*, que divide el proceso de minería de datos en seis fases principales, las que son explicadas en la parte de metodología de la presente investigación.

Para cumplir con el objetivo planteado y obtener los resultados, en la introducción se ha descrito el problema, los objetivos y las herramientas y metodologías que se usarán para desarrollar la investigación. En la parte de la metodología, siguiendo los pasos de CRISP-DM se desarrolla el modelo de minería de datos sobre el análisis de sentimiento en Twitter basado en lexicones sobre el uso del dióxido de cloro para el tratamiento del COVID-19; después se presentan los resultados obtenidos, para luego finalizar con las conclusiones de la investigación.

## 2. METODOLOGÍA

El desarrollo de la investigación se centra en los pasos de la metodología CRISP-DM (comprensión del negocio, comprensión de los datos, preparación de los datos, modelado, evaluación y despliegue). La secuencia se sigue según lo descrito en la figura 1, la herramienta usada para el procesamiento de los datos fue Orange Canvas, los datos fueron tomados de la red social Twitter a través del *widget* Twitter que el *software* posee, el tema es sobre el análisis

del sentimiento basado en lexicones sobre el dióxido de cloro como posible tratamiento para el COVID-19.

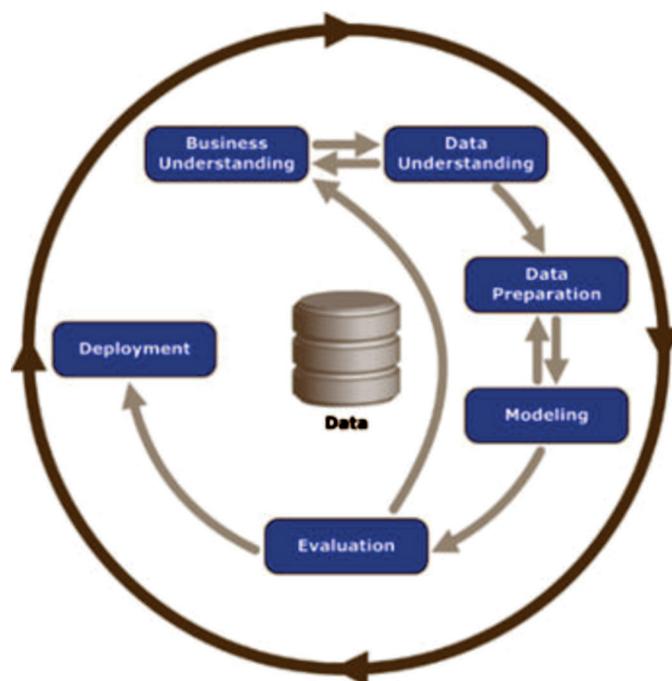


Figura 1. Pasos de la metodología CRISP-DM  
Fuente: Vallalta Ru (s. f.)

## 2.1 Comprensión del negocio

Se comenta en diferentes medios sobre el uso del dióxido de cloro, ya que se dice que puede curar y prevenir el COVID-19, porque incrementa los niveles de oxígeno en la sangre; sin embargo, expertos en la salud indicaron que esta información es falsa. El tema del uso del dióxido de cloro para el tratamiento del COVID-19 se ha difundido de manera masiva en Twitter y las opiniones son diversas, justamente a causa de las diferentes noticias que se ha dicho sobre este producto. Es preciso analizar el sentimiento de los comentarios realizados e identificar lo que piensa la población sobre este producto.

## 2.2 Comprensión de los datos

Los *widgets* de Orange Canvas usados en el tratamiento de los datos fueron:

- Twitter: permite consultar tuits a través de la API de Twitter. Se puede consultar por contenido y autor o ambos y acumular resultados.  Twitter
- Data Table: recibe uno o más conjuntos de datos en su entrada y los presenta como una hoja de cálculo.  Data Table
- Preprocess Text: divide el texto en unidades más pequeñas (*tokens*), las filtra, ejecuta la normalización (derivación, lematización).  Preprocess Text
- Word Cloud: muestra *tokens* en el corpus, su tamaño indica la frecuencia de la palabra en el corpus o el recuento promedio de una bolsa de palabras.  Word Cloud
- Sentiment Analysis: predice el sentimiento para cada documento en un corpus. Utiliza los módulos de sentimiento de Liu Hu y Vader de NLTK.  Sentiment Analysis
- Corpus Viewer: está diseñado para ver archivos de texto, siempre generará una instancia de corpus.  Corpus Viewer
- Select Columns: el usuario decide qué atributos se utilizarán. Orange distingue entre atributos ordinarios, atributos de clase (opcionales) y metaatributos.  Select Columns
- FreeViz: ayuda a visualizar los resultados: los puntos de la misma clase se atraen entre sí, los de diferente clase se repelen.  FreeViz

## 2.3 Extracción de los datos

Los datos fueron recopilados directamente de Twitter haciendo uso de su API que está incorporada en el mismo *widget* Twitter. Una vez obtenidos los tuits se seleccionaron las columnas importantes para nuestro análisis, quedando las siguientes con las cuales se trabajó: autor, tuit, descripción del autor y fecha y hora. Para empezar la consulta se deben tener las credenciales de la API de Twitter; de ser el caso que no cuente con estos datos, se debe hacer una solicitud de acceso como desarrollador desde la internet. Para la selección de los tuits se usó la palabra clave *dióxido de cloro* con el fin de obtener mejores resultados en tiempo real, ya que el *widget* Twitter nos permite realizar este proceso. Se usó este criterio para obtener consultas más precisas, ya que esta palabra se encuentra en tendencia en estos tiempos de pandemia debido a su polémica como tratamiento para el COVID-19. De este modo, se estableció analizar 4500 tuits.

title	Author	Content	Date	Language	Location
1	@algotagniaaa	RT @IdeasCongresoCL: @floricatamotuda El clorito de sodio, al activarse con un ácido ligero, se transforma en dióxido de clor...	2020-10-11 ...	es	?
2	@NOVOLV5NLU...	@javierlanari TODAVIA ESTAMOS ESPERANDO SOLIDARIDAD CON LA FAMILIA DEL NIÑO MUERTO POR TOMAR EL DIOXIDO ...	2020-10-11 ...	es	?
3	@EfectoCecuyo	@CecuyoChequea No hay ninguna evidencia médico-científica que demuestre que tomar dióxido de cloro puede curar ...	2020-10-11 ...	es	?
4	@miñidalgo	RT @alfrepared: Las películas norteamericanas de Netflix son un cóctel de inclusión y corrección política tan fuertes que sab...	2020-10-11 ...	es	?
5	@CarilucCarina	@javierlanari TAMBIEN FALLARON LOS MEDIOS POR SU FALTA DE COMPROMISO PORQUE UNA PERSONA AL AIRE TOMO ...	2020-10-11 ...	es	?
6	@wada_3M	@Angelismo2 Allí no va Kilgates, además saben utilizar el Dióxido de Cloro. (Malaria)	2020-10-11 ...	es	?
7	@yymigue	No aguanto más venga el dióxido de cloro <a href="https://t.co/ePPK2z5Wv">https://t.co/ePPK2z5Wv</a>	2020-10-11 ...	es	?
8	@introdagor	@HenryChinask67 Que tomen dióxido de cloro para aclarar la mente	2020-10-11 ...	es	?
9	@ESAArgentina	Coronavirus en Argentina: diputada de Jc recomendó usar dióxido de cloro y generó fuerte repudio   Cámara de Diputados, ...	2020-10-11 ...	es	?
10	@calaveritabike	@pasotti_ En el mio hablan de las maravillas de tomar dióxido de cloro	2020-10-11 ...	es	?
11	@lonerarmirezX	RT @anticio2: @bbimbi Desinforma bastante y promueve el dióxido de cloro ...	2020-10-11 ...	es	?
12	@MIMabadosnik...	@eccc_ es Se puede curar cáncer con dióxido de cloro, peróxido de hidrógeno, vitaminas naturales(no sintéticos) y alimentos...	2020-10-11 ...	es	?
13	@EnricBermada...	@carmenvivomivid @crisis_historia @A_Corales_1020 @gemmopp @Random_Dragon @SalvaGarc4 @iPodMusica ...	2020-10-11 ...	es	?
14	@cescept	RT @anticio2: Este es el documento publicado por USA Today donde dan los argumentos por los que pidieron la detención d...	2020-10-11 ...	es	?
15	@Avisiv	Mi papá chingándose dióxido de cloro cada día y le demostré (con fuentes confiables) que te servía para pura verga y que só...	2020-10-11 ...	es	?
16	@ani72_jos	@florentantoni No es la única porque también Santiago Cúneo y Lilia Lemoine hacen apologia al dióxido de cloro, o sea ha...	2020-10-11 ...	es	?
17	@Aldeadeletras	RT @hambroid: Entrevista en Imagen Querétaro sobre el Dióxido de cloro. Parte 1...	2020-10-11 ...	es	?
18	@caro_wy6i	PANDEMIA...	2020-10-11 ...	es	?
19	@FerFrias	RT @anticio2: Este es el documento publicado por USA Today donde dan los argumentos por los que pidieron la detención d...	2020-10-11 ...	es	?
20	@beta_foly	@cesaralva58 Algo raro. Con Ivermectina, hidrocicloroquina, dióxido de cloro, y mas yerbas, yo he visto vivir gente. Que ...	2020-10-11 ...	es	?
21	@anticio2	@FernandoCarvera escuche el podcast donde hablaban de dióxido de cloro, buen trabajo	2020-10-11 ...	es	?
22	@joselan_mx	@almadelm33: @vivicanosok Vivi querida! Te informo, no se si sabias que la diputada Frade, pidió en una sesion de la ...	2020-10-11 ...	es	?
23	@BetliaAreta	RT @ttnn_podemos: Dr. Alfredo Valencia: "Tomando el dióxido de cloro noté mejoría muy muy pronto, a los 6 o 7 días ya ...	2020-10-11 ...	es	?
24	@joselan_mx	RT @lamber_2009: LA DIPUTADA ARGENTINA MONICA FRADE DEFIENDE EL DIOXIDO DE CLORO <a href="https://t.co/Ve9t3F4E7">https://t.co/Ve9t3F4E7</a> a ...	2020-10-11 ...	es	?
25	@joselan_mx	RT @JStraneo: El dióxido de cloro está revolucionando a la medicina <a href="https://t.co/XG1q7vWVV">https://t.co/XG1q7vWVV</a> a través de @metrolibrety	2020-10-11 ...	es	?
26	@RagnarDanne...	RT @JuanGnusmas: Encuesta...	2020-10-11 ...	es	?

Figura 2. Muestra de las columnas obtenidas en la consulta  
Elaboración propia en Orange Canvas

### 3. PREPARACIÓN DE LOS DATOS

En la extracción de los datos, se observa que hay caracteres extraños, los cuales no servirían para el procesamiento y análisis. Para la limpieza de los datos se usa el *widget* Preprocess Text, con el cual se remueven URL, acentos, códigos HTML, convertir a minúsculas, se tokeniza, etcétera, así como también se restringirá los caracteres extraños, con el objetivo de garantizar el trabajo con datos limpios. En un bloc de notas se listan los caracteres o palabras que se desea excluir y deben ser cargados al Preprocess Text como se observa en figura 3.

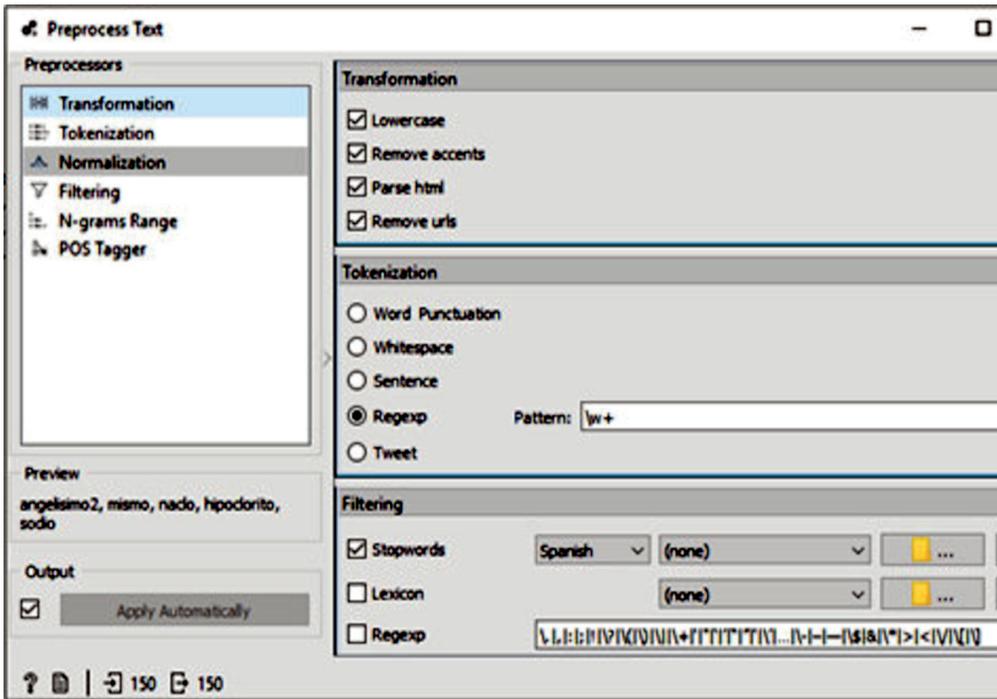


Figura 3. Interfaz de inicio del Preprocess Text  
Elaboración propia en Orange Canvas

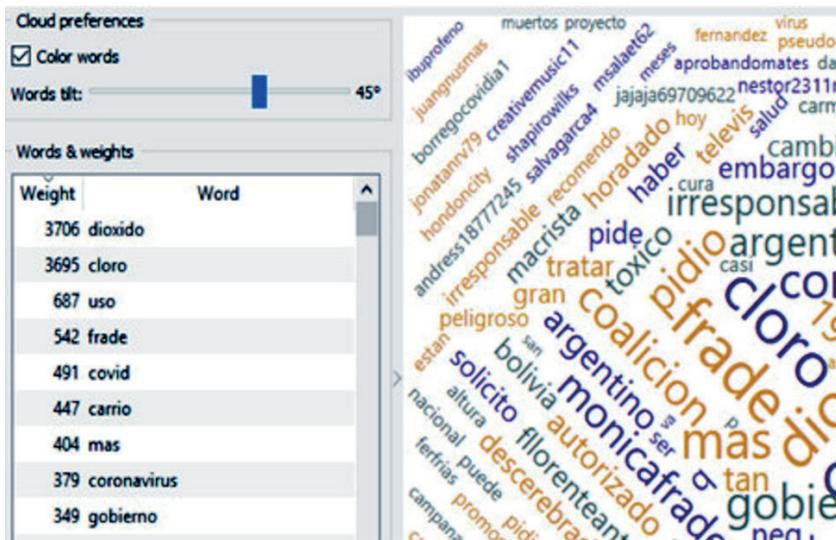


Figura 4. Word Cloud después de la limpieza de palabras  
Elaboración propia en Orange Canvas

Después, usando el Word Cloud, a simple vista se pueden observar palabras más grandes que las otras, lo que indica que estas están con más frecuencia; asimismo, se observa en la parte derecha (figura 4) la cantidad de veces que estas palabras se repiten como es el caso de *cloro* (3695 veces), *dióxido* (3706 veces), *uso* (687 veces), *COVID* (497 veces), etcétera.

#### 4. MODELADO

El modelo de minería de datos sobre el análisis de sentimiento basado en el lexicon sobre el uso del dióxido de cloro para el tratamiento del COVID-19 se presenta en la figura 5.

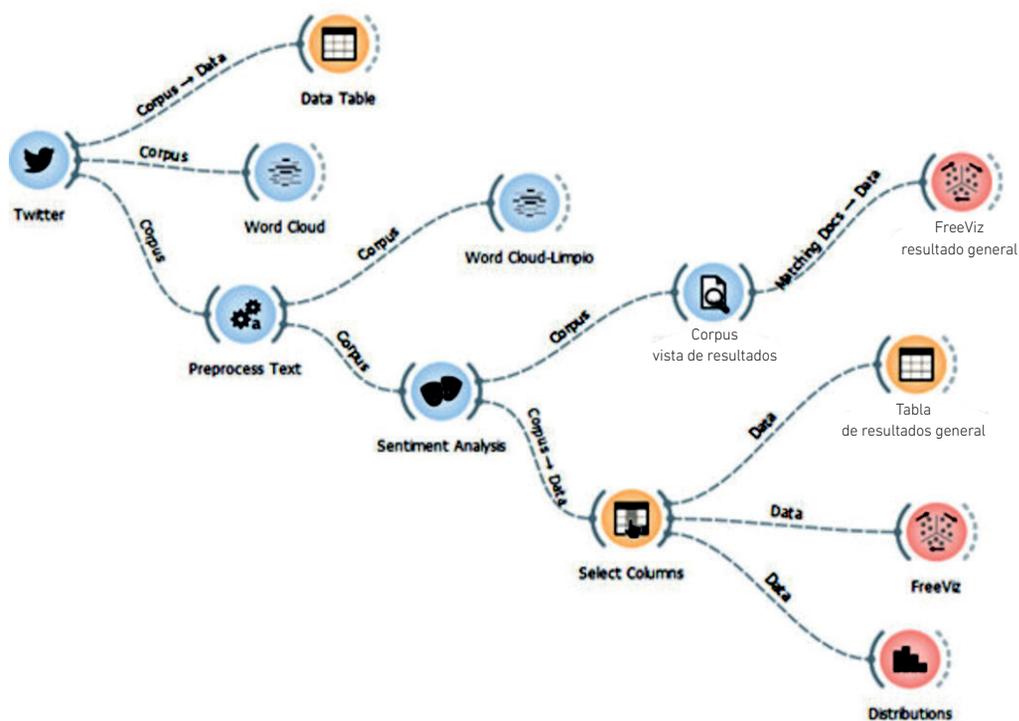


Figura 5. Diseño del modelo de minería de datos sobre el análisis de sentimiento en Twitter, basado en lexicones sobre el uso de dióxido de cloro para el tratamiento del COVID-19

Elaboración propia en Orange Canvas

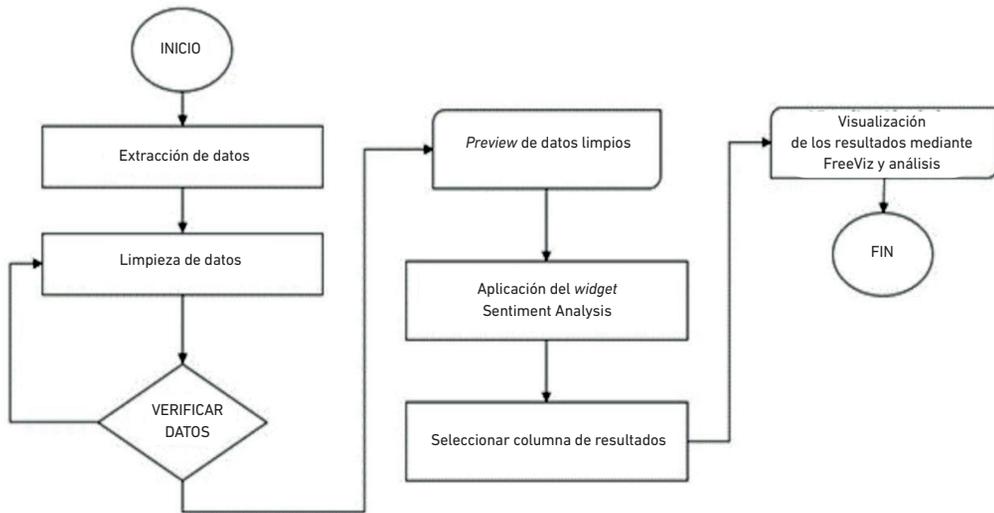


Figura 6. Modelo de minería de datos sobre el análisis de sentimiento en Twitter basado en lexicones sobre el uso de dióxido de cloro para el tratamiento del COVID-19

Elaboración propia

La evaluación y despliegue de la metodología CRISP-DM se realiza en la parte de resultados, según el diseño del modelo que se presenta en la figura 5.

## 5. RESULTADOS

El *widget* Análisis de sentimientos (Sentiment Analysis) predice el sentimiento para cada documento en un corpus. Utiliza los métodos de sentimiento Liu Hu y VADER de NLTK. Ambos están basados en léxico. Para esta investigación se usó el método VADER análisis de sentimientos basado en léxico y reglas; este módulo nos proporciona cuatro tipos de resultados (positivo, neutro, negativo, compuesto) para cada documento o tuit. Una puntuación compuesta representa el sentimiento total de un tuit, donde  $-1$  es el más negativo y  $1$  el más positivo.

La puntuación compuesta se calcula sumando las puntuaciones de valencia de cada palabra en el léxico, se ajusta de acuerdo a las reglas y luego se normaliza para estar entre  $-1$  (más extremo negativo) y  $+1$  (más extremo positivo). Los valores umbrales típicos son:

- sentimiento positivo: compuesto  $\geq 0,05$
- sentimiento neutral: compuesto  $> -0,05$  y compuesto  $< 0,05$
- sentimiento negativo: compuesto  $\leq -0,05$

En cambio, los puntajes positivo, negativo y neutro representan las proporciones de texto que caen en cada categoría, por lo que todos deben sumar 1 o cerca de él con la operación flotante (EGilbert, 2014).

Para la visualización de los resultados mediante un gráfico y la clasificación de estos, utilizamos el *widget* FreeViz.

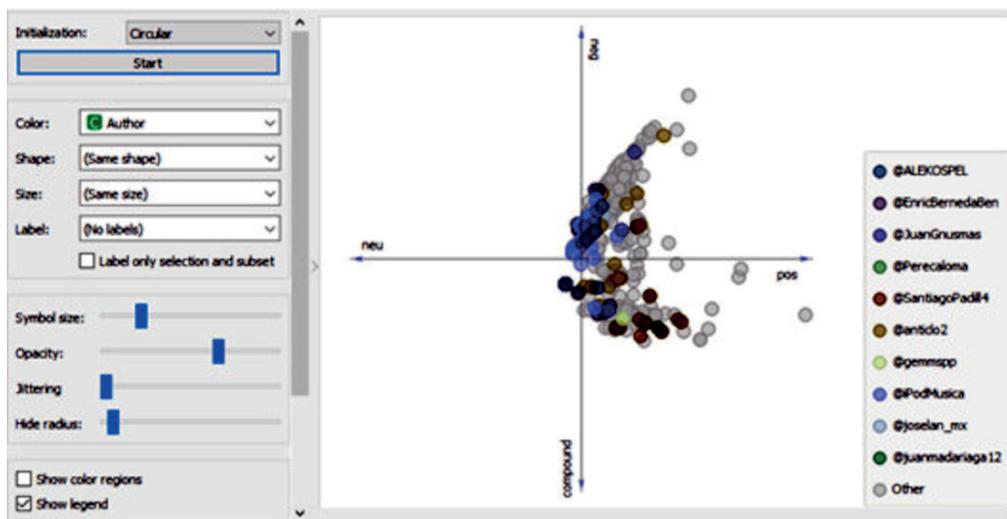


Figura 7. Vista de resultados mediante el widget FreeViz  
Elaboración propia en Orange Canvas

Como se podrá observar en la figura 7, se muestra el resultado de todo el análisis de sentimiento en función del autor de cada tuit; de esta manera, se observa de forma general dichos resultados. Para una mejor interpretación y análisis de esta información se analizarán estos resultados en función de los valores (intensidad del tuit) obtenidos de cada tuit como negativos, positivos, neutros y compuestos.

Para ello se procedió a utilizar el *widget* Data Sampler con el cual para la interpretación de resultados se utilizó el total de datos equivalente a 4500 tuits.

### 5.1 Análisis de tuits con puntuación hacia positivo

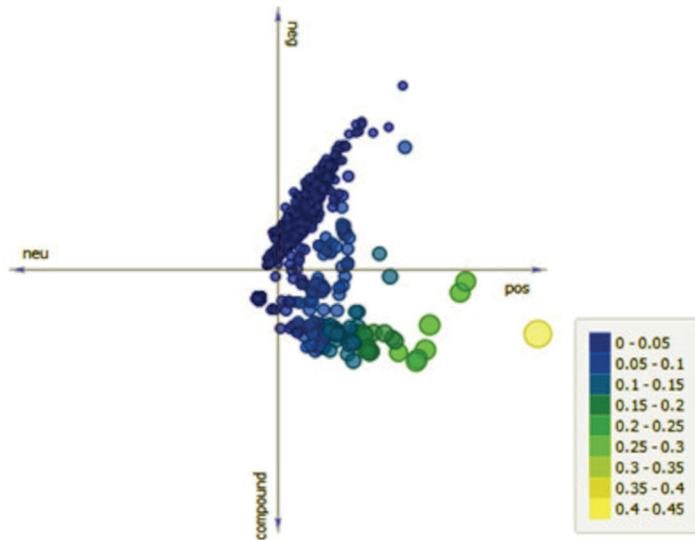


Figura 8. Resultados con puntuación de positividad con FreeViz  
Elaboración propia en Orange Canvas

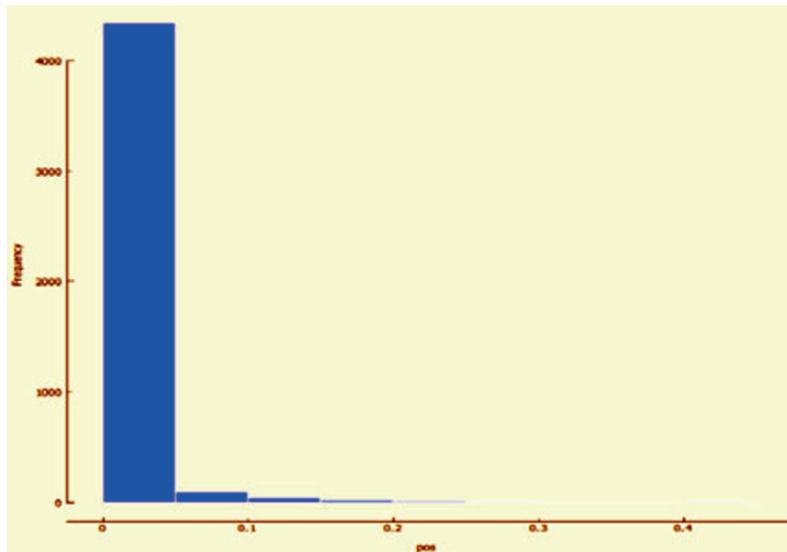


Figura 9. Gráfico de barras de resultados con puntuación hacia positivo  
Elaboración propia en Orange Canvas

Como se puede observar en la figura 9, se obtuvo en la primera barra un puntaje entre 0 y 0,05 para 4341 tuits que representan al 96,47 %; de igual manera la segunda barra con un valor entre 0,05 y 0,1 para 91 tuits que representan al 2,02 %; en la tercera barra con un valor entre 0,1 y 0,15 para 40 tuits que representan al 0,89 %; en la cuarta barra con un valor entre 0,15 y 0,2 para 19 tuits que representan al 0,42 %; en la última barra con un valor entre 0,2 y 0,25 para 7 tuits que representan al 0,16 %; del mismo modo, en la figura 8 se pueden observar los resultados clasificados de los tuits antes mencionados con mayor intensidad de positividad con colores más claros como el amarillo y verde. Para este caso, el resultado más intenso a positivo tiene un valor de 0,403. De este primer análisis podemos mencionar que, de los tuits analizados, se obtuvo una intensidad positiva baja considerando que 4341 tuits de los 4500 tienen una puntuación entre los valores 0 y 0,05 que representa el 96,47 % de tuits.

## 5.2 Análisis de tuits con puntuación hacia neutro

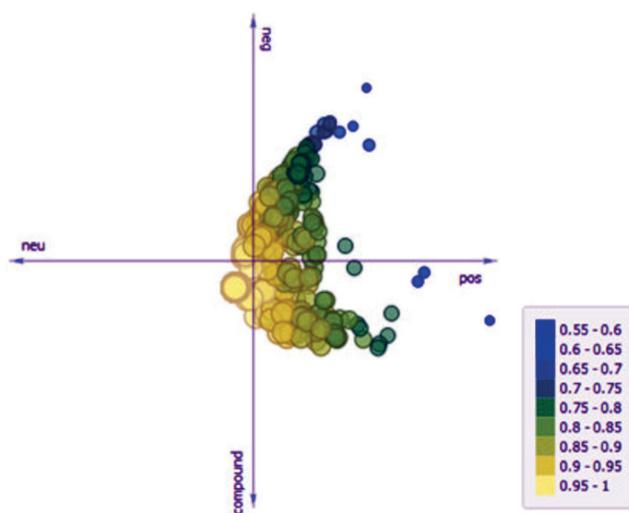


Figura 10. Resultados con puntuación de neutralidad con FreeViz  
Elaboración propia en Orange Canvas

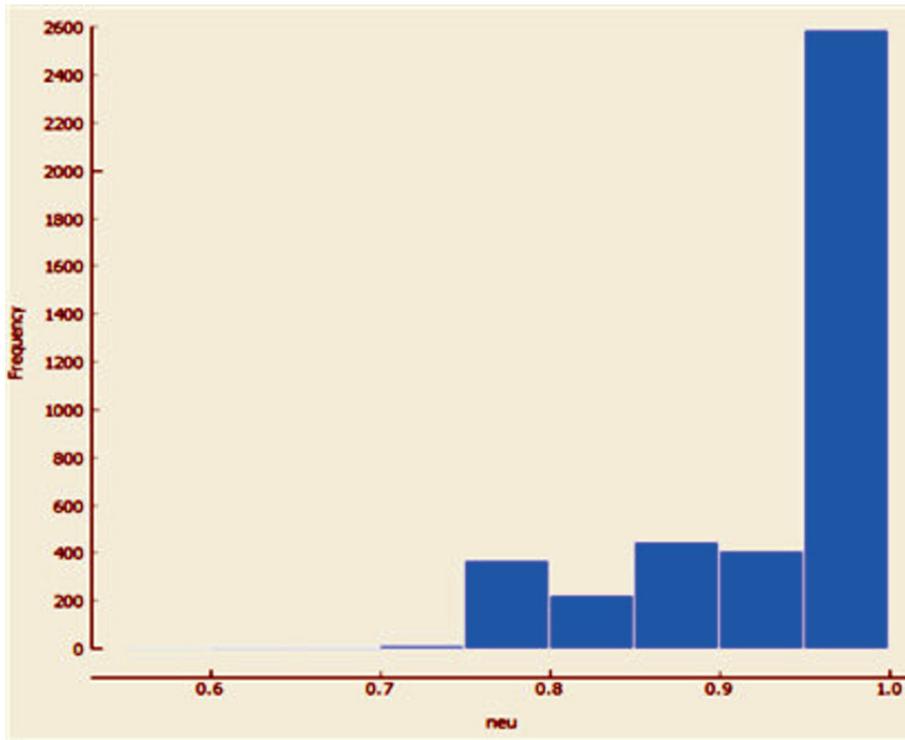


Figura 11. Gráfico de barras de resultados con puntuación hacia neutro  
Elaboración propia en Orange Canvas

En la figura 11 se muestra el análisis de la intensidad a neutralidad de los 4500 tuits; se observó que en 15 tuits se tienen valores de entre 0,7 y 0,75, que representan al 0,33 %, así como también 397 tuits con un valor entre 0,75 y 0,8, que representan 8,82 %; asimismo, 252 tuits han sido clasificados entre 0,8 y 0,85, con un porcentaje del 5,60 %, 480 tuits entre 0,85 y 0,9 con un porcentaje de 10,67 %, y en la penúltima barra podemos observar 446 tuits con un porcentaje de 9,91 % con una intensidad de 0,9 y 0,95, y la última barra con 2902 tuits con un valor mayor o igual a 0,95 con un porcentaje de 64,49 %. De la misma manera, en la figura 10 se pueden observar los resultados clasificados de los tuits antes mencionados como neutros, con colores más claros y de color amarillo y verde.

Para nuestro análisis el resultado neutro con mayor intensidad es de 0,95. En este segundo análisis se puede mencionar que se obtuvieron 2902 tuits de los 4500 con una intensidad de sentimiento neutro alto, considerando que 64,49 % se encuentran entre los valores de mayor o igual a 0,95.

### 5.3. Análisis de tuits con puntuación hacia negatividad

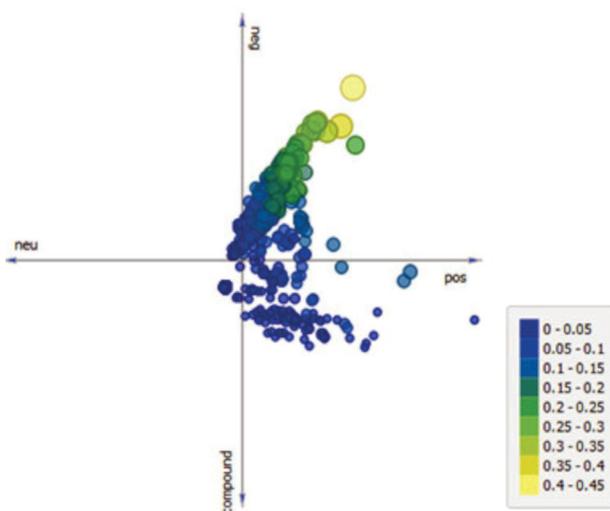


Figura 12. Resultados con puntuación de negatividad con FreeViz  
Elaboración propia en Orange Canvas

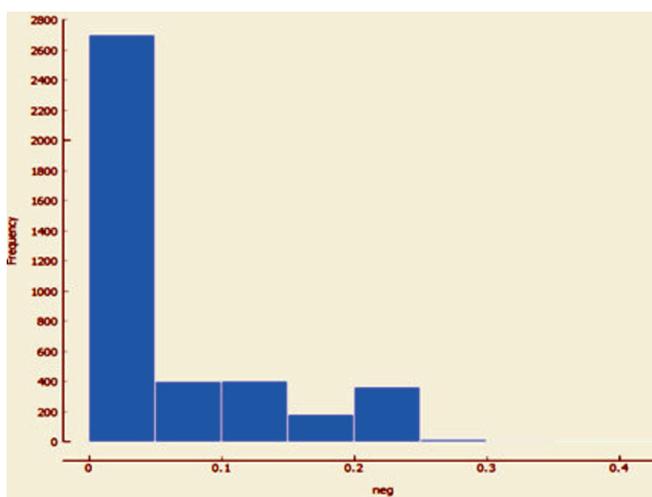


Figura 13. Gráfico de barras de resultados con puntuación hacia negatividad  
Elaboración propia en Orange Canvas

De acuerdo con los resultados obtenidos, en la figura 13 se muestra el análisis de la intensidad a negatividad de los 4500 tuits; la primera barra agrupa 3018 tuits con un valor menor a 0,05 y un porcentaje de 67,07 %; la segunda barra agrupa 435 tuits con un valor de 0,05 y 0,1 que representa un 9,67 %; la tercera barra reúne 436 tuits con valores de entre 0,1 y 0,15, lo que representa el 9,69 %; y 205 tuits con valores de entre 0,15 y 0,2, con un porcentaje de 4,56 %; y 389 tuits con un valor de entre 0,2 y 0,25, con un porcentaje de 8,64 %. Por último, 13 tuits con una intensidad de entre 0,25 y 0,3, con un porcentaje de 0,29 %. De acuerdo con estos valores podemos corroborar lo mostrado en la figura 12 donde se muestra el tuit con una intensidad mayor negativa de 0,423. Se tienen 2700 tuits de los 4500 cuyos valores de puntuación son menores a 0,05 y que representan el 67,07 %, lo que nos indica que existe una intensidad de sentimiento a  $-1$ .

#### 5.4 Análisis de tuits con puntuación compuesta

La puntuación compuesta muestra la puntuación total de un comentario. Cuanto más cercano a 1, el nivel de puntuación tiende a ser más positivo; de lo contrario, se acerca a  $-1$  y tiende a ser más negativo. En la figura 14 se muestran las puntuaciones compuestas, por lo que se ajustó el gráfico de barras a los valores umbrales típicos para determinar la puntuación total de los comentarios de manera unidimensional basándonos en los valores umbrales.

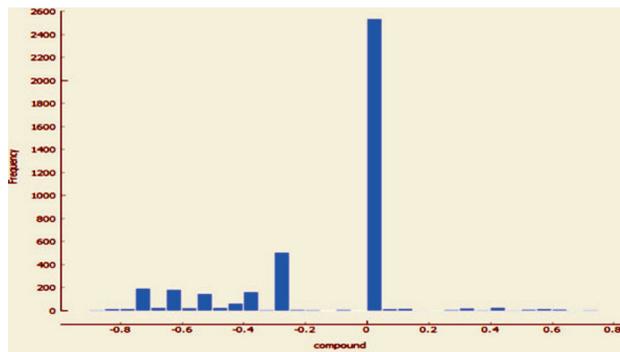


Figura 14. Gráfico de barras de valores umbrales  
Elaboración propia en Orange Canvas

En el primer rango de la figura 14 se muestra un umbral en una puntuación entre  $-1$  y  $-0,05$  con 1524 tuits (33,9 %); este rango representa un sentimiento negativo en los tuits.

En los siguientes umbrales se muestra que están en el rango de  $-0,05$  y  $0,05$  con 2837 tuits (63,04 %); este rango representa un sentimiento neutro en los tuits. Como tercer umbral tenemos los valores de entre  $0,05$  y  $1$  con 139 tuits (3,09 %); este rango representa un sentimiento positivo en los tuits.

## 6. CONCLUSIONES

En la red social Twitter, de los 4500 tuits que fueron analizados, los comentarios realizados por los usuarios acerca del dióxido de cloro como tratamiento del COVID-19 se asocian con los siguientes términos: *dióxido* (3706 veces), *cloro* (3695 veces), *uso* (687 veces), *COVID* (491 veces) y *coronavirus* (379 veces). Los datos se obtuvieron con la expresión *dióxido de cloro* y esta, a su vez, vinculó palabras como *uso*, *COVID* y *coronavirus*.

Los tuits de los usuarios, tomados los días 8, 9, 10 y 11 de octubre del año 2020, muestran sentimiento neutral y negativo sobre el dióxido de cloro como tratamiento para el COVID-19 y, de acuerdo con la investigación, 1524 tuits obtuvieron una puntuación de negatividad en relación a este tema, con un porcentaje de 33,9 %; del mismo modo, 2837 tuits obtuvieron puntuación de neutralidad ante el dióxido de cloro con un porcentaje de 63,04 %, y 139 tuits obtuvieron una puntuación de positividad sobre el dióxido de cloro con un porcentaje de 3,09 %.

## REFERENCIAS

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2004). *Dióxido de Cloro y Clorito*. Edición del Autor.
- AS Perú. (26 de julio del 2020). *Qué es y para qué sirve el dióxido de cloro y qué dice el Minsa sobre su uso*. [https://peru.as.com/peru/2020/07/26/actualidad/1595791000\\_910783.html](https://peru.as.com/peru/2020/07/26/actualidad/1595791000_910783.html)
- Cabezas Sánchez, C., Solari Zerpa, L., y Caballero Ñopo, P. (2020). Eficacia y seguridad del dióxido de cloro para el tratamiento de COVID-19. *Instituto Nacional de Salud*, 2-10.
- EGilbert, H. (2014). *VADER: A Parsimonious Rule-based Model for Sentiment Analysis of Social Media Text*. Conference on Weblogs and Social Media (ICWSM-14).
- González Figueroa, M. (2018). *Búsqueda, descubrimiento y análisis de sentimientos en Twitter de la institución* [Tesis de maestría, Universidad Técnica Federico Santa María]. [https://www.mti.cl/wp-content/uploads/2019/01/Tesina\\_2018\\_Gonz%C3%A1lez-Marcela.pdf](https://www.mti.cl/wp-content/uploads/2019/01/Tesina_2018_Gonz%C3%A1lez-Marcela.pdf)
- Mitra, S., y Acharya, T. (2005). *Data Mining: Multimedia, Soft Computing and Bioinformatics*. Wiley.
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. [https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses?gclid=EAIAIQobChMIi-T4iYK46wIVeP7jBx1czw11EAAYASABEgKmh\\_D\\_BwE](https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses?gclid=EAIAIQobChMIi-T4iYK46wIVeP7jBx1czw11EAAYASABEgKmh_D_BwE)

- Orgaz, C. J. (15 de abril del 2020). *Coronavirus | Dióxido de cloro, el peligroso químico que se promociona como cura para el COVID-19 y sobre el que advierten los expertos*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52303363>
- Orihuela, J. L. (2011). *Mundo Twitter*. Alienta.
- Rubín, R. (22 de mayo del 2020). *Qué es Twitter, cómo funciona y qué te puede aportar esta red social*. *Ciudadano 2.0*. <https://www.ciudadano2cero.com/twitter-que-es-como-funciona/>
- Trucco, F. (6 de agosto del 2020). *Bolivia aprueba dióxido de cloro como tratamiento para coronavirus*. <https://cnnespanol.cnn.com/2020/08/06/camara-de-diputados-de-bolivia-aprueba-dioxido-de-cloro-como-tratamiento-para-coronavirus/>
- Vallalta Rueda, J. F. (s. f.). *CRISP-DM: una metodología para minería de datos en salud*. Health Data Miner. <https://healthdataminer.com/data-mining/crisp-dm-una-metodologia-para-mineria-de-datos-en-salud/>

# The Importance of Poverty in Sustainability Policies: An Approach to Understanding Online Opinion

Miguel A. Del-Pino

delpinoinjoque@gmail.com / Concordia University

Arezo Bodaghi

arezo.bodaghi@mail.concordia.ca / Concordia University

Pierre Watine

watinepierre@gmail.com / Concordia University

Ketra Schmitt

ketra.schmitt@concordia.ca / Concordia University

Recepción: 1/9/2020 Aceptación: 1/10/2020

**ABSTRACT.** Twitter data related to poverty and basic income was collected for 24 days in 2019, and then was cleaned and prepared for natural language processing. A 7 % subset of the data was manually labeled for sentiment analysis in order to inform the artificial intelligence (AI), which was trained and verified on this subset. We present the results for both the 7 % verification sample and the entire database. This analysis of public opinion on poverty is situated within the Sustainable Development Goals and the support for poverty reduction policies.

**KEYWORDS:** social media analytics / poverty / Sustainable Development Goals (SDGs)  
/ sustainable development

## La importancia de la pobreza en las políticas de sostenibilidad: un enfoque para comprender la *online opinion*

RESUMEN. Los datos de Twitter relacionados con la pobreza y los ingresos básicos se recopilaron durante 24 días en el 2019, se limpiaron y se prepararon para el procesamiento del lenguaje natural (*natural language processing*). Un subconjunto del 7 % de los datos se etiquetó manualmente para el análisis de sentimientos con el fin de informar a la inteligencia artificial (IA). La IA fue entrenada y verificada en este subconjunto. Presentamos los resultados tanto de la muestra del 7 % como de toda la base de datos. Este análisis de la opinión pública sobre la pobreza se sitúa dentro de los objetivos de desarrollo sostenible y el apoyo a las políticas de reducción de la pobreza.

PALABRAS CLAVE: análisis de redes sociales / pobreza / objetivos de desarrollo sostenible (ODS)  
/ desarrollo sostenible

## 1. INTRODUCTION

Poverty is one of the problems that affect our present as well as our future as humans. Addressing this problem is of utmost importance to governments around the world. Although the proportion of the world's population living below the poverty line has seen a drastic reduction, going from 25.5 % in 2002 to 12.8 % in 2012 (United Nations Statistics Division, 2019), the eradication of poverty remains an extremely complex challenge. Canada is not exempt from this problem: In 2018, about 8.7 % of the population were classified as low income (Government of Canada, 2019). While poverty is a continuing policy challenge, appropriate allocation of resources and effective strategies can help people to exit poverty (United Nations, 2019).

The eradication of poverty is also expressed in the UN's Sustainable Development Goals (SDGs). Goal 1 of the SDGs is to "end poverty in all its forms everywhere" (United Nations, 2019). Canada adopted the 2030 Agenda for Sustainable Development in 2015, which includes the 17 Sustainable Development Goals (Global Affairs Canada - Affaires mondiales Canada, 2017).

While poverty reduction is expressed as a goal for national and international policy, the policy decisions required to allocate resources and opportunities equitably are highly dependent on local attitudes, opinions, and biases regarding poor people. These attitudes are reflected at the voting booth, influencing what policy is made. They are also reflected in conversations, both in person and virtually. Discussions around poverty and universal basic income are flourishing online.

The analysis of online conversations to understand general attitudes presents problems that are related to the fact that the online population on different platforms does not always directly represent the general population. However, widespread access to the Internet makes data collection through online platforms a way to grasp a considerable percentage of results that reflect different attitudes and opinions in the online platforms. In the world, almost half of the population has access to the Internet, whereas in Canada 91 % of the population has access to the Internet (International Telecommunication Union, 2020).

The use of the Internet and specifically Twitter for capturing data is an approach that takes into consideration the posts published from a wide number of individuals (users). The use of Twitter is considerably high in Canada, with 49.7 % of Canada's online population (Slater, 2018).

The increasing popularity and the importance of social media use and communication have led to significant academic interest. This is particularly true as online conversations have begun to drive real-life social movements (Earl, 2016). Public opinion and associated feelings concerning a specific topic can be measured in social media platforms (Reyes-Menendez et al., 2018).

While several qualitative approaches are used to analyze online commentary, one of the most popular methods to the formal analysis of online content is sentiment analysis (Andreotta et al., 2019; Greaves et al., 2013; Neuendorf & Kumar, 2016). Sentiment analysis is part of text mining and utilizes techniques from natural language processing (NLP), information extraction (IE), artificial intelligence (AI), and information retrieval (IR) (Chen et al., 2018; Farzindar & Inkpen, 2015; Patel et al., 2020). These techniques capture opinions efficiently from a text written in syntactically correct and explicit language. However, sentiment analysis techniques demonstrate lower accuracy when processing informal language (Kumar & Garg, 2020).

Both published articles and proposed techniques for sentiment detection in social media have become more common (Kumar & Jaiswal, 2020). Twitter's open application programming interface (API) contributes to its status as the most studied microblog for sentiment analysis, while a supervised classification method called support vector machine (SVM) is the most popular tool for analyzing tweets (Keramatfar & Amirkhani, 2019).

Sentiment analysis has a variety of applications, including healthcare (Tuarob et al., 2014), finance (Oliveira et al., 2017), consumer markets (Arias et al., 2014), and government (Finn & Mustafaraj, 2013). For example, sentiment analysis of health-related tweets can be used for disease surveillance and prevention including HPV (McGregor & Whicker, 2018) and COVID-19 (Chakraborty et al., 2020). These studies developed automatic processing algorithms to score and detect positive and negative tweets in order to understand how topic-specific messages are broadcasted and provide strategies for debunking incorrect information. They found that, while most individuals who write novel tweets share positive or neutral information, negative tweets were more likely to be retweeted. Their finding that negative information is more likely to be amplified suggests the use of fact-checkers to mitigate broadcasting of misleading information.

Several studies (Sanz-Hernández, 2019a, 2019b) evaluated energy poverty press releases to assess the impact of stakeholder engagement on energy policies. They demonstrated that press participation reflects social dynamics but can improve both policy and perception by engaging the public. While these studies did not include social media, this case provides a strong analogue for the value of public engagement in the policy process. Despite extensive academic interest in social media analysis, to our knowledge, no existing study examines public opinion concerning poverty on Twitter.

It is essential to acknowledge that online engagement in general and Twitter in particular are not entirely representative of society. However, the Twitter conversation can drive or reflect national consciousness. We collected and analyzed data about poverty on Twitter and used this data to explore the possibility of employing sentiment analysis to understand online opinion.

## 2. METHODOLOGY

Twitter data was collected using Nexaintelligence (*Nexalogy, 2020*). Nexalogy's custom algorithms identify the network of sharing, liking, and commenting specific tweets and hashtags, along with geolocation and information on relationships between users.

### 2.1 Initial Data Capture

Initial data capture was performed to determine the terms that would be used in the search. This data was collected between February 11 and March 7, 2019 (a period of 24 days) and captured 15,923 results. Some of the hashtags we found in the query results were #cdnpoli, #Canada, #poverty, #cdnecon, and #abpoli. Furthermore, some of the top words were *Poverty*, *Canada*, *Canadian*, and *Alberta*. These results helped us to set up our search strategy related to the terms mentioned above.

### 2.2 Data Collection: Words and Hashtags

Twitter data was collected from March 18 to June 18, 2019. The data collection lasted three months. After this time, it was determined that the number of tweets collected was sufficient and representative. The queries showed 58,247 results. After removing the retweets and replicas, there were 11,386 results left. The query looked for the word *Poverty* or the hashtag #poverty and the post must have contained one or more of the words specified in Table 1: List of Terms and Hashtags.

Table 1  
*List of Terms and Hashtags*

Canada	#abpoli	#Canada
Alberta	#bcpoli	Canadian
British Columbia	#mbpoli	Montreal
Manitoba	#nbpoli	Calgary
New Brunswick	#nlpoli	Edmonton
Northwest Territories	#nspoli	Toronto
Nova Scotia	#onpoli	Ottawa
Nunavut	#skpoli	Prince Edward Island
Ontario	#cdnpoli	Quebec
	#cdnecon	Saskatchewan

Own elaboration

### 2.3 Data Collection: Geolocation

Data collection was restricted to posts that contained geolocation data. The search was conducted between March 19 and June 18, 2019. Thirty-one thousand eight hundred twenty (31,820) results used the word Poverty or the hashtag #poverty and matched the geolocation criteria. Location was restricted to a 30-km radius from geolocated posts in the cities of Toronto, Montreal, Calgary, Edmonton, and Ottawa. About 52 % of the posts originated within a 30-km radius of Toronto, while about 21 % of the posts came from a 30-km radius of Ottawa. The 30-km radius from Calgary, Edmonton, and Montreal represent approximately 13 %, 9 % and 5 % of total posts, respectively. It should be noted that the search was conducted in English only. After removing the retweets and replicas, 9,507 results remained for analysis.

### 2.4 Sentiment Analysis

In order to conduct the sentiment analysis, a new AI was coded and trained (Dairyari, 2019). Developing a case-specific AI ensured that the algorithm was centered on the distinct subject of this analysis. The first step was to manually evaluate a proportion of the dataset to allow the AI to correctly assess the subject-based sentiment. Manual coding of the tweets involved labeling them as “positive” if they had a positive connotation and “negative” for those with negative connotations. In total, more than 7 % of the database was evaluated manually, which corresponds to more than 1,500 tweets. This manual coding was then used to train the AI. Then, to prepare the training and main samples, the dataset was split into two data frames: one containing tweets with pre-coded sentiments to apply the algorithm and the other one to be used after training the AI. In both data frames, each tweet was then separated word by word and filtered before being fed to the AI. The filter included removing punctuation and neutral words <sup>1</sup>, and converting all the words to lower case. To train the AI, two packages were used: the SentimentAnalyzer and NaiveBayesClassifier modules from the NLTK package for Python <sup>2</sup> (Bird et al., 2009). From the database with predefined sentiments, 30 % of the data was fed to train the AI and the rest was used to test its accuracy. From the sample, the AI would create a dictionary and associate sentiments to specific words. If the AI results’ accuracy comparing predicted and known sentiment does not reach at least 60 %, another 30 % of the

1 Neutral words include "i", "me", "my", "myself", "we", "our", "ours", "ourselves", "you", "your", "yours", "yourself", "yourselves", "he", "him", "his", "himself", "she", "her", "hers", "herself", "it", "its", "itself", "they", "them", "their", "theirs", "themselves", "what", "which", "who", "whom", "this", "that", "these", "those", "am", "is", "are", "was", "were", "be", "been", "being", "have", "has", "had", "having", "do", "does", "did", "doing", "a", "an", "the", "and", "but", "if", "or", "because", "as", "until", "while", "of", "at", "by", "for", "with", "about", "against", "between", "into", "through", "during", "before", "after", "above", "below", "to", "from", "up", "down", "in", "out", "on", "off", "over", "under", "again", "further", "then", "once", "here", "there", "when", "where", "why", "how", "all", "any", "both", "each", "few", "more", "most", "other", "some", "such", "no", "nor", "not", "only", "own", "same", "so", "than", "too", "very", "s", "t", "can", "will", "just", "don", "should", and "now".

2 The NLTK package is specialized in natural language tools: <https://www.nltk.org/>.

sample from the database would be selected to train the AI. Once the accuracy threshold has been reached, the other database would be fed to the AI; however, in this case, getting the AI would predict the sentiment associated with the sample tweets. The results are then exported and analyzed. (See Figure 1).

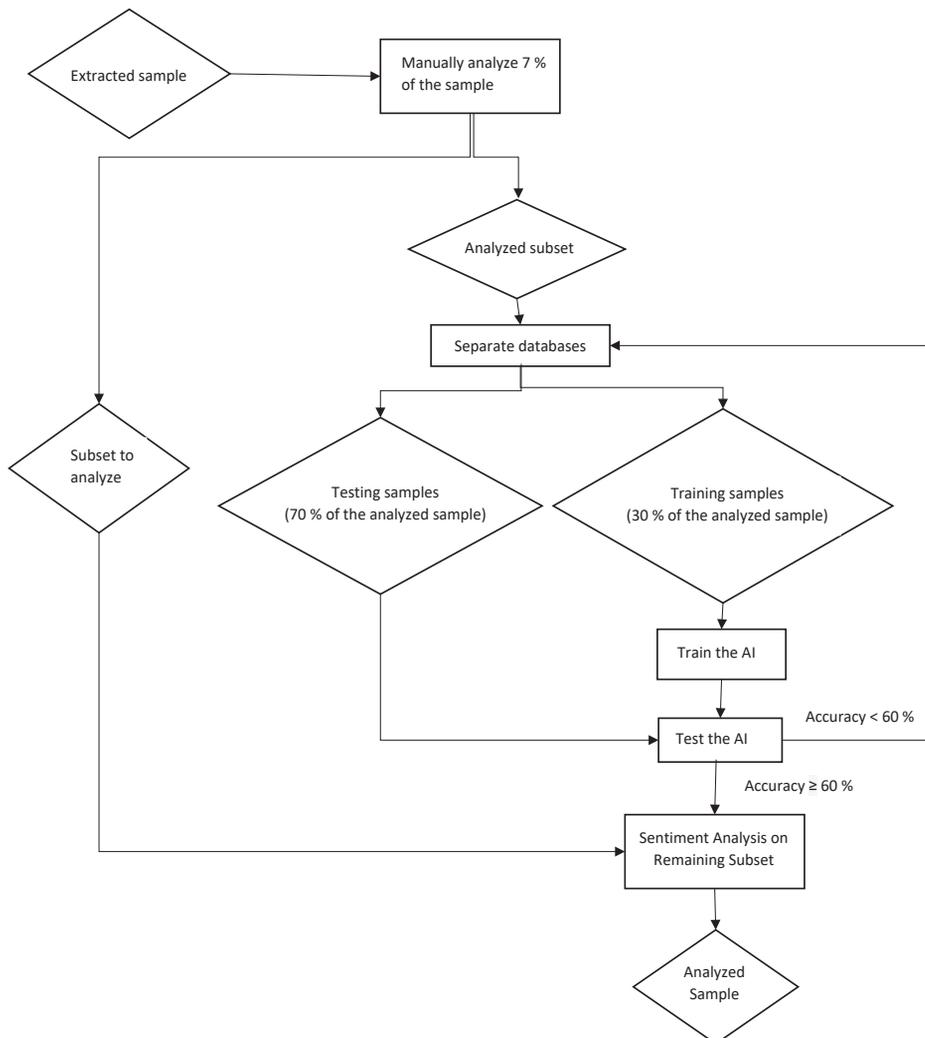


Figure 1. Sentiment Analysis Process  
Own elaboration

### 3. RESULTS AND ANALYSIS

Figure 2 compares the heat map of location-based words and hashtags (on the left-hand side) with geolocated data (on the right-hand side). Location-related words and hashtags like Canada, #abpoli, Alberta, and #bcpoli yielded data from across the Americas as well as from Europe and Africa. In contrast, geolocated tweets about poverty in Canada were generated within the country.

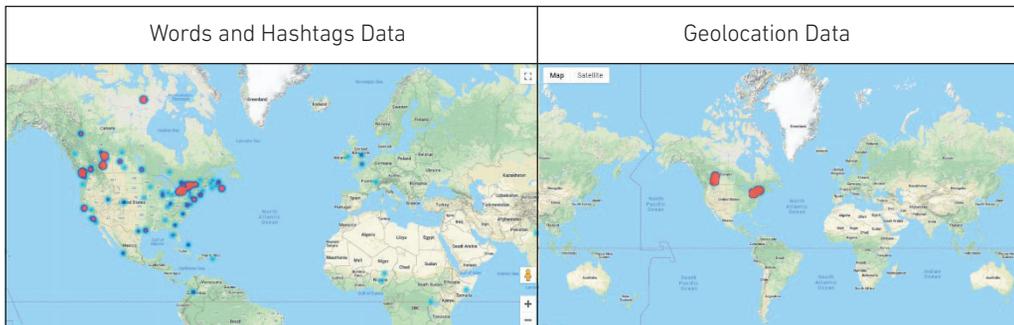


Figure 2. Heat Map  
Own elaboration using Google Maps

During this period, the most highly shared link was related to a *New York Times*' opinion article comparing the management of poverty in the United States and Canada (Brooks, 2019). Chief among this discussion was the policy choices behind the level of poverty in both countries. This tweet was viewed as positive through manual annotation. The link was shared 3,148 times. After removing the retweets and replicas as well as the tweets that were evaluated manually, 524 tweets that shared the link evaluated by the AI were left. Our analysis indicated that 389 tweets were classified as positive and 135 tweets were considered negative. So, we can see that almost 75 % of the evaluated posts that contain this link have been listed as positive.

Table 2  
*Positive and Negative Posts*

Class	Tweet
Positive	The world needs more Canadian energy via energy solves poverty
Negative	Approximately 1.3 M CHILDREN in Canada are living in poverty that is 1 in 5

Own elaboration

In addition to the most shared link, Table 2 displays two representative tweets from our dataset. The first row shows a tweet predicted as positive by the AI. This tweet, which focused on Canadian energy, argued that energy availability solves poverty. The second row shows a

representative negative tweet. The language was rated as negative by the AI. We can see that the positive sentence mentions “solves poverty” which has a positive connotation. While the negative sentence indicates that “Approximately 1.3 MILLION CHILDREN in Canada are living in poverty.” Poverty has a negative connotation. “Solves poverty” or “Win the war against poverty” are positive sentences which indicate that poverty is detected as a negative word, even though the informative action may be to raise awareness with the intention and (positive) sentiment to change something.

At the end, we evaluated 20,894 results, out of which 44 % were classified as positive, while 56 % were classified as negative (see Table 3).

Table 3  
*Sentiment Analysis Results*

	Number of Results	Percentage
Positive	9,259	44 %
Negative	11,635	56 %
Total	20,894	100 %

Own elaboration

Because poverty is not a simple or neutral concept, the ability of the AI to detect sentiment was limited. During the verification process, our AI was able to detect sentiment for a cleaned dataset at 99.7 % accuracy (Dairyari, 2019). In contrast, our AI correctly identified pre-annotated sentiment in our novel dataset at only 60 % accuracy. Indeed, poverty is not a naturally neutral topic. Mentioning poverty generate strong responses, and the concept itself is seen as negative. The tweets highlighted in Table 2 demonstrate the challenges inherent in assigning sentiment values to communications regarding poverty.

#### 4. CONCLUSION

While the proportion of positive tweets regarding poverty is slightly lower than the negative ones, this result does not get us closer to understanding sentiment regarding poverty in Canada. In order for algorithmic approaches to sentiment analysis to be useful in understanding public opinion, this method must be paired with more traditional approaches to understanding opinion. This could be a modified approach to semi-structured interviews, survey instruments or “seed tweets” related to specific anti-poverty policies. The AI could then be trained on this targeted information to analyze actual sentiment related to anti-poverty policy. The results also do not reflect the margin of error associated with the AI. In future works, we will estimate a confidence interval that places the predicted sentiment in a probable range of results.

## REFERENCES

- Andreotta, M., Nugroho, R., Hurlstone, M. J., Boschetti, F., Farrell, S., Walker, I., & Paris, C. (2019). Analyzing social media data: A mixed-methods framework combining computational and qualitative text analysis. *Behavior Research Methods*, 51(4), 1766-1781. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01202-8>
- Arias, M., Arratia, A., & Xuriguera, R. (2014). Forecasting with twitter data. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, 5(1), 8:1-8:24. <https://doi.org/10.1145/2542182.2542190>
- Bird, S., Klein, E., & Loper, E. (2009). *Natural Language Processing with Python: Analyzing Text with the Natural Language Toolkit*. O'Reilly Media, Inc.
- Brooks, D. (2019, April 4). Opinion | Winning the War on Poverty. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2019/04/04/opinion/canada-poverty-record.html>
- Chakraborty, K., Bhatia, S., Bhattacharyya, S., Platos, J., Bag, R., & Hassanien, A. E. (2020). Sentiment Analysis of COVID-19 Tweets by Deep Learning Classifiers—A study to Show how Popularity is Affecting Accuracy in Social Media. *Applied Soft Computing*, 97, 106754. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106754>
- Chen, N.-C., Drouhard, M., Kocielnik, R., Suh, J., & Aragon, C. R. (2018). Using Machine Learning to Support Qualitative Coding in Social Science: Shifting the Focus to Ambiguity. *ACM Trans. Interact. Intell. Syst.*, 8(2), 9:1–9:20. <https://doi.org/10.1145/3185515>
- Daityari, S. (2019, September 26). *How To Perform Sentiment Analysis in Python 3 Using the Natural Language Toolkit (NLTK)*. DigitalOcean. <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-perform-sentiment-analysis-in-python-3-using-the-natural-language-toolkit-nltk>
- Earl, J. (2016). “Slacktivism” that works: “Small changes” matter. *The Conversation*. <http://theconversation.com/slacktivism-that-works-small-changes-matter-69271>
- Farzindar, A., & Inkpen, D. (2015). *Natural Language Processing for Social Media*. Morgan & Claypool Publishers. <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=10fbd73c15d6d25d8776c08835e45040>
- Finn, S., & Mustafaraj, E. (2013). Learning to Discover Political Activism in the Twitterverse. *KI - Künstliche Intelligenz*, 27(1), 17–24. <https://doi.org/10.1007/s13218-012-0227-y>
- Global Affairs Canada-Affaires mondiales Canada. (2017, June 8). *The 2030 Agenda for Sustainable Development*. GAC. [https://www.international.gc.ca/world-monde/issues\\_development-enjeux\\_developpement/priorities-priorites/agenda-programme.aspx?lang=eng](https://www.international.gc.ca/world-monde/issues_development-enjeux_developpement/priorities-priorites/agenda-programme.aspx?lang=eng)

- Government of Canada, S. C. (2019, February 26). *Low income statistics by age, sex and economic family type*. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=1110013501>
- Greaves, F., Ramirez-Cano, D., Millett, C., Darzi, A., & Donaldson, L. (2013). Use of Sentiment Analysis for Capturing Patient Experience From Free-Text Comments Posted Online. *Journal of Medical Internet Research*, *15*(11), e239. <https://doi.org/10.2196/jmir.2721>
- International Telecommunication Union. (2020). *Individuals Using the Internet (Percentage of population)—Canada | Data*. The World Bank. <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS?locations=CA>
- Keramatfar, A., & Amirkhani, H. (2019). Bibliometrics of Sentiment Analysis Literature. *Journal of Information Science*, *45*(1), 3-15. <https://doi.org/10.1177/0165551518761013>
- Kumar, A., & Garg, G. (2020). Systematic Literature Review on Context-Based Sentiment Analysis in Social Multimedia. *Multimedia Tools and Applications*, *79*(21-22), 15349-15380. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-7346-5>
- Kumar, A., & Jaiswal, A. (2020). Systematic Literature Review of Sentiment Analysis on Twitter Using Soft Computing Techniques. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, *32*(1), e5107. <https://doi.org/10.1002/cpe.5107>
- McGregor, K. A., & Whicker, M. E. (2018). Natural Language Processing Approaches to Understand HPV Vaccination Sentiment. *Journal of Adolescent Health*, *62*(2), S27-S28. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2017.11.055>
- Neuendorf, K. A., & Kumar, A. (2016). Content Analysis. In *The International Encyclopedia of Political Communication* (pp. 1-10). American Cancer Society. <https://doi.org/10.1002/9781118541555.wbiepc065>
- Nexalogy. (2020). *Nexalogy*. <https://nexalogy.com/>
- Oliveira, N., Cortez, P., & Areal, N. (2017). The Impact of Microblogging Data for Stock Market Prediction: Using Twitter to Predict Returns, Volatility, Trading Volume and Survey Sentiment Indices. *Expert Syst. Appl.* <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.12.036>
- Patel, J., Dubey, R., & Gupta, R. K. (2020). PMI-IR Based Sentiment Analysis Over Social Media Platform for Analysing Client Review. In S. Smys, T. Senjyu, & P. Lafata (Eds.), *Second International Conference on Computer Networks and Communication Technologies* (pp. 204–212). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-37051-0\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37051-0_23)

- Reyes-Menendez, A., Saura, J. R., & Alvarez-Alonso, C. (2018). Understanding #World EnvironmentDay User Opinions in Twitter: A Topic-Based Sentiment Analysis Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 2537. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112537>
- Sanz-Hernández, A. (2019a). Medios de comunicación y *stakeholders*: Contribución al debate público de la pobreza y justicia energética en España / Media and Stakeholders: Contribution to the Public Debate on Poverty and Energy Justice in Spain. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 168. <https://doi.org/10.5477/cis/reis.168.73>
- Sanz-Hernández, A. (2019b). Social Engagement and Socio-Genesis of Energy Poverty as a Problem in Spain. *Energy Policy*, 124, 286-296. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.001>
- Slater, M. (2018). *By the numbers: Twitter Canada at Dx3 2018*. Blog Twitter. [https://blog.twitter.com/en\\_ca/topics/insights/2018/TwitterCanada\\_at\\_Dx3.html](https://blog.twitter.com/en_ca/topics/insights/2018/TwitterCanada_at_Dx3.html)
- Tuarob, S., Tucker, C. S., Salathe, M., & Ram, N. (2014). An Ensemble Heterogeneous Classification Methodology for Discovering Health-Related Knowledge in Social Media Messages. *Journal of Biomedical Informatics*, 49, 255–268. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2014.03.005>
- United Nations. (2019). *The Sustainable Development Goals Report 2019*. <https://www.un-ilibrary.org/content/publication/55eb9109-en>
- United Nations Statistics Division. (2019, December 20). *SDG Indicators*. Sustainable Development Goal Indicators Website. <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/database>

# Minería de datos en Twitter: análisis del sentimiento del desempleo en la población hispanohablante en tiempos del COVID-19

Enrique Edgardo Condor-Tinoco

enricoti@unajma.edu.pe / Universidad Nacional José María Arguedas

Emerson Loa-Navarro

emer.loan@gmail.com / Universidad Nacional José María Arguedas

Josué Alexi Huarcaya-Ccoicca

jalexihuarc@gmail.com / Universidad Nacional José María Arguedas

Carlos Yinmel Castro-Buleje

ccastro@unajma.edu.pe / Universidad Nacional José María Arguedas

Recepción: 1/9/2020 Aceptación: 1/10/2020

**RESUMEN.** Con la aparición del COVID-19, se vino una crisis socioeconómica en cada país que toca esta pandemia; los países hispanohablantes son los más afectados por su estructura económica, es así que autores como Orgaz advierten que el COVID-19 ocasionará globalmente que, entre abril y junio del 2020, el 6,7 % de las horas de empleos desaparezca, lo que equivale a perder 195 millones de puestos de trabajo a tiempo completo. Con la finalidad de conocer lo que piensa la población, en la presente investigación se realizó un modelo que permitiría analizar el sentimiento del desempleo en la población hispanohablante en tiempos del COVID-19 en la red social Twitter, haciendo uso de la metodología SEMMA y apoyados con la herramienta Orange Canvas. En los resultados se obtuvo que, de los seis mil tuits analizados, en los comentarios acerca del tema del desempleo, este tema está asociado con los términos *pobreza*, *pandemia*, *país* y *trabajo*; también se identificó que los usuarios tienen un sentimiento negativo y neutro en cuanto al tema de desempleo, considerando como un factor principal a la pandemia.

**PALABRAS CLAVE:** minería de datos / desempleo / análisis de sentimiento / COVID-19

## Data Mining on Twitter: Sentiment Analysis on Unemployment in the Spanish-Speaking Population in Times of COVID-19

**ABSTRACT.** The onset of the COVID-19 pandemic has caused a socioeconomic crisis in each country hit by the disease, being the Spanish-speaking countries the most affected due to their economic structure. Authors such as Orgaz warn that COVID-19 is expected to wipe out 6.7 % of working hours across the world only between April and June 2020, which is the equivalent of 195 million full-time workers losing their jobs. In order to know people's opinion, this research developed a model to analyze the emotional effects of unemployment in the Spanish-speaking population in times of COVID-19 on Twitter social network using the SEMMA methodology and the Orange Canvas tool. The results showed that, out of the 6,000 tweets analyzed, the unemployment is associated with the terms poverty, pandemic, country and work. It was also determined that Twitter users have a negative and neutral feeling regarding unemployment, and consider the pandemic as its main cause.

**KEYWORDS:** data mining / unemployment / sentiment analysis / COVID-19

## 1. INTRODUCCIÓN

El mundo se encuentra en una pandemia causada por el COVID-19; es una crisis de salud global. Desde su aparición a finales del año pasado, el virus ha llegado a casi todos los continentes. El COVID-19 es la enfermedad infecciosa causada por el coronavirus; este nuevo virus, como la enfermedad que provoca, eran desconocidos antes de que apareciera el brote en Wuhan (China) en diciembre del 2019 (Organización Mundial de la Salud, OMS, 2020). La OMS lo ha declarado como una pandemia desde el 11 de marzo del 2020.

La pandemia es más que una crisis de salud, es también una crisis socioeconómica; tiene el potencial de crear impactos: sociales, económicos y políticos, en cada país que la padece, dejando profundas y duraderas cicatrices. Sobre lo económico, la BBC News Mundo, en su portal web, publicó una nota periodística (abril del 2020) en donde se indica que “el efecto de la pandemia global de coronavirus sobre el empleo va a ser ‘devastador’ y superará con creces lo sucedido durante la crisis financiera mundial del 2008-2009, según un informe de la Organización Internacional del Trabajo” (Orgaz, 2020); en esa misma línea Orgaz advierte que el COVID-19 ocasionará globalmente que, entre abril y junio del 2020, el 6,7 % de las horas de empleos desaparezca, lo que equivale a perder 195 millones de puestos de trabajo a tiempo completo. En la página web del diario *Gestión* se señala que en Brasil se perdieron 7,8 millones de puestos de trabajo, Chile tiene su tasa más alta de desempleo en 10 años, en Bolivia el desempleo subió en casi dos puntos: de 5,7 % a 7,3 % y solo en abril, en Colombia, la tasa de desempleo urbano subió a un nivel más alto desde el año 2001 (“El empleo, otra víctima de la pandemia en América Latina”, 2020). En el Perú el desempleo aumentó a 16,3 % en el trimestre de abril a junio, un récord ocasionado por la cuarentena, que semiparalizó la economía de ese país. Este resultado trimestral constituye un aumento de 10 puntos porcentuales respecto al año 2019; la PEA (población económicamente activa) disminuyó en un 49,8 % y la tasa de desempleo fue de 6,3 a 16,3 %, en el segundo trimestre del 2020, también con relación al año 2019 (“Desempleo récord de 16,3 % en Perú durante confinamiento por pandemia”, 2020). “En el segundo trimestre del año, el producto bruto interno (PBI) se redujo en 30,2 % como consecuencia de las medidas adoptadas por el gobierno, destinadas a afrontar el COVID-19” (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020).

La red social Twitter fue fundada por Jack Dorsey; es un servicio de microblogueo, una herramienta que limita sus mensajes a 280 caracteres. Twitter es una plataforma en línea para publicar y leer mensajes de texto de hasta 140 caracteres (Orihuela, 2011). En Twitter tienes a seguidores (*followers*) y los seguidos (*followed*); si sigues a alguien, eso quiere decir que verás sus tuits (mensajes que escribe en Twitter) (Rubín, 2020).

Los comentarios sobre el desempleo en Twitter en esta temporada de la pandemia se han incrementado y esto se debe justamente a la crisis de la economía en diferentes países que son afectados por esta enfermedad; y las opiniones son diversas. Con los datos de Twitter sobre el desempleo y el *software* Orange Canvas 3.2 se ha realizado minería de datos sobre el análisis de sentimiento. La minería de datos (MD) es “la metodología que permite explotar los datos

con el objetivo de generar modelos que posibiliten describir, encontrar patrones, establecer agrupaciones, clasificar, segmentar o asociar productos, clientes o cualquier otra entidad con el objeto de obtener conocimiento” (Rámila, 2019). El análisis de sentimientos es una técnica para detectar diversas opiniones favorables y desfavorables hacia temas específicos (Nasukawa y Yi, 2003), y Liu (2010) define el análisis de sentimientos como el estudio que analiza las opiniones de las personas, sentimientos, apreciaciones, evaluaciones y emociones sobre entidades como productos, servicios, individuos, eventos, tópicos y sus atributos.

El objetivo de la presente investigación es desarrollar un modelo para analizar el sentimiento del desempleo en la población hispanohablante en tiempos del COVID-19 en la red social Twitter, mediante la metodología SEMMA que fue desarrollada por el Instituto SAS. SEMMA significa *sample, explore, modify, model y assess*, considera cinco etapas para su proceso, las cuales son estudiadas en la metodología de la presente investigación.

Se ha descrito el problema y se ha planteado el objetivo de la investigación en la introducción; además, se han descrito las herramientas y la metodología que se usa en el desarrollo de la investigación. Se explica, paso a paso, un modelo de minería de datos con respecto al análisis del sentimiento del desempleo en la población hispanohablante en tiempos del COVID-19, haciendo uso de la metodología SEMMA; después, se muestran los resultados obtenidos, y al final se dan las conclusiones de la investigación.

## 2. METODOLOGÍA

SEMMA fue desarrollada por el instituto SAS que es el acrónimo de *sample, explore, modify, model y assess*. Su traducción sería muestra, explora, modifica, modela y evalúa; metodología para desarrollar el proceso de minería de datos.

El desarrollo de la investigación está basado en los pasos de la metodología SEMMA, siguiendo la secuencia descrita en la figura 1; la herramienta usada para el procesamiento de los datos es Orange Canvas. Dichos datos fueron extraídos de la red social Twitter; el tema es sobre el análisis del sentimiento del desempleo en la población hispanohablante en tiempos del COVID-19.

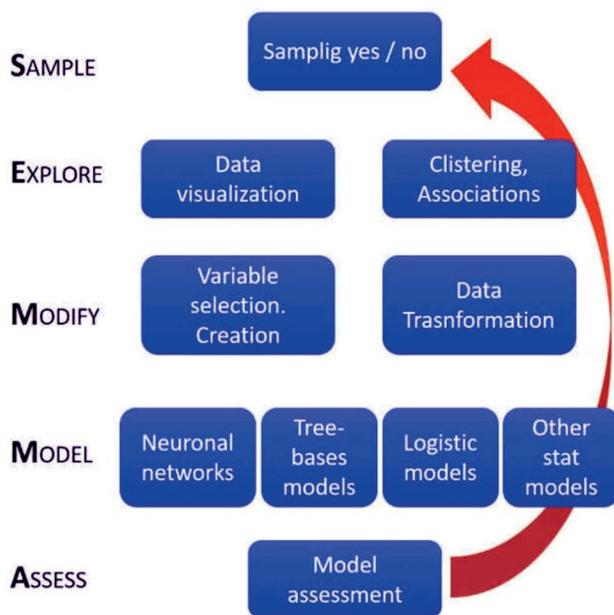


Figura 1. Metodología SEMMA

Fuente: Romero (2019)

## 2.1 Recursos utilizados

Software Orange Canvas, versión 3.2, con *widgets* descritos en la siguiente tabla:

Tabla 1  
Widgets de Orange Canvas usados en la investigación

Widget	Función
 Twitter	Envía datos al servidor de Twitter mediante una consulta realizada, después recupera una colección de tuits.
 Corpus Viewer	Permite la visualización de archivos de texto o instancias de corpus.
 Preprocess Text	Recibe una colección de documentos (en este caso tuits), luego los divide en <i>tokens</i> , los filtra y ejecuta la derivación y lematización.
 Word Cloud	Visualiza <i>tokens</i> en el corpus; su tamaño indica la frecuencia de la palabra en el corpus.
 Sentiment Analysis	Predice el sentimiento de los documentos asignando una puntuación.

(continúa)

(continuación)

 Data Table	Recibe unos conjuntos de datos y muestra el resultado como una hoja de cálculo de Excel.
 Select Columns	Permite seleccionar una o varias columnas, componer manualmente el dominio de datos.
 Linear Projection	Muestra proyecciones lineales de los datos etiquetados en la clase.
 Distributions	Muestra las distribuciones de los valores de un atributo.

Elaboración propia

## 2.2 Metodología SEMMA

### 2.2.1 Muestreo de los datos

En el *software* Orange Canvas, se procedió a recolectar y extraer los datos con el *widget* Twitter; nos conectamos a la API de dicha red social, previamente solicitadas las credenciales de acceso. Se hizo la consulta de la palabra *desempleo*, como resultado se obtuvo un total de seis mil tuits procedentes de los mensajes e interacciones de los usuarios. Estos mensajes e interacciones se recopilaban desde los siete días anteriores respecto a la fecha consultada (27 de agosto del 2020), ya que el *widget* Twitter obtiene los mensajes solo con una anterioridad de siete días. Se visualizan los comentarios extraídos mediante el *widget* Corpus Viewer (figura 2).

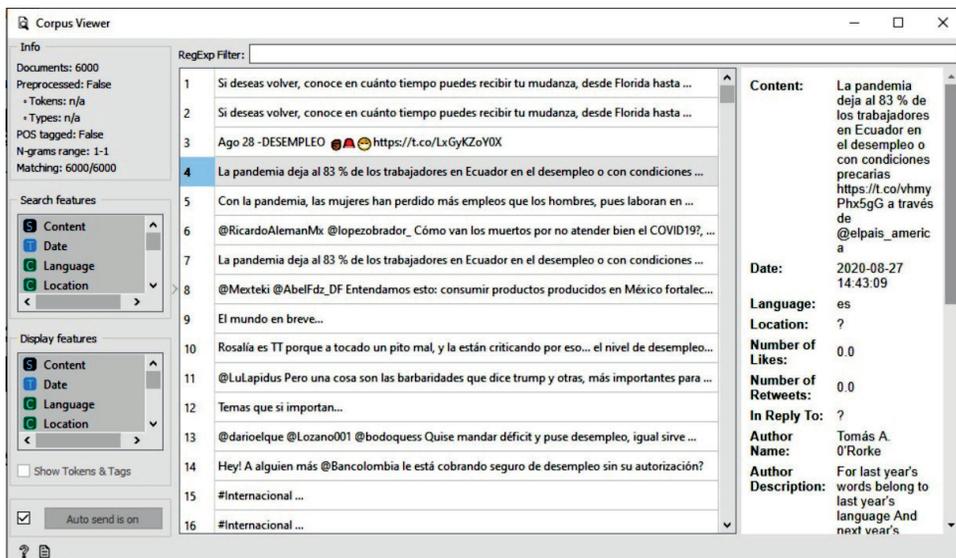


Figura 2. Visualización de tuits mediante Corpus Viewer

Elaboración propia en Orange Canvas

### 2.2.2 Exploración de los datos

Se ha realizado una exploración de los datos mediante el *widget* Word Cloud, para ver las frecuencias de las palabras o cantidad de veces que aparece una palabra en los tuits; se usó el *widget* Sentiment Analysis, dicha herramienta nos proporciona el módulo de VADER para poder analizar los sentimientos: evaluar y puntuar como positivo, negativo, neutro y compuesto a cada tuit, donde las puntuaciones antes mencionadas se basan en la validación empírica de múltiples jueces humanos independientes. VADER incorpora un léxico de sentimiento estándar que está especialmente en sintonía con contextos similares a los de microblogs (Hutto y Gilbert, 2014). Se usó el *widget* Distribution (gráfico de distribución) y Linear Projection (proyección lineal) para determinar las puntuaciones para cada comentario: positivo, negativo, neutro y compuesto.

### 2.2.3 Modificación de datos

Cuando se extrajeron los datos, se tenían muchos que no eran materia del propósito de la investigación, por lo que se procedió a realizar el preprocesamiento del texto de los comentarios, utilizando el *widget* Preprocess Text, dividiendo en unidades más pequeñas (*tokens*), como también omitiendo las puntuaciones, filtrando, ejecutando derivación y lematización; este paso se realizó de manera secuencial. Primeramente, se transformó el texto en minúsculas, enseguida se eliminaron todos los signos diacríticos y acentos, como también las URL y las etiquetas HTML; se procedió también a la eliminación de las palabras vacías como *y*, *o*, *en*. Las palabras por eliminar fueron cargadas desde un archivo propio en formato .txt el cual contenía una lista de palabras vacías.

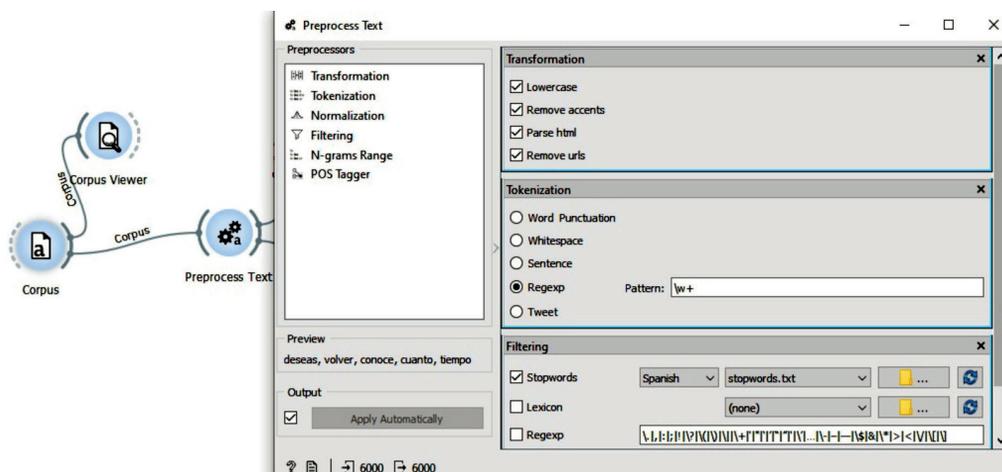


Figura 3. Reprocesamiento de texto (los tuits)

Elaboración propia en Orange Canvas

Mostramos los *tokens* de toda la colección de tuits, obteniendo datos más “limpios” y legibles, mediante el *widget* Word Cloud.

### 2.2.4 Modelado de datos

El modelo del análisis del sentimiento del desempleo en la población hispanohablante en tiempos del COVID-19 culminado es como se muestra en la figura 4.

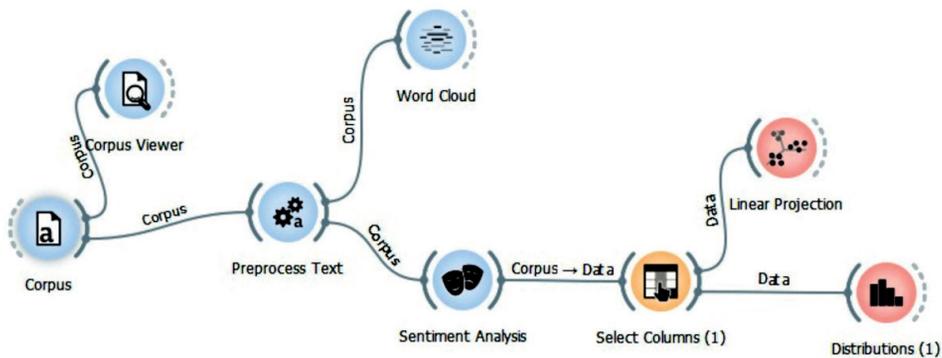


Figura 4. Diseño del modelo del análisis del sentimiento del desempleo en la población hispanohablante en tiempos del COVID-19

Elaboración propia en Orange Canvas

### 2.1.5 Evaluación de datos

Una vez obtenidos datos más legibles, se aplicó el *widget* Sentiment Analysis; mediante este componente se analizaron los sentimientos, el cual evalúa y puntúa como positivo, negativo, neutro y compuesto. Para el análisis, el *widget* Sentiment Analysis nos provee dos módulos de sentimiento: el primero de ellos es el método de Liu Hu; el segundo método que se va a utilizar para esta investigación es el método VADER (*Valence Aware Dictionary and Entiment Reasoner*). Este es una herramienta de análisis de sentimientos basada en reglas y léxico que está específicamente en sintonía con los sentimientos expresados en las redes sociales. VADER usa una combinación de un léxico de sentimiento, es una lista de características léxicas que generalmente se etiquetan de acuerdo con su orientación semántica como positiva o negativa. El léxico de sentimientos de VADER es sensible tanto a la polaridad como a la intensidad de los sentimientos expresados (Hutto y Gilbert, 2014). Respecto a la puntuación compuesta se calcula sumando las puntuaciones de valencia de cada palabra en el léxico, se ajusta de acuerdo con las reglas y luego se normaliza para estar entre -1 (más extremo negativo) y +1 (más extremo positivo). Los valores umbrales típicos son:

- sentimiento positivo: compuesto  $\geq 0,05$
- sentimiento neutral: compuesto  $> -0,05$  y compuesto  $< 0,05$
- sentimiento negativo: compuesto  $\leq -0,05$

En cambio, los puntajes positivo, negativo y neutro representan a las proporciones de texto que caen en cada categoría (por el que todos deben sumar 1 o cerca de él con la operación flotante).

Este método VADER está dentro de Natural Language Toolkit (NLTK), es una plataforma de código abierto y gratis, para construir programas en lenguaje Python que trabajen con datos de lenguaje humano. Contiene librerías de procesamiento de texto para clasificar, *tokenización*, *stemming*, *tagging*, parseo y razonamiento semántico, además de librerías robustas para Natural Language Processing (NLP) (González Figueroa, 2018).

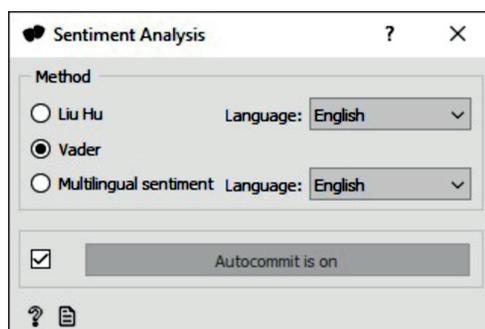


Figura 5. Selección método Vader NLTK en el *widget* Sentiment Analysis

Elaboración propia en Orange3 Text Mining

Se usó el *widget* Select columns para filtrar solo las puntuaciones (figura 6): positiva, negativa, neutra y compuesta; de esta manera, visualizar los resultados mediante los *widgets* Word Cloud (nube de palabras), Linear Projection (Proyección lineal) y Distribution (gráfico de distribución).

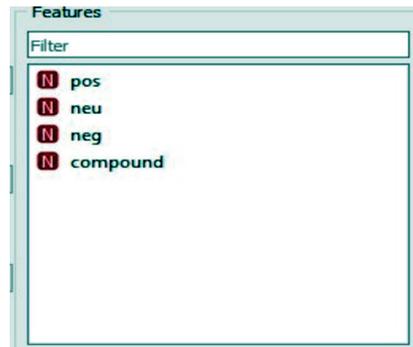


Figura 6. Filtrando solo las puntuaciones mediante el *widget* Select Columns  
Elaboración propia en Orange Visual Programming

### 3. RESULTADOS

El *widget* Word Cloud realiza el conteo de las palabras de acuerdo a la frecuencia con que estas aparecen, con ello se obtiene en total 21 131 palabras contadas, donde la palabra *desempleo* se menciona 5998 veces, lo que representa el 28 % del total, seguido por la palabra *pobreza* con un total de 704 repeticiones, lo que representa el 3,33 % del total, y la palabra *pandemia*, con una frecuencia de 637 menciones, lo que representa el 3,03 %. Son las tres primeras palabras que aparecen, según la frecuencia, según se muestra en la lista en la figura 7.

De esta manera, se concluye que en la red social Twitter los comentarios realizados por los usuarios hispanohablantes acerca del tema del desempleo están estrechamente relacionados con la pandemia y la pobreza.

Weight	Word
5998	desempleo
704	pobreza
637	pandemia
521	pais
468	economia
408	trabajo
403	solo
399	gobierno
398	empleo
368	gente
353	reales
333	seguro

Figura 7. Lista de palabras según su frecuencia, *widget* World Cloud  
Elaboración propia en Orange3 Text Mining

Los siguientes resultados se muestran mediante el *widget* Distribution (gráfico de distribución) y Linear Projection (proyección lineal); para ello, hemos seleccionado las variables a mostrar mediante el *widget* Select Columns; estas variables son las puntuaciones para cada comentario: positivo, negativo, neutro y compuesto.

### 3.1 Puntuación positiva

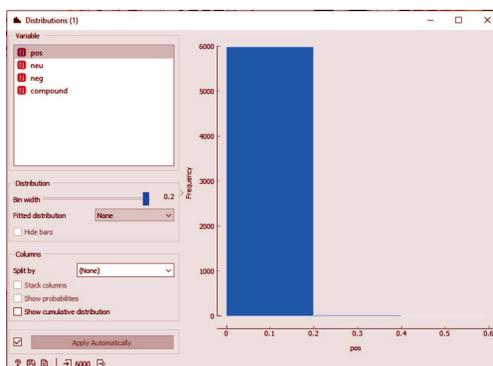


Figura 8. Distribución, puntuación positiva  
Elaboración propia en Orange Canvas

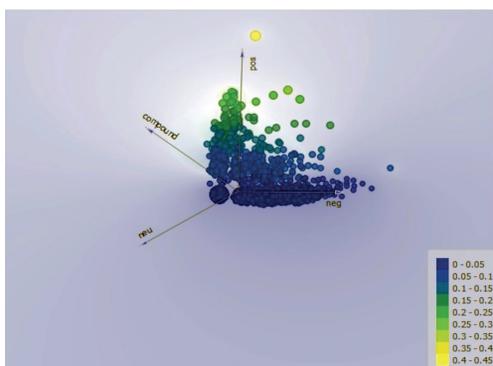


Figura 9. Proyección lineal, puntuación positiva  
Elaboración propia en Orange Canvas

En la figura 8, tenemos el gráfico de distribución, donde las barras representan la frecuencia de los comentarios con base en el nivel de puntuación. Estas puntuaciones representan el nivel de intensidad del sentimiento (positivo, negativo o neutro) que contiene el conjunto de tuits. Un puntaje cercano a 1 significa que hay mayor cantidad de tuits con intensidad de sentimientos (positivos, negativos o neutros) en todos los comentarios tomados. Las barras de color

azul de la figura 8 nos muestran que 5983 tuits tienen una puntuación de entre 0 y 0,2, lo cual las sitúa en los niveles de positividad, lo que representa el 99,72 % del total de 6000 tuits que se tomaron para el estudio. A ello se siguen 16 tuits con una puntuación de entre 0,2 y 0,4, lo que representa el 0,27 %. Y se finaliza con un tuit que tiene la puntuación mayor o igual a 0,4, lo que representa el 0,02 % del total. De la misma forma, se observan las métricas en la figura 9, donde el color azul alude al conjunto de datos con las puntuaciones antes mencionadas y en que la cantidad de las burbujas representa la predominancia de los sentimientos positivos en todo el conjunto de datos. Se concluye que se tiene una intensidad baja de positividad, considerando que el 99,72 % de tuits se encuentra entre 0 y 0,2.

### 3.2 Puntuación negativa

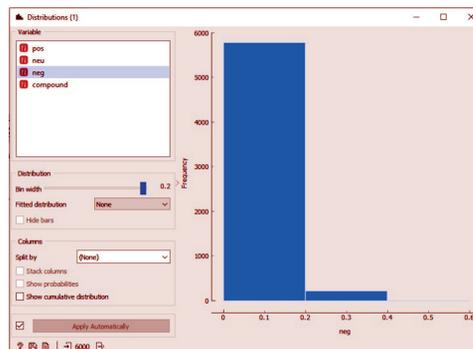


Figura 10. Distribución, puntuación negativa  
Elaboración propia en Orange Canvas

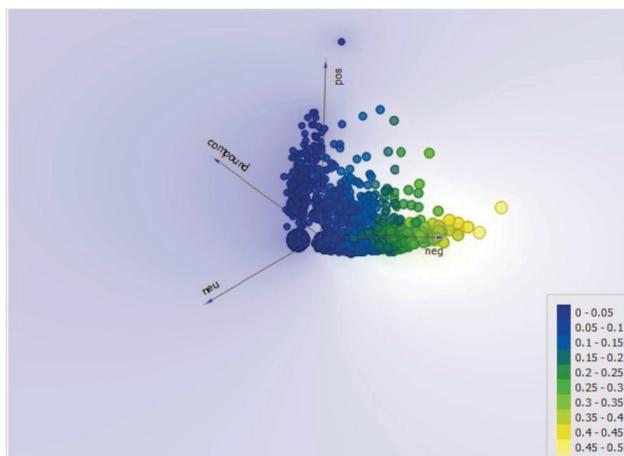


Figura 11. Proyección lineal, puntuación negativa  
Elaboración propia en Orange Canvas

Acerca de la puntuación negativa, en la figura 10 se muestra un total de 5779 tuits con una puntuación de entre 0 y 0,2, lo cual representa el 96,32 % del total del conjunto de datos, seguida por 214 tuits con puntuaciones de entre 0,2 y 0,4, lo que representa el 3,57 % del total. La figura finaliza con siete tuits con puntuaciones de entre 0,4 y 0,6 con un porcentaje de 0,12 %. La predominancia de la intensidad del sentimiento negativo se observa en la figura 11, la cual, a comparación de la puntuación positiva, tiene mayor predominancia. Se concluye que se tiene una intensidad baja de negatividad, considerando que el 96,32 % de tuits se encuentra entre 0 y 0,2.

### 3.3 Puntuación neutra

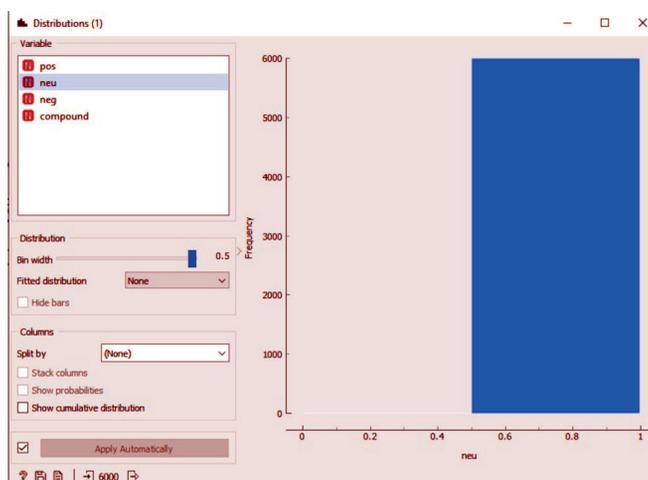


Figura 12. Distribución, puntuación neutral

Elaboración propia en Orange Canvas

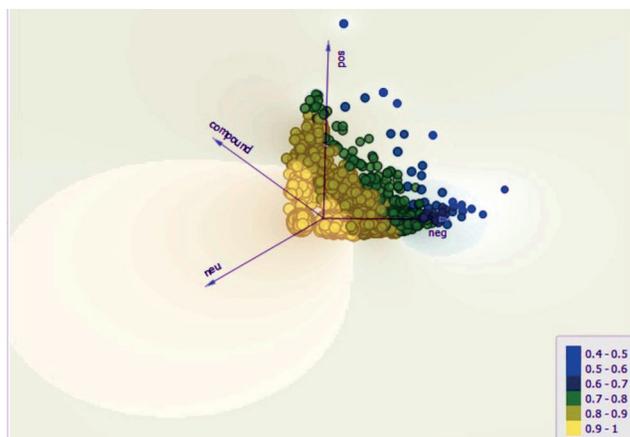


Figura 13. Proyección lineal, puntuación neutral

Elaboración propia en Orange Canvas

En la puntuación neutral (figura 12) los tuits obtuvieron un nivel de puntuación de entre 0 y 0,5, lo cual representa el 0,02 % del total de tuits. En cuanto al tuit restante, representa el 99,98 % con una puntuación de entre 0,5 y 1. En la figura 13 se observa mayor predominancia de la intensidad de los sentimientos neutrales en comparación con los negativos, donde el color de las burbujas representa las puntuaciones mencionadas anteriormente. Se concluye que se tiene una intensidad alta de neutralidad, al considerar que el 99,98 % de tuits se encuentra entre 0,5 y 1.

### 3.4 Puntuación compuesta

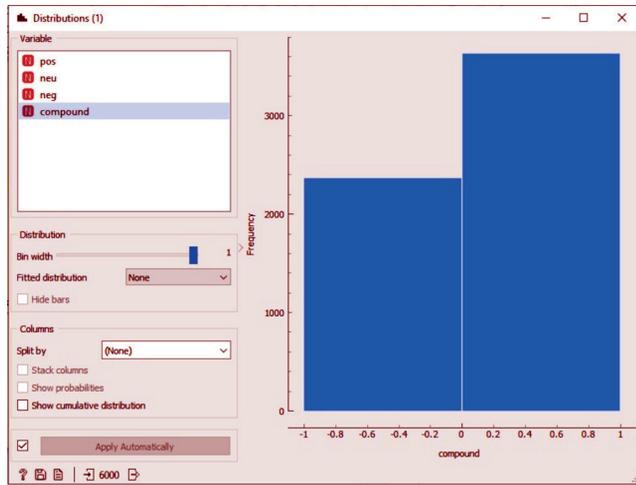


Figura 14. Distribución, puntuación compuesta  
Elaboración propia en Orange Canvas

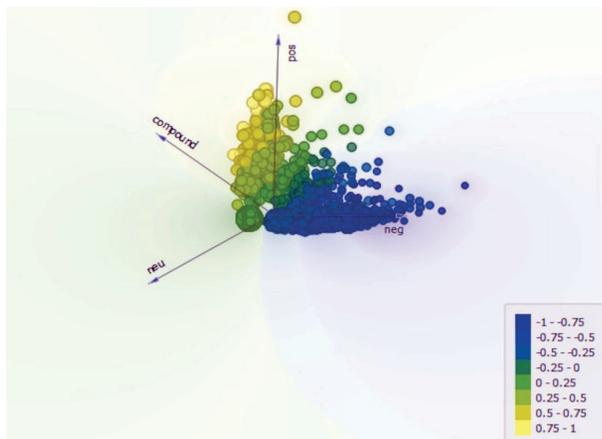


Figura 15. Proyección lineal, puntuación compuesta  
Elaboración propia en Orange Canvas

La puntuación compuesta muestra la puntuación total de un comentario, cuanto más cercano a 1 sea el nivel puntuación es más positivo; de lo contrario, se acerca a  $-1$  y tiende a ser más negativo. Si observamos la figura 14, 2367 tuits tienen una puntuación de entre  $-1$  y 0, lo cual representa el 39,45 % del total de tuits; en cambio, las puntuaciones de entre 0 y 1 se obtuvieron en 3633 tuits que representan el 60,55 % del total. En la proyección lineal (figura 15) también se observa la predominancia del sentimiento compuesto.

En la figura 16 se muestran las puntuaciones compuestas; en este caso se ajustó el gráfico de distribuciones a los valores umbrales típicos para, de esta manera, determinar la puntuación total de los comentarios de manera unidimensional con base en los valores umbrales.

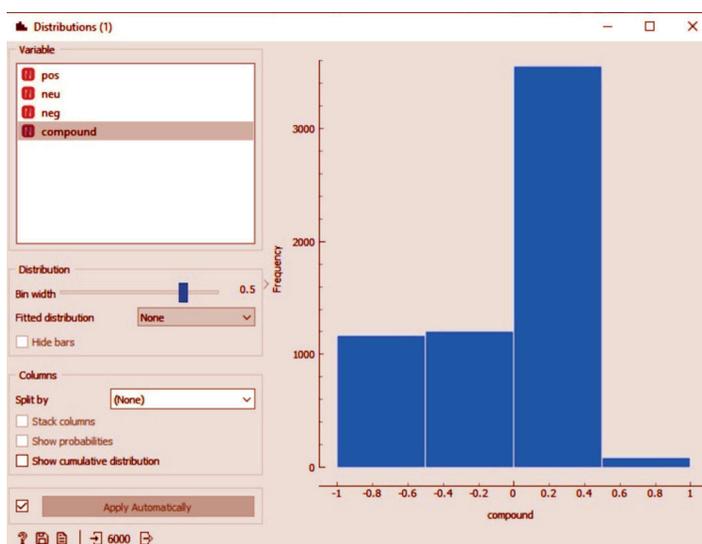


Figura 16. Distribución, valores umbrales  
Elaboración propia en Orange Canvas

El primer umbral es la puntuación entre  $-1$  y  $-0,05$ ; este rango representa la determinación de que un comentario es negativo. Es así que, según la figura 16, la primera barra representa el primer umbral con 1165 tuits como negativos, lo que equivale al 19,42 % del total.

Los segundos valores umbrales están en el rango de  $-0,05$  y  $0,05$ , determinando en este rango los comentarios neutros. La segunda y la tercera barra aluden a estas puntuaciones donde dichas barras representan 4753 tuits como neutros, lo que equivale al 79,21 % del total.

Como tercer umbral tenemos los valores entre  $0,05$  y  $1$ , que es el rango de los comentarios positivos. La cuarta barra de la figura 15 representa a 82 tuits como positivos con un porcentaje de 1,37 % del total.

#### 4. CONCLUSIONES

- a. Para el análisis del sentimiento del desempleo en la población hispanohablante en tiempos del COVID-19 en la red social Twitter, se procesaron seis mil tuits; en los comentarios realizados por los usuarios hispanohablantes se encontró que las cinco palabras más utilizadas son: *desempleo* (5998 veces), *pobreza* (704 veces), *pandemia* (637 veces), *país* (521 veces), *economía* (468 veces) y *trabajo* (408 veces), lo que indica que la mayoría de los tuits estaban compuestos por estas palabras. Los datos se obtuvieron con la palabra *desempleo* y esta a su vez vinculó a términos como *pobreza*, *pandemia*, *país* y *economía*.
- b. En los tuits de los usuarios hispanohablantes tomados los días 25, 26 y 27 de agosto del 2020, el resultado de la puntuación compuesta muestra un sentimiento neutral (79,21 %), seguido de un sentimiento negativo (19,42 %) y solo un 1,37 % tiene sentimiento positivo sobre este tema.

#### 5. RECOMENDACIONES

- a. Para un análisis más profundo que incluya una mayor cantidad de datos, es necesario recopilar dicha información en períodos de tiempo, después aplicar el modelo desarrollado en Orange Canvas. De este modo se obtendrán resultados más ajustados a la realidad.
- b. En cuanto a la limpieza de los datos, se debe armar una lista de las palabras y símbolos que no representan dato para el análisis con la finalidad de evitar consumir tiempo en el procesamiento de los datos.

#### REFERENCIAS

- Artacho Torres, P. (2014). *Minería de opiniones basada en patrones semánticos, en Twitter* [Tesis de grado]. Universidad de Málaga.
- El empleo, otra víctima de la pandemia en América Latina. (7 de julio del 2020). *Gestión*. <https://gestion.pe/mundo/internacional/el-empleo-otra-victima-de-la-pandemia-en-america-latina-noticia/?ref=gesr>
- González Figueroa, M. (2018). *Búsqueda, descubrimiento y análisis de sentimientos en Twitter de la institución* [Tesis de maestría, Universidad Técnica Federico Santa María]. [https://www.mti.cl/wp-content/uploads/2019/01/Tesina\\_2018\\_Gonz%C3%A1lez-Marcela.pdf](https://www.mti.cl/wp-content/uploads/2019/01/Tesina_2018_Gonz%C3%A1lez-Marcela.pdf)

- Hutto, C., y Gilbert, E. (Junio del 2014). *VADER: A Parsimonious Rule-Based Model for Sentiment Analysis of Social Media Text*. International Conference on Weblogs and Social Media (ICWSM-14). <https://www.scinapse.io/papers/2099813784>
- Desempleo récord de 16,3 % en Perú durante confinamiento por pandemia. (17 de julio del 2020). *Infobae*. <https://www.infobae.com/america/agencias/2020/07/17/desempleo-record-de-163-en-peru-durante-confinamiento-por-pandemia/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (20 de agosto del 2020). *Producto bruto interno se redujo 30,2 % durante el II trimestre del 2020* [Nota de prensa]. <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/producto-bruto-interno-se-redujo-302-durante-el-ii-trimestre-del-202-12350/>
- Liu, B. (2010). Sentiment Analysis and Subjectivity. En N. Indurkha y F. J. Damerau (Eds.), *Handbook of Natural Language Processing* (2.ª ed., pp. 627-666). Chapman & Hall/CRC.
- Mitra, S., y Acharya, T. (2005). *Data Mining. Multimedia, Soft Computing and Bioinformatics*. Wiley-Interscience.
- Nasukawa, T., y Yi, J. (2003). Sentiment Analysis: Capturing Favorability Using Natural Language. En *K-CAP '03: Proceedings of the 2nd International Conference on Knowledge* (pp. 70-77). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/945645.945658>
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>
- Orgaz, C. (8 de abril del 2020). *Coronavirus: “Se perderán 195 millones de empleos en solo 3 meses” por la pandemia, el alarmante informe de la OIT (y cómo afectará a América Latina)*. BBC Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-52220090>
- Orihuela, J. L. (2011). *Mundo Twitter: una guía para comprender y dominar la plataforma que cambió la red*. Alienta.
- Rámila, H. (29 de julio del 2019). Minería de datos: cómo aplicarlo al análisis predictivo. *Semrush Blog*. [https://es.semrush.com/blog/mineria-de-datos/?kw=ycmp=LM\\_SRCH\\_DSA\\_Blog\\_Analytics\\_ES&label=dsa\\_blogyNetwork=gyDevice=cyutm\\_content=438280918963&kwid=dsa-835963616070&ycmpid=8044598079&yclid=EAIAIQobChMI0favs8LA6wIVxIVaBR117AezEAAYAiAAEgK2EPD\\_BwE](https://es.semrush.com/blog/mineria-de-datos/?kw=ycmp=LM_SRCH_DSA_Blog_Analytics_ES&label=dsa_blogyNetwork=gyDevice=cyutm_content=438280918963&kwid=dsa-835963616070&ycmpid=8044598079&yclid=EAIAIQobChMI0favs8LA6wIVxIVaBR117AezEAAYAiAAEgK2EPD_BwE)
- Romero, J. (11 de junio del 2019). *Metodologías de minería de datos*. <https://jorgeromero.net/metodologias-de-mineria-de-datos/>
- Rubín, R. (22 de mayo del 2020). Qué es Twitter, cómo funciona y qué te puede aportar esta red social. *Ciudadano 2.0*. <https://www.ciudadano2cero.com/twitter-que-es-como-funciona/>



# Detection of Pathologies in X-Rays Based on a Deep Learning Framework

Jhonatan Camasca

5100036@ue.edu.pe / Universidad ESAN

Marks Calderón-Niquin

mcalderon@esan.edu.pe / Universidad ESAN

Wilfredo Mamani-Ticona

wmamani@esan.edu.pe / Universidad ESAN

Recepción: 1/9/2020 Aceptación: 1/10/2020

**ABSTRACT.** The diagnostic process of respiratory diseases requires experience and skills to assess the different pathologies that patients may develop. Unfortunately, the lack of qualified radiologists is a global problem that limits respiratory diseases diagnosis. Therefore, it will be useful to have a tool that minimizes errors and workload, improves efficiency, and speeds up the diagnostic process in order to provide a better healthcare service to the community. This research proposes a methodology to detect pathologies by using deep learning architectures. The present proposal is divided into three types of experiments. The first one evaluates the performance of feature descriptors such as SIFT, SURF, and ORB in medical images with machine learning models as an introduction to the last experiment. The second one evaluates the performance of deep learning architectures such as ResNet50, Alexnet, VGG16, and LeNet. Finally, the third one evaluates the combination of deep learning and machine learning classifiers. Furthermore, a novel chest X-ray dataset called PathX\_Chest, which contains 2,200 images of ten different classes, is presented. In contrast with the state of the art, good results were obtained in the three different approaches. However, the best performance was achieved by combining deep learning and machine learning: a 99.99 % accuracy was obtained with the combination of ResNet50 and SVM classifier. This methodology may be used to develop a CAD system to help radiologists have a second opinion and a support during the diagnostic procedure.

**KEYWORDS:** chest X-ray / deep learning / CNN / computer vision / computer-aided diagnosis

## Detección de presencia patológica en radiografías basada en un marco de *deep learning*

RESUMEN. El proceso de diagnóstico de las enfermedades respiratorias requiere experiencia y habilidades para evaluar las diferentes patologías que pueden desarrollarse en los pacientes. Desgraciadamente, la falta de radiólogos cualificados es un problema global que limita el diagnóstico de las enfermedades respiratorias. Por lo tanto, será útil contar con una herramienta que minimice los errores, la carga de trabajo, mejore la eficiencia y agilice el proceso de diagnóstico para brindar un mejor servicio de salud a la comunidad. Esta investigación propone una metodología para la detección de presencia patológica utilizando arquitecturas de *deep learning*. La presente propuesta se divide en tres tipos de experimentos. El primero evalúa el rendimiento de descriptores de características como SIFT, SURF y ORB en imágenes médicas con modelos de *machine learning* como introducción al último experimento. A continuación, se evalúa el rendimiento de arquitecturas de *deep learning* como ResNet50, Alexnet, VGG16 y LeNet. Por último, se evalúa la combinación de clasificadores de aprendizaje profundo y aprendizaje automático. Además, introducimos un nuevo conjunto de datos de rayos X de tórax que se llama PathX\_Chest y que contiene 2200 imágenes de diez clases. En contraste con el estado del arte, se obtuvieron buenos resultados en tres enfoques diferentes. Sin embargo, podemos ver que el mejor rendimiento se logró en la mezcla entre *deep learning* y *machine learning*, obteniendo una precisión del 99,99 % en la combinación de ResNet50 y el clasificador SVM. Esta metodología puede ser utilizada para desarrollar un sistema CAD con el fin de ayudar a los radiólogos permitiéndoles tener una segunda opinión y como apoyo durante el procedimiento diagnóstico.

PALABRAS CLAVE: radiografía de tórax / aprendizaje profundo / CNN / visión por ordenador / diagnóstico asistido por ordenador

## 1. INTRODUCTION

Pathology detection is a time-consuming process that involves knowledge, experience, concentration, and a patient's medical history. On the other hand, according to the American College of Radiologist (ACR), radiologist shortage is seen in developed countries as well as the least developed countries. For instance, in the USA, UK, and Australia, this problem affects hospital care and service delivery in some medical areas. In Peru, according to the Ministry of Health (MINSA), 66.4 % of the radiologists are in Lima and the rest are in provinces, where most of the pathologies occur. Due to the shortage of specialists and the complexity of the diagnostic process, a tool that could help radiologists and give them a second opinion might improve their performance in terms of speed, efficiency, and error detection. Meanwhile, according to The Journal of Health (2020), the potential of the AI in medical imaging could accelerate the diagnostic process, provide target-focused treatments, and enhance human-led clinical decision. In pathology detection, several approaches were developed using chest X-rays: The most common ones involved feature descriptors, and the most advanced ones involved deep learning architectures known as convolutional neural networks (CNNs). However, due to the nature of the problem, it is necessary to focus more on precision.

France & Jaya (2019) used patch and SIFT as feature extraction process. Thus, through clustering models such as bag of words (BOW) and histogram of bag of words (HOG), features were obtained. In the end, SVM was applied for the classification into normal and abnormal. On the other hand, Saric et al. (2019) trained VGG16 and ResNet50 for detecting lung cancer, which reached up to 0.75% accuracy in cancer classification. X-ray image classification is a difficult task if there are a few images. Rahman et al. (2020) proposed three classes: normal, pneumonia, and viral pneumonia. Afterwards, during the classification, AlexNet, ResNet18, DenseNet201, SqueezeNet architectures, and their respective weights were trained. Dong, Y. (2017) trained VGG-16 and ResNet-101 for binary and multi-classification tasks. They reached up 82.2% accuracy in binary classification. Object detection models are widely used for detecting elements in images and classifying them. In Rahmat et al. (2019), Faster R-CNN was used for binary classification. Its results showed average accuracy, sensitivity, specificity, and precision levels. Srinivas et al. (2016) proposed a discriminative feature extraction using deep CNNs.

In this research, we propose a methodology for pathology detection divided into three types of experiments. The first one evaluates the performance of feature descriptors such as SIFT, SURF, and ORB in medical images with machine learning models as an introduction to the last experiment. Then, we propose to use deep learning architectures such as ResNet50, Alexnet, and VGG16. Finally, we propose to use the combination of deep learning and machine learning classifiers. Additionally, we present a novel chest X-ray dataset designed by radiologists called PathX\_Chest, which contains 2,200 images divided into ten different classes. This paper is organized as follows: A brief review of related work and the methodology

implemented in the present work are described in Section 2. The results are discussed in Section 3. The conclusions of using CNNs and machine learning models to detect pathologies and the future work to improve the classification task are presented in Section 4.

## 2. METHODOLOGY

Our methodology is divided into three different approaches (see Figure 1): The first approach is done with machine learning and feature extractors such as SIFT, SURF, and ORB. The second approach is done by applying different CNNs such as AlexNet and VGG16. Finally, the third approach merged machine learning algorithms and deep learning architectures in order to obtain state-of-the-art performance in the classification task.

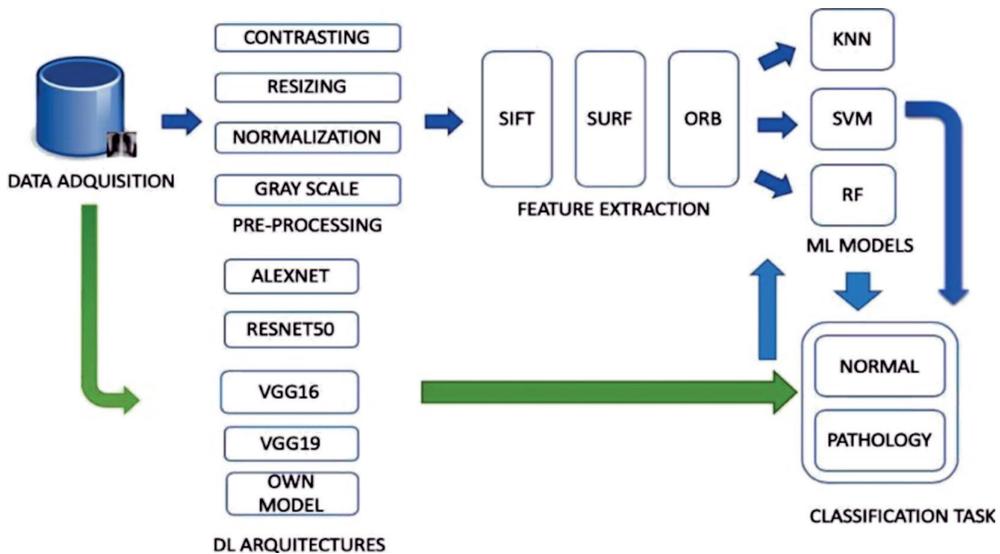


Figure 1. Methodology of three different approaches to detect pathologies

Source: Own elaboration

### 2.1 Preprocessing

All images were preprocessed with the following techniques: grayscale conversion, contrast enhancement, normalization, and resizing, as we can see in Figure 2. In this stage, a data augmentation technique was applied with filters such as median, mean, and brightness which increased by 0.25: These data were used by CNNs. Additionally, other data augmentation techniques such as vertical and horizontal flip could affect the classification performance. Therefore, the type of data augmentation techniques was determined empirically.

Resizing was set to 700 x 700 based on the average image resolutions.

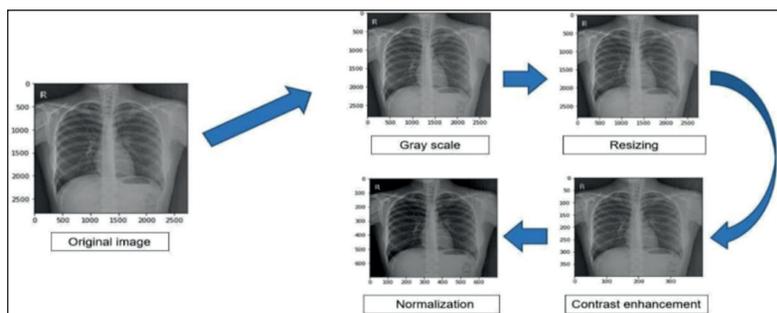


Figure 2. Data preprocessing steps

Own elaboration

## 2.2 First Approach

### Feature extraction

Since the images have been processed and there is already a complete database, they are ready to be used to obtain characteristic vectors, which are the inputs for our classification models. In the present work, the SURF, SIFT, and ORB feature extraction techniques were used. These algorithms extract features of an image. Among its main outputs are the key points in the image: These points are known as descriptors. SURF, SIFT, and ORB provide 128, 64 and 32 descriptors, respectively.

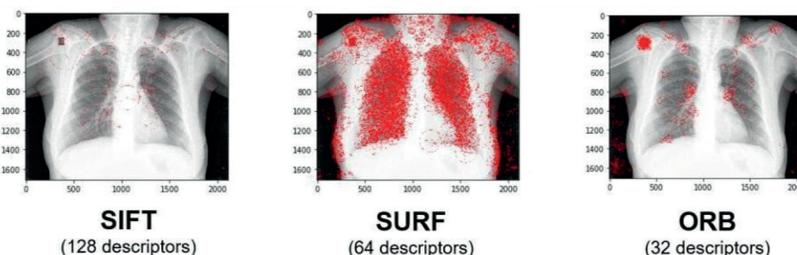


Figure 3. Feature extraction techniques SIFT, SURF, and ORB

Source: Own elaboration

However, these descriptors are transformed into feature vectors using techniques to be inputs for classification models. Therefore, a technique known as bag of visual words (BOVW) was applied. This technique is based on BOW and uses descriptors to represent the images in histograms according to the frequency of its descriptors (Davida, 2018). First, K-means

clustering, where each centroid is used as a vocabulary for the visual dictionary, is applied. Finally, feature vectors are normalized to have entries with the same weight. The  $K$  clusters that were used were 10, 50, and 100. KNN has the following hyperparameters to optimize:  $n\_neighbors$ ,  $weights$ , and  $metrics$ . The  $n\_neighbors$  parameter can iterate on 3, 5, 11, and 19; the  $weights$  parameter can iterate on uniform and distance. Euclidean and Manhattan distances were used. Also, random forest (RF) needs to tune up the following hyperparameters:  $n\_estimators$ ,  $max\_features$ ,  $max\_depth$ , and  $criterion$ . The  $n\_estimators$  parameter can iterate between 200 and 500;  $max\_features$  parameter can iterate between auto, sqrt, and log2; the  $max\_depth$  parameter can iterate between 4, 5, 6, 7, and 8; and the  $criterion$  parameter can iterate between Gini and entropy. In this stage, machine learning techniques such as support vector machine (SVM), random forest, and K-NN will be applied. Thus, GridSearch will be applied for finding each algorithm. SVM has hyperparameters to optimize such as kernel,  $C$ , and gamma; GridSearch needs a range of values to evaluate the best performance of SVM. The kernel must iterate in linear, RBF, and sigmoid; and  $C$  (cost) must iterate between 1, 10, 100, and 1000.

### 2.3 Second Approach

This approach was built with CNNs such as ResNet50, VGG19, and VGG16 with transfer learning; and LeNet, AlexNet, and an own model without transfer learning. The convolutional networks extract features and, with the sigmoid function in the last layer, obtain the probabilities that allow an image to be classified as normal or pathological. The more layers a CNN has, the more characteristics can be extracted. However, several layers can be misclassifying instead of providing a better performance; the solution is a deeper network with skip connections in order to avoid this problem (Simonyan, Zisserman, 2015).

Transfer learning was used, since the weights of ImageNet were set in all the CNNs, thus achieving better results than the CNNs without pre-trained weights. Subsequently, data augmentation increased substantially the database to train CNN architectures for binary classification. For each image in the database, three more images were created with characteristics such as increased brightness, and filters such as median and average. It is important to remark that the batches, epochs, and learning rates were set empirically.

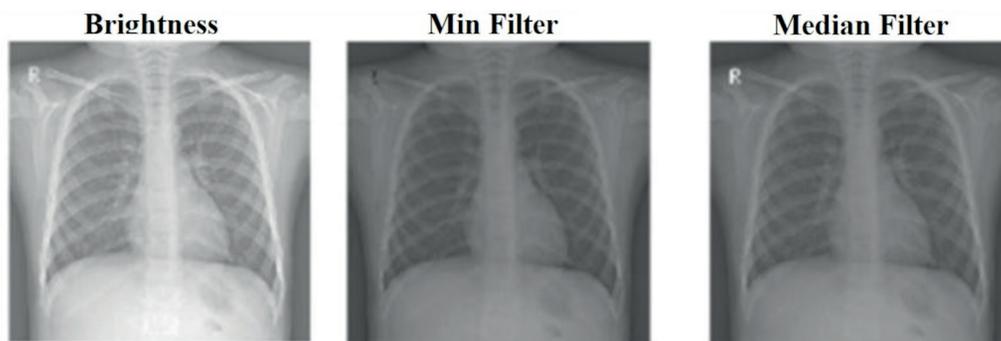


Figure 4. Examples of data augmentation from an original image  
Own elaboration

## 2.4 Third Approach

The feature vectors obtained by the CNN filters (kernels) were extracted to be used as inputs for machine learning models. These CNNs were the same as those used in the second approach. All the features were saved in a CSV file. The number of columns were 10, 50, and 100 (due to the K clusters). The files were used as inputs for the classification models. The feature vectors were split on train, test, and validation set to carry out the training and validation with machine-model learning (SVM, KNN, RF). During the training process, GridSearch was implemented with the same parameters as the first approach.

## 3. RESULTS

### 3.1 Database Acquisition

At this stage, the existence of chest X-ray datasets was evaluated. It was concluded that, for the present work, the best option was to create a dataset because there are a lot of misclassified images. The dataset had 2,200 images of normal chest X-rays and 2,200 of pathological chest X-rays, which are detailed in Table 1. Ten (10) pathologies were observed within the image dataset: 220 images were collected per each pathology. These images were provided by the Hospital San José, in Callao. The images were saved in DICOM format with high resolution. Each image was labeled manually by three radiologists. In assessing whether there were different diagnoses, it should be noted that no differences were found in each specialist's diagnosis and that all of them validated the correct labeling of the images.

*Table 1  
Dataset Distribution*

Image Type	Description	No. of Samples	Description	No. of Samples
Pathology	Cardiomegaly	220	Lung consolidation	220
	Emphysema	220	Infiltration	220
	Pleural effusion	220	Fibrosis	220
	Pulmonary nodule	220	Mass	220
	Pneumothorax	220	Edema	220
Normal	Normal cases	2200		

Own elaboration

## 4. EXPERIMENTAL RESULTS

### 4.1 First Approach

The results of the three extraction techniques will be presented as descriptors (SIFT, SURF, and ORB), algorithms (SVM, KNN, and random forest) and K clusters (K = 10, 50, 100).

*Table 2  
First Methodology Results*

Classifiers	METRICS	10	50	100	10	50	100	10	50	100
SVM	ACCURACY	0.73	0.79	0.83	0.74	0.8	0.82	0.65	0.71	0.76
	PRECISION	0.76	0.78	0.83	0.77	0.84	0.85	0.69	0.74	0.81
	RECALL	0.71	0.8	0.84	0.71	0.77	0.8	0.59	0.70	0.70
	F1	0.73	0.79	0.83	0.74	0.80	0.82	0.64	0.72	0.79
K-NN	ACCURACY	0.74	0.80	0.81	0.7	0.71	0.77	0.63	0.66	0.68
	PRECISION	0.79	0.83	0.86	0.73	0.76	0.84	0.62	0.65	0.73
	RECALL	0.70	0.76	0.73	0.62	0.66	0.66	0.63	0.65	0.55
	F1	0.73	0.79	0.79	0.67	0.70	0.74	0.62	0.65	0.68
RANDOM FOREST	ACCURACY	0.71	0.74	0.77	0.70	0.72	0.75	0.61	0.63	0.67
	PRECISION	0.72	0.75	0.78	0.70	0.73	0.74	0.62	0.64	0.70
	RECALL	0.70	0.73	0.76	0.69	0.71	0.71	0.60	0.63	0.72
	F1	0.72	0.75	0.78	0.71	0.74	0.75	0.61	0.64	0.68

Own elaboration

Table 2 shows that the SIFT feature extractor has a better performance with respect to machine learning algorithms. SIFT is the feature extractor that gets the most points (128 key points). Furthermore, SVM is the best algorithm in terms of classification of images in normal or pathological scenarios, obtaining the best results in the four metrics (accuracy, sensitivity, precision, and recall) of the three extractors (SIFT, SURF, and ORB). In terms of classification, the best algorithm was SVM with XY accuracy, followed by KNN and random forest.

## 4.2 Second Approach

The VGG19 model obtained an accuracy of 97 % and a loss of 0.05. When evaluating the other metrics, a precision of 97 %, a recall of 99 %, and an F1-score of 98 % were obtained. The VGG16 model obtained an accuracy of 97 % and a loss of 0.07. When evaluating the other metrics, a precision of 97%, a recall of 98 %, and an F1-score of 97 % were obtained. The ResNet model obtained an accuracy of 97 % and a loss of 0.08. When evaluating the other metrics, a precision of 97 %, a recall of 99%, and an F1-score of 98 % were obtained. The AlexNet model obtained an accuracy of 94% and a loss of 0.18. When evaluating the other metrics, a precision of 95 %, a recall of 90 %, and an F1-score of 92 % were obtained. The LeNet model obtained an accuracy of 71 % and a loss of 0.51. When evaluating the other metrics, a precision of 92 %, a recall of 58 %, and an F1-score of 71 % were obtained. Our own model obtained an accuracy of 94 % and a loss of 0.25. When evaluating the other metrics, a precision of 94 %, a recall of 90 %, and an F1-score of 92 % were obtained.

Table 3  
*Second Methodology Results*

	ACCURACY	PRECISION	RECALL	F1-SCORE	LOSS
VGG19	0.97	0.97	0.99	0.98	0.05
VGG16	0.97	0.97	0.98	0.97	0.07
ALEXNET	0.94	0.95	0.90	0.92	0.18
RESNET 50	0.97	0.97	0.99	0.98	0.08
LENET	0.71	0.92	0.58	0.71	0.51
OWN MODEL	0.94	0.94	0.90	0.92	0.25

Own elaboration

From Table 3, the VGG16, VGG19, and ResNet models obtained the best performance. The AlexNet model got a good performance in terms of accuracy but did not show a good performance when evaluating the loss. The LeNet model got a lower performance because

it had fewer layers than other CNN models. Our own model had a similar performance to AlexNet but it was not the best in general, so the model probably needs to be optimized.

### 4.3 Third Approach

Table 4  
*Third Methodology Results*

CNN	Classifiers	ACCURACY	PRECISION	RECALL	F1-SCORE
ALEXNET	SVM	0.9893	0.99	0.99	0.99
	KNN	0.9800	0.99	0.98	0.98
	RF	0.9950	0.99	0.98	0.98
VGG16	SVM	0.9954	0.99	0.99	0.99
	KNN	0.9924	0.99	0.99	0.99
	RF	0.9928	0.98	0.99	0.99
VGG19	SVM	0.9999	0.98	0.99	0.98
	KNN	0.9987	0.98	0.99	0.98
	RF	0.9936	0.99	0.98	0.99
RESNET	SVM	0.9998	0.99	0.99	0.99
	KNN	0.9897	0.99	0.98	0.99
	RF	0.9945	0.98	0.99	0.98

Own elaboration

In Table 4, VGG16 + SVM is the model with the highest result. This methodology had results > 90% in the four metrics (accuracy, precision, recall, and F1-score). It can also be concluded that the results were similar, demonstrating that CNN architectures extract feature vectors efficiently. The results shown above allow us to conclude that the best results come from the third methodology, that is, they come from the combinations of CNN architectures and machine learning algorithms (to be more specific, CNN + SVM). In the case of the present research work, it should be considered that the importance of detecting a pathology implies the highest precision, so the most suitable model would be CNN + SVM. Moreover, the results obtained in the third approach could be improved using more images.

## 4. CONCLUSIONS

There are several factors which help to optimize medical diagnoses. First, there is a shortage of radiologists in various countries of the world, as well as in the Peruvian departments with cold

climates. Second, there is a high incidence of severe respiratory pathologies in Peru. Third, the medical diagnostic process is long and complex. In such a situation, the need for finding a solution to improve the medical diagnostic process arose. Such improved process would allow a prefiltered chest X-ray for doctors to focus only on the diagnosis of radiographs, thus taking advantage of their knowledge and experience to make good diagnoses and cover more medical examinations. Therefore, the present research work aims to develop theoretically and practically a computational vision system design for the prediction of pathologies from chest X-rays to support medical diagnoses. In order to develop this research, we used computer vision techniques for chest X-rays of patients with pathologies and healthy people to extract feature vectors and predict pathologies from chest X-rays.

In conclusion, it is expected to offer an alternative that allows optimizing medical diagnostic services, thus improving medical service in Peru. To obtain better results, it is important to do a proper preprocessing. As a future work, it will apply models of object detection such as YOLO, Fast R-CNN, RetinaNet, among others, for the segmentation of regions and the multiclassification of ten pathologies.

### Acknowledgements

We would like to thank radiologists Armando Camasca and Carmen Huamán for their help during the classification task and assessing the veracity of the results.

### REFERENCES

- Bay, H., Tuytelaars, T & Van Gool, L. (2006). SURF: Speeded Up Robust Features. Retrieved from <https://www.vision.ee.ethz.ch/~surf/eccv06.pdf>
- Davida, B. (2018). Bag of Visual Words in a Nutshell. Towards Data Science. Retrieved from <https://towardsdatascience.com/bag-of-visual-words-ina-nutshell-9ccea97ce0fb>
- Dong, Y, Pan, Y., Zhang, J., & Xu, W. (2017) Learning to Read Chest X-Ray Images from 16000+ Examples Using CNN. *IEEE/ACM International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies (CHASE)*, 51-57.
- France, K., & Jaya, A. (2019). Classification and retrieval of thoracic diseases using patch-based visual words: A study on chest x-rays. *Biomedical Physics & Engineering Express*. <https://doi.org/10.1088/2057-1976/ab5c7c>
- Goodfellow, I., Bengio, Y. & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press. Retrieved from <http://www.deeplearningbook.org>

- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2015). Deep Residual Learning for Image Recognition. Retrieve from [https://www.cvfoundation.org/openaccess/content\\_cvpr\\_2016/papers/He\\_Deep\\_Residual\\_Learning\\_CVPR\\_2016\\_paper.pdf](https://www.cvfoundation.org/openaccess/content_cvpr_2016/papers/He_Deep_Residual_Learning_CVPR_2016_paper.pdf)
- Imágenes Médicas Diagnósticas. (17 de febrero del 2017). La escasez de radiólogos a nivel mundial. <https://www.grupoimd.com.co/blog/escacezradiologos-mundial/> Kreisman
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. Retrieved from <https://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deepconvolutional-neural-networks.pdf>
- Lowe, D. (2004). Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. Retrieved from: <https://www.cs.ubc.ca/~lowe/papers/ijcv04.pdf>
- Rahman, T., Chowdhury, M.E.H., Khandakar, A., et al. (2020) Transfer Learning with Deep Convolutional Neural Network (CNN) for Pneumonia Detection Using Chest X-ray. Retrieved from <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2004/2004.06578.pdf>
- Rahmat, T., Ismail, A., & Sharifah, A. (2019). Chest X-ray Image Classification using Faster R-CNN. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100405>.
- Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., & Bradski, G. (2011). ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF. Retrieved from [http://www.willowgarage.com/sites/default/files/orb\\_final.pdf](http://www.willowgarage.com/sites/default/files/orb_final.pdf)
- Šarić, M., Russo, M., Stella, M. & Sikora, M. (2019). CNN-based Method for Lung Cancer Detection in Whole Slide Histopathology Images. *2019 4th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)*, 1-4.
- Simonyan, K. & Zisserman, A. (2015). Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. Retrieved from <https://arxiv.org/pdf/1409.1556.pdf>
- Srinivas, M., Debaditya, R., & Krishna M. (2016). Discriminative Feature Extraction from X-Ray Images Using Deep Convolutional Neural Networks. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, pp. 917-921, 10.1109/ICASSP.2016.7471809.

# PÓSTERES

## **Evaluación de un sistema wifi híbrido para la ubicación en interiores mediante la intensidad de la señal (RSSI) y la trilateración entre dispositivos IoT**

Piero Angello Millones-Fache

La presente investigación abarcó la problemática del GPS, la cual es hallar el posicionamiento en entornos de interiores mediante redes inalámbricas. Se emplearon diversas técnicas como *path-loss*, trilateración, RSSI, regresión lineal, *smoothing filter*. Finalmente, se consiguió un sistema híbrido capaz de obtener la posición de un objeto con base en las posiciones de los sensores que se estén utilizando.

### **Evaluation of a Hybrid Wi-Fi Indoor Positioning System Using Received Signal Strength Indicator (RSSI) and Trilateration Between IoT Devices**

The present research addressed a GPS problem, which is to find an indoor positioning through wireless networks. Various techniques such as path loss, trilateration, RSSI, linear regression and smoothing filters were used. Finally, a hybrid system capable of obtaining the position of an object based on the positions of sensors being used was achieved.

# Evaluación de un sistema wifi híbrido para la ubicación en interiores mediante la intensidad de la señal (RSSI) y la trilateración

entre dispositivos IoT  
 Piero Angello Millones-Fache  
 20152093@aloe.ulima.edu.pe

## Resumen

La presente investigación abarcó la problemática del GPS, que consiste en hallar el posicionamiento en entornos de interiores mediante redes inalámbricas. Se empleó diversas técnicas, como path-loss, trilateración, RSSI, regresión lineal y smoothing filter. Finalmente, se consiguió un sistema híbrido capaz de obtener la posición de un objeto en base a las posiciones de los sensores que se estén utilizando.

## Introducción

- La herramienta más utilizada para el posicionamiento es el GPS. Sin embargo, este tiene una deficiencia en entornos de interiores debido a las interferencias de las edificaciones (Sadowski y Spachos, 2018).
- Según la investigación realizada por Abdulkarim et al. (2019), se empleó un sistema de posicionamiento en interiores mediante wifi utilizando las herramientas que nos provee nuestro celular como el giroscopio, la conexión wifi. Se empleó este mecanismo para obtener una mejor precisión al momento de hallar la posición del objeto.
- Según Gabriel et al. (2018), investigaron que la manera de emplear un sistema de posicionamiento en interiores es la utilización de redes inalámbricas y de técnicas basadas en la distancia como la triangulación, trilateración y fingerprinter.

## Metodología

La metodología empleada consta de 3 fases generales:

### Primera fase:

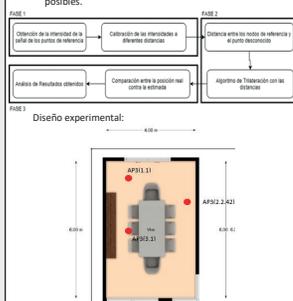
- Se realizó y programó el código (sensores).
- Se calibró los sensores para la obtención de la distancia en base al path-loss con la regresión lineal.

### Segunda fase:

- Se tomó las distancias entre los nodos con el nodo a ubicar.
- Se realizó el algoritmo de trilateración con dichas distancias obtenidas.

### Tercera fase:

- Se realizó una comparación con las ubicaciones reales contra las ubicaciones estimadas del sistema.
- Se analizó los resultados y se realizó las mejoras posibles.



## Resultados

### Fase 1:

- Se realizó el código y se subió en los sensores. Con la regresión lineal Least Square Curve Fit se obtuvo:  $d = 10 * ((r + RSSI) / (10 * n))$ . Esta medición se realizó por cada uno de los sensores y se obtuvieron las siguientes constantes. (Se realizaron 100 tomas por sensor).

Tabla 1. Constantes halladas después de la regresión

Indicador	AP1	AP2	AP3
A	0,0058	0,0108	0,0176
n	-0,11	-0,1	-0,084
R2	0,7759	0,7417	0,4369

Fuente: Elaboración Propia

### Fase 2:

- Se realizó una toma de distancia y las coordenadas, y se empleó la trilateración.

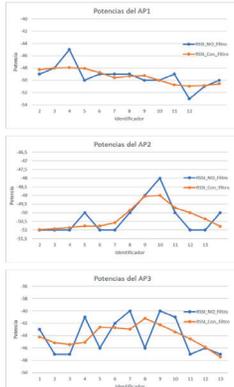
Tabla 1. Distancia Reales vs distancia Estimadas con el error entre ejes (metros)

Posición Real	Posición Estimada	Error Posición(x)	Error Posición(y)
(1,2)	(1,55;1,9)	0,53	0,1
(1,3)	(1,54;2,98)	0,54	0,02
(2,3)	(1,2;2,8)	0,8	0,2
(2,2)	(1,76;2,33)	0,24	0,33
(2,1)	(1,9;0,8)	0,1	0,2
(3,2)	(3,47;2,36)	0,47	0,36
(3,3)	(2,93;3,15)	0,07	0,15

Fuente: Elaboración Propia

### Fase 3:

- Se implementó el filtro smoothing signal para normalizar las intensidades



## Resultados

### Fase 3:

- Comparación entre las distancias obtenidas y las distancias físicas del escenario.

Tabla 1. Distancia Real vs distancia Estimada con el error

	RSSI	Distancia Estimada(m)	Distancia Real(m)	Error (m)
AP1	-49	1,27	1,3	0,03
	-56	2,75	2	0,75
	-55	2,46	2,4	0,06
	-40	0,47	1	0,53
	-40	0,47	1	0,53
AP2	-53	1,97	2	0,03
	-51	1,58	1,7	0,12
	-50	1,6	1,8	0,2
	-52	1,96	2,4	0,44
	-56	0,8	1	0,2
AP3	-43	0,8	1,2	0,4
	-49	1,45	1	0,45
	-54	2,39	2,5	0,11
	-54	2,39	2,4	0,01
	-44	0,71	0,8	0,09
AP3	-37	0,39	0,5	0,11
	-50	1,17	0,6	0,57
	-59	2,5	2,7	0,2
	-51	1,29	1,2	0,09
	-53	0,28	0,4	0,12
-40	0,51	0,7	0,19	

Fuente: Elaboración Propia

## Conclusiones

- Se implementó y creó un sistema alternativo para el posicionamiento en interiores utilizando la intensidad de la señal por medio del wifi.
- Asimismo, se pudo realizar un sistema con un presupuesto mínimo y accesible.
- Finalmente, se llegó a cumplir el objetivo principal de crear un sistema híbrido para ambientes de interiores y que sea factible en cualquier ámbito de interiores utilizando la metodología propuesta en este trabajo de investigación.

## Trabajos futuros y recomendaciones

- El sistema propuesto se tendría que seguir probando en ambientes más grandes, es decir, con más cuartos en el escenario.
- Se estima que con el aumento de sensores en el sistema, el error de dicho sistema disminuirá en un gran porcentaje.
- La utilización de filtros más robustos y complejos como el filtro de Kalman.
- Se recomienda utilizar el sistema con personas que estén transitando en el escenario.
- Asimismo, se estima que la posición en donde se coloquen los sensores será clave para que la interferencia obtenida reduzca o cambie.
- Finalmente, la creación de una aplicación amigable para el rastreo en tiempo real del objeto.

## Referencias

Abdulkarim, H. D., y Sarhang, H. (2019). Normalizing RSS Values of Wi-Fi Access Points to Improve an Integrated Indoor Smartphone Positioning Solutions. In *Proceedings of the 5th International Engineering Conference, IEC 2019* (pp. 171-176). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/IEC47844.2019.8950559>

Baral, S., Biswas, D., y Sau, B. (2018). Estimate distance measurement using NodeMCU ESP8266 based on RSSI technique. *2017 IEEE Conference on Antenna Measurements and Applications, CAMA 2017, 2018-January* (December 2017), 170-173. <https://doi.org/10.1109/CAMA.2017.8273392>

Jaramillo, G. A., Andrés, J., y Naranjo, M. (2018). Análisis de las tecnologías utilizadas en sistemas de posicionamiento de interiores, 86. Retrieved from <http://dspace.ulima.edu.pe/bitstream/33000/10253/1/UDLA-EC-TI-RI-2018-26.pdf>

Maghdid, S. A., Maghdid, H. S., Hmásalah, S. R., Ghalloob, K. Z., Saáiq, A. S., y Khan, S. (2019). Indoor human tracking mechanism using integrated onboard smartphones Wi-Fi device and inertial sensors. *Telecommunication Systems, 74*(3), 447-458. <https://doi.org/10.1007/s11236-018-0517-2>

Sadowski, S., y Spachos, P. (2018). RSSI-Based Indoor Localization with the Internet of Things. *IEEE Access, 6*, 30149-30161. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2843325>

## Agradecimientos

Agradezco el apoyo de los profesores de la Universidad de Lima, ya que cada uno brindó a su manera su conocimiento para la realización de este trabajo de investigación. En especial a mi asesor Carlos Torres y a mi profesor del curso de tesis Daniel Cárdenas.

Asimismo, agradezco a mi familia por el empuje para terminar esta investigación y el apoyo emocional que siempre estuvo presente.



## Videojuegos educativos enfocados a la enseñanza de ciberseguridad para estudiantes escolares

Miguel Antonio Plácido-Morales

La navegación en internet se ha tornado más insegura para todos con el paso de los años, pero distintas investigaciones en el mundo y en Latinoamérica han evidenciado que dentro de este panorama los jóvenes son objetivos más vulnerables para los atacantes en la red. En nuestro país esto es una realidad que puede ser combatida con el uso de métodos educativos modernos, como los videojuegos.

### Educational Video Games Focused on Teaching Cybersecurity to School Students

Internet browsing has increasingly become unsafe for everyone over the years. In this context, different research projects conducted around the world and in Latin America have shown that young people are the most vulnerable targets for network attackers. In our country, this is a real situation that can be fought by using modern educational methods such as video games.

# Videjuegos educativos enfocados a la enseñanza de ciberseguridad para estudiantes escolares

Miguel Antonio Plácido-Morales  
20141039@aloe.ulima.edu.pe

## Resumen

La navegación en internet se ha tornado más insegura para todos con el paso de los años, pero distintas investigaciones en el mundo y en Latinoamérica han evidenciado que dentro de este panorama los jóvenes son objetivos más vulnerables para los atacantes en la red. En nuestro país esto es una realidad que puede ser combatida con el uso de métodos educativos modernos, como los videojuegos.

## Introducción

En el Perú se estima que casi el 44 % de jóvenes actualmente conectados han sido acosados alguna vez en internet y muchos de estos casos no son denunciados formalmente. La enseñanza de seguridad en la red actualmente no está contemplada en el currículo escolar nacional vigente.

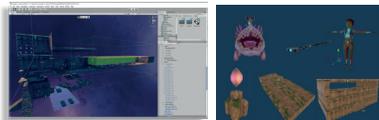
Para combatir este problema se han empleado distintos métodos de enseñanza modernos para brindar a los jóvenes mayor conocimiento acerca de su seguridad personal en la red. Uno de estos métodos es el uso de "Serious Games", que permite a través de videojuegos enseñar a los alumnos contenido educativo.

## Metodología

Para aumentar el conocimiento general sobre la ciberseguridad y la navegación segura en línea de los alumnos se utilizó el marco referencial K12 (específicamente el concepto "Descripción general de redes e Internet") como guía de desarrollo.

Los 3 subtemas principales tratados fueron:

- **Subtema 1:** educar sobre el uso de protección en línea
- **Subtema 2:** reconocer los tipos de informaciones en línea y comportamientos durante la navegación
- **Subtema 3:** enseñar los peligros de los ataques de seguridad en la red

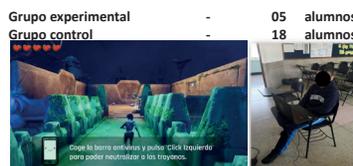


Para el desarrollo del juego se empleó Unity3d junto con assets de libre uso para traer una experiencia de juego con gráficos modernos y con una historia que englobe el contenido educativo sobre la seguridad en la red.



## Resultados

Se evaluará a 2 grupos de alumnos con diferentes cantidades, el primero para probar la efectividad del prototipo y el segundo para evaluar resultados con un incremento en la muestra.



Se les evaluó a través de 2 pruebas: **prueba de entrada** y **prueba de salida**, para poder cuantificar de manera estadística el aprendizaje de los alumnos después de emplear el prototipo.

En los siguientes resultados se muestra el aumento de las respuestas correctas en cada subtema en porcentajes después de que los alumnos emplearan el prototipo en ambos grupos.

	Subtema 1	Subtema 2	Subtema 3
<b>Grupo experimental</b>	47 %	60 %	70 %
<b>Grupo control</b>	37 %	44 %	41 %

## Conclusiones

El videojuego educativo fue evaluado con éxito con 23 alumnos de un grado promedio a tercero de secundaria, además, se obtuvo una mejora en el aprendizaje de ciberseguridad y técnicas de navegación en ambos grupos.

Por otro lado, observamos que al ampliar la muestra esta afecta los resultados, siendo más precisos los que poseen una mayor cantidad de alumnos, lo que puede variar en un mínimo de 10 % y un máximo de aproximadamente 40 % de decremento por subtema según lo que analizamos en los resultados del grupo de control frente al grupo experimental.

## Referencias

Silva, C. S., Barbosa, G. A. R., Silva, I. S., Silva, T. S., Mourão, F., y Courtinho, F. (2017, July 10). Privacy for Children and Teenagers on Social Networks from a Usability Perspective. K-12 Computer Science Framework. (2016). <http://www.k12cs.org>.

Jin, G., Tu, M., Kim, T.-H., Heffron, J., y White, J. (2018, February 21). Game based Cybersecurity Training for High School Students. 68-73.

Ministerio de Educación del Perú. (2016). Currículo Nacional de la Educación Básica. 224.

Kaspersky. (2018). Kaspersky Lab registra un alza de 60 % en ataques cibernéticos en América Latina.

Pardo Angulo, F. E. (2018). Los videojuegos como herramienta pedagógica para contribuir en el fortalecimiento de la competencia resolución de problemas.

## Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia y a mi novia por siempre apoyarme durante toda mi etapa universitaria, a mis amigos y profesores que me inspiraron en hacer una tesis sobre algo que me apasiona y a los videojuegos por ser una parte importante de mi vida.

## Comparación de técnicas de *machine learning* para la detección de *phishing*

Andrés Eduardo Moncada-Vargas

El *phishing* es el robo de datos personales a través de una página web falsa donde se le pide al usuario ingresar sus datos para validar su identidad frente a una supuesta entidad legítima. En este trabajo, se compararon técnicas de *machine learning* y se determinó que la técnica bosque aleatorio es la más efectiva en casos donde las características de las páginas tengan un valor exacto, y árbol de decisión es la más efectiva en casos donde las características hayan sido analizadas y se haya determinado una clasificación en base a dicha característica.

### Comparison of Machine Learning Techniques for Phishing Detection

Phishing is the act of stealing personal data through a false Web page. Users are asked by a supposedly legitimate company to enter their private information in order to verify their identity. This research work compared different machine learning techniques and determined that the random forest technique is the most effective one when the characteristics of the pages have an exact value, and the decision tree is the most effective one when the characteristics of the pages have been analyzed and a classification has been determined based on such characteristics.

# Comparación de técnicas de machine learning para la detección de phishing

Andrés Eduardo Moncada-Vargas  
20152102@aloe.ulima.edu.pe

**Resumen:** El *phishing* es el robo de datos personales a través de una página web falsa donde se le pide al usuario ingresar sus datos para validar su identidad frente a una supuesta entidad legítima. En este trabajo se compararon técnicas de *machine learning* y se determinó que la técnica bosque aleatorio es la más efectiva en los casos en que las características de las páginas tengan un valor exacto y árbol de decisión es la más efectiva en aquellos casos en los cuales las características hayan sido analizadas y se haya determinado una clasificación en base a dicha característica.

## Introducción

El *phishing* es una de las mayores amenazas en la actualidad, siendo la causa de la mayoría de los robos y estafas cibernéticas en los últimos años. Por dicho motivo, se desarrollaron varias técnicas para detectar páginas *phishing*. Con el paso del tiempo, los métodos de crear páginas *phishing* se fueron innovando, por lo que se empezó a usar *machine learning* para la detección de *phishing*. En este trabajo se desarrollará una metodología de comparación de técnicas de *machine learning* para determinar cuál es la mejor en distintos casos. Por ese motivo, se buscará replicar experimentaciones realizadas en el pasado por otros autores, para determinar si los resultados coinciden y realizar una comparación basada en los resultados de otros autores y los obtenidos en esta experimentación.

## Materiales y métodos

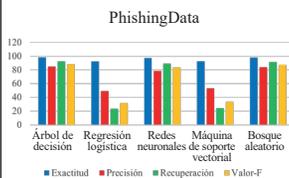
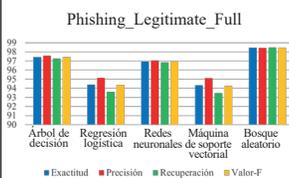
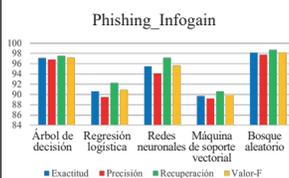
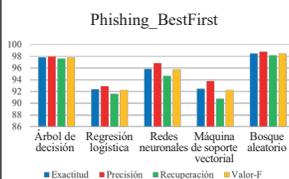
Clasificadores de *machine learning*: árbol de decisión, regresión logística, redes neuronales (perceptrón de multicapas), máquina de soporte vectorial y bosque aleatorio.

Datasets, Phishing\_BestFirst y Phishing\_Infogain, obtenidos de la experimentación de Islam *et al.* (2016), Phishing\_Legitimate\_Full, obtenido de la experimentación de Cuzzocrea *et al.* (2018).

Proceso. Los hiperparámetros de los clasificadores fueron refinados, optimizando los resultados, y se compararon los resultados obtenidos con los vistos en los trabajos de los autores mencionados, para determinar el mejor clasificador en cada caso.

## Resultados

Los resultados obtenidos se muestran en los siguientes gráficos:



Tras analizar los resultados, se observó lo siguiente:

- Los clasificadores de árboles (árbol de decisión y bosque aleatorio) fueron los más efectivos.
- Bosque aleatorio obtuvo mejores resultados que árbol de decisión con cada *dataset*, a excepción del último, PhishingData.
- Regresión logística y máquina de soporte vectorial fueron los menos efectivos al momento de clasificar páginas *phishing*, en comparación con los otros tres clasificadores.

## Conclusiones

Tras investigar técnicas de *machine learning* y distintos casos de uso, se concluye que los clasificadores de árboles tienen un mejor rendimiento en distintas métricas para la clasificación de páginas *phishing*. Aunque se ha comprobado que los métodos de aprendizaje automático pueden ser apropiados para la identificación de sitios web *phishing*, debe considerarse que los procedimientos de análisis deben ser ampliados a nuevos conjuntos de datos para afianzar el universo de casos de uso examinados. En trabajos futuros se espera examinar ese comportamiento.

## Referencias

Chiew, K. L., Tan, C. L., Wong, K. S., Yong, K. S., y Tiong, W. K. (2019). A New Hybrid Ensemble Feature Selection Framework for Machine Learning-Based Phishing Detection System. *Science Direct*, 14. doi: 10.1016/j.ins.2019.01.064

Cuzzocrea, A., Martinelli, F., y Mercado, F. (2018). Applying Machine Learning Techniques to Detect and Analyze Web Phishing Attacks. *ACM Digital Library*, 5. doi: 10.1145/3282373.3282422

Islam Mamun, M. S., Rathore, M. A., Lashkari, A. H., Stakhanova, N., y Ghorbani, A. A. (2016). Detecting Malicious URLs Using Lexical Analysis. *Springer Link*, 16. doi: 10.1007/978-3-319-46298-1\_30



UNIVERSIDAD DE LIMA



## Datos de los autores

### YUGYEONG KIM

Licenciada en Contabilidad por la Universidad de Carolina del Norte. Actualmente cursa una maestría en Ciencia de Datos en la Universidad de Fordham, Nueva York. Sus intereses de investigación incluyen, entre otros, la ciencia de datos, la salud móvil, la detección móvil y el aprendizaje profundo.

### SUDIP VHADURI

Doctor en Ciencias de la Computación e Ingeniería por la Universidad de Notre Dame; magíster en Ciencias de la Computación por la Universidad de Memphis, Estados Unidos; y licenciado en Ciencias e Ingeniería de la Computación por la Universidad de Ingeniería y Tecnología de Bangladesh. Es profesor asistente en el Departamento de Ciencias de la Computación y la Información en la Universidad de Fordham, Nueva York, y miembro de IEEE y de IEEE Computer Society. Sus intereses de investigación abarcan la detección e informática móvil, la salud móvil, la inteligencia artificial y la ciencia de datos.

### CHRISTIAN POELLABAUER

Doctor en Ciencias de la Computación por el Instituto de Tecnología de Georgia. Es profesor en el Departamento de Ciencias de la Computación e Ingeniería de la Universidad de Notre Dame, y miembro de la Facultad del Pulte Institute for Global Development, Estados Unidos. También es director asociado del Lucy Family Institute for Data and Society, y director fundador del Laboratorio de Análisis Aplicado y Tecnología Emergente en Notre Dame. Es miembro sénior de la IEEE Computer Society y ACM. Es autor o coautor de más de ciento setenta publicaciones y un libro de texto sobre redes de sensores inalámbricos que se ha traducido al chino y al persa. Sus intereses de investigación y docencia son los sistemas informáticos móviles y ubicuos, y sus aplicaciones en áreas como la atención médica, las redes vehiculares y la ciberseguridad.

### ALEJANDRO PEÑA-PALACIO

Doctor en Ingeniería por la Universidad Pontificia Bolivariana, y magíster en Ingeniería Informática e Ingeniería Mecánica por la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, con especialización en Ciencia de Datos, Modelamiento Computacional e Inteligencia Artificial. Se enfoca en la creación de nuevos modelos que contribuyen a la toma de decisiones reduciendo el riesgo en operaciones de negocios de las organizaciones, y busca integrar el análisis científico con las empresas líderes en el mundo.

### RENAUD RICHARD

Magíster en Liderazgo Estratégico dirigido a la Sostenibilidad por el Instituto de Tecnología Blekinge, Suecia. Es consultor y facilitador independiente/interdependiente. Sus principales campos de competencia son el enfoque estratégico y sistémico hacia la sostenibilidad, la facilitación de procesos colaborativos e innovadores, la creatividad y el pensamiento fuera de la caja. Es codirector de El Paso Natural en Francia (cinco años), desarrollador de contenidos y administrador internacional de proyectos de pruebas sostenibles de alfabetización. Es funcionario de proyecto del Secretariado de la Carta Internacional de la Tierra (un año).

### ALFREDO ESTRADA

Doctor en Educación por la Universidad de San Martín de Porres (USMP), doctor (c) en Administración por la Universidad Ricardo Palma, magíster en Alta Dirección por la Universidad Rey Juan Carlos, máster en Dirección del Comercio Internacional por ESIC, maestro en investigación por la USMP, abogado por la Universidad de Lima. Tiene un posgrado en Logística por la Universidad ESAN. También es formador certificado en Educación Modalidad Dual por la Cámara Alemana, director del Centro de Sostenibilidad de la Universidad de Lima, responsable del Grupo de Investigación Global Business Research IDIC por la Universidad de Lima, *project manager* del Proyecto Internacional “Change The Climate” Programa Erasmus, miembro del Anti-Poverty Working Group del PRME, coordinador de la Red Internacional de Investigación y *track chair* de Responsabilidad Social de CLADEA. Es miembro de la Academy of International Business e investigador en sostenibilidad, globalización y educación.

### JOSÉ LUIS PONCE-VERGARA

Candidato a doctor en Ingeniería de Sistemas por la Universidad Nacional de Ingeniería. Magíster en Ingeniería de Sistemas por la Universidad Nacional de Ingeniería. Ingeniero industrial CIP por la Universidad Nacional de Ingeniería (primer puesto de la promoción “Waldo Rodríguez Franco”). Con estudios de maestría en telecomunicaciones, se ha desempeñado en planeamiento y gestión de tecnología de información, modelamiento y desarrollo de sistemas de información y administración de plataformas y *software* en importantes empresas privadas,

como el grupo CARSA, Banco Wiese, IBM, Axxess Financial y Global Business Solutions. Cuenta con varias certificaciones internacionales de *software*, entre las cuales están las de IBM (RUP, SOA, Base de Datos), Oracle (Cloud Computing, Base de Datos) e ISACA (Auditoría Informática). Es profesor de pregrado y posgrado en la Universidad Nacional de Ingeniería y la Universidad Pedro Ruiz Gallo. Ha publicado artículos de investigación en congresos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y la Universidad de Lima.

### KADÚ JOSEP ALTAMIRANO-DE-LA-BORDA

Ingeniero de Sistemas titulado por la Universidad Católica de Santa María. Egresado de la Maestría en Administración de Negocios de la Universidad Internacional de La Rioja, México, y estudiante de la maestría de Gestión Pública en la UPC. Cuenta con certificaciones internacionales como PECB Certified ISO/IEC 27032, gerente líder de Ciberseguridad y PECB 234 Certified ISO/IEC 27001, implementador líder de Seguridad de la Información. Con experiencia en desarrollo de *software*, optimización de procesos, gestión de proyectos de TI, implementación de sistemas de seguridad de la información y gestión de servicios de TI en los sectores públicos y privados, con énfasis en el ámbito financiero. Actualmente se desempeña como especialista de mensajes financieros en el Banco Central de Reserva del Perú.

### YANA GONCHAROVA

Doctora en Literatura Rusa por la Universidad Estatal de Pyatigorsk, Rusia, y con grado de especialización en Redacción Creativa y Traducción Literaria por la misma casa de estudios. Actualmente cursa un doctorado en Arquitectura, Diseño Industrial y Heredad Cultural en la Universidad de Campania Luigi Vanvitelli, Italia, en donde investiga la imagen de este país en la cultura rusa entre los siglos XIX y XX. Sus intereses comprenden la literatura y cultura rusa, la historia de los contactos interculturales entre Rusia e Italia, la traducción literaria, la educación y la lingüística.

### TATYANA SAVCHENKO

Candidata a doctora en Ciencias Filológicas; graduada en la Enseñanza de Ruso como Idioma Extranjero y en Filología Rusa por la Universidad Estatal de Kuban. Es profesora asociada en las cátedras de Lingüística, Filología Rusa, Literatura y Periodismo, además de dar clases en la Educación Secundaria Vocacional. Funcionaria del laboratorio científico y de investigación Lenguaje Ruso en el Cáucaso del Norte. Ha publicado una serie de artículos en revistas científicas rusas y extranjeras listadas en el conjunto internacional Scopus. Su área de competencia incluye estudios y métodos para la enseñanza del lenguaje y literatura rusos en la secundaria, y del ruso como idioma extranjero, así como los logros y fortalecimiento de la lengua rusa como medio de diálogo intercultural e interétnico en el mundo contemporáneo globalizado.

### **OLGA SHEVELEVA**

Magíster en Análisis y Gestión de Sistemas por la Universidad Estatal de Dubná. Es estudiante de doctorado en la misma casa de estudios, donde su esfera de investigación es el desarrollo de un sistema de gestión inteligente de competencias en el campo de las tecnologías de la información.

### **IULIA ZUBCOVA**

Estudiante del doctorado en Literatura Rusa en la Universidad Estatal de Pyatigorsk, Rusia. Especializada en Redacción Creativa y Traducción Literaria por la misma universidad, donde es profesora del idioma ruso. Su área de intereses científicos abarca el estudio de textos del Cáucaso contemporáneos en la literatura rusa, así como la metodología lingüística y para la enseñanza de idiomas.

### **LEIDY MARCELA DUEÑAS-RAMÍREZ**

Ingeniera mecánica por la Universidad Industrial de Santander, magíster en Ingeniería graduada con mención de honor en Mantenimiento Industrial por la Universidad EAFIT. Es coordinadora del Semillero de Investigación en Mantenimiento de EAFIT-SIME. Actualmente, es catedrática de la Universidad EAFIT y ha enfocado sus investigaciones en el área de gestión del mantenimiento e industria 4.0. Le apasiona la ciencia y el trabajo en equipo que permita crear soluciones para la sociedad y el entorno que la rodea, especialmente en las pequeñas y medianas empresas. Ha obtenido varios reconocimientos entre los que se destacan la competencia de #IOPPposter organizada por IOP Publishing en la categoría de Ingeniería y el primer lugar en la Feria de Semilleros de EAFIT 2020, en la categoría de Tecnologías Convergentes e Industria 4.0, Ciudades y Sostenibilidad.

### **GUSTAVO ADOLFO VILLEGAS-LÓPEZ**

Doctor ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Valencia (1999), ingeniero mecánico por la Universidad EAFIT (1992) y profesor de tiempo completo en la misma casa de estudios desde 1993. Tanto la docencia como la investigación las ha centrado en el campo del mantenimiento con énfasis en aspectos humanos, cambios culturales y organizativos. Disfruta emprender proyectos nuevos en los que puede combinar su experiencia junto con su creatividad y orientar grupos de trabajo. Actualmente se desempeña como jefe del pregrado de Ingeniería Mecánica de la Universidad EAFIT. Ha recibido diferentes premios entre los que se destacan el Premio ACIEM a la Ingeniería de Mantenimiento 2016, Asociación Colombiana de Ingenieros Electricistas, Mecánicos y Electrónicos (ACIEM), y el Premio ACOFI 2002, Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

### SEBASTIÁN CASTIBLANCO-TIQUE

Estudiante de Ingeniería Mecánica desde el 2017 en la Universidad EAFIT, Colombia. Es director de Gestión Humana del Comité Interno de Ingeniería Mecánica de la Organización Estudiantil para el año 2020. Monitor de diversas materias del pregrado de Ingeniería Mecánica como Geometría Descriptiva, Mecánica de Fluidos y Dinámica. Recibió el premio al mejor director de gestión humana de comités de carrera de la Organización Estudiantil de EAFIT para el año 2020; asimismo, fue ganador de la competencia #IOPPposter organizada por IOP Publishing en la categoría de Ingeniería y obtuvo el primer lugar en la Feria de Semilleros de EAFIT 2020, en la categoría de Tecnologías Convergentes e Industria 4.0, Ciudades y Sostenibilidad. Es líder del área TCT (Tolvas Camioneras Tanques) del grupo empresarial Cardinal Weighing Colombia desde el año 2020.

### CARLOS ANDRÉS CASTAÑO-RESTREPO

Estudiante de Ingeniería Mecánica desde el 2017 en la Universidad EAFIT, Colombia. Es director del Comité Interno de Ingeniería Mecánica de la Organización Estudiantil para el año 2020 y monitor investigativo de la maestría en ingeniería en proyectos relacionados con la detección de motivación en el proceso de aprendizaje a partir de parámetros de la postura y la activación muscular en la virtualidad. Fue ganador de la convocatoria y participante del Semillero de Talentos y Tecnología de Bancolombia para el período 2019-1. Recibió el premio al mejor director general de comités de carrera de la Organización Estudiantil de EAFIT para el año 2020, y fue ganador de la competencia #IOPPposter organizada por IOP Publishing en la categoría de Ingeniería y obtuvo el primer lugar en la Feria de Semilleros de EAFIT 2020, en la categoría de Tecnologías Convergentes e Industria 4.0, Ciudades y Sostenibilidad.

### GONZALO BARDÁLEZ-TRIGOSO

Estudiante del noveno ciclo de la carrera de Ingeniería de Tecnologías de la Información y Sistemas de la Universidad ESAN. Es un apasionado por la inteligencia artificial y la ciencia de datos.

### JEAN PABLO BAZÁN-ARZAPALO

Estudiante del octavo ciclo de la carrera de Ingeniería de Tecnologías de la Información y Sistemas en la Universidad ESAN. Es un apasionado por seguir aprendiendo acerca de Python, inteligencia artificial y, últimamente, la ciencia de datos.

### JUNIOR FABIÁN

Candidato a doctor en el Centro de Visión por Computadora de la Universidad Autónoma de Barcelona, España; magíster en Ciencia de la Computación por el Instituto de Computación de la Universidad Estatal de Campinas, Brasil; bachiller en Ciencias de la Computación

por la Universidad Nacional de Trujillo. Es investigador en las áreas de visión artificial, reconocimiento de patrones e inteligencia artificial, con énfasis en recuperación de imágenes, detección de objetos, reconocimiento y comprensión de escenas. Actualmente, es docente en la Pontificia Universidad Católica del Perú (posgrado), la Universidad ESAN (pregrado y DPA) y la Universidad del Pacífico; y consultor en Data Mining Consulting.

#### PEDRO MONTENEGRO

Estudiante del noveno ciclo de la carrera de Ingeniería de Tecnologías de la Información y Sistemas en la Universidad ESAN, con experiencia en desarrollo de aplicaciones de realidad virtual y aumentada. Ha sido ganador de la Beca Iberoamérica Santander Grado Perú 2018, por la que realizó estudios en la Universidad Complutense de Madrid, España. Asimismo, ha sido ponente en la Conferencia Internacional SIMBig 2020, donde presentó un artículo relacionado con la multclasificación y detección de vehículos y sus respectivas matrículas de rodaje en el contexto latinoamericano.

#### PEDRO JESÚS GUZMÁN-RAMOS

Bachiller en Ingeniería de Tecnologías de la Información y Sistemas por la Universidad ESAN. Actualmente trabaja como analista Full Stack en desarrollo móvil y web. Cuenta con publicaciones como “Análisis de publicaciones en redes sociales para empresas utilizando inteligencia artificial” (doi: 10.17706/jcp.14.3.223-231) y “Bag of Embedding Words for Sentiment Analysis of Tuits” (ISSN 1996-1952).

#### WILFREDO MAMANI-TICONA

Magíster en Ingeniería Eléctrica por la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro, Brasil (PUC-Rio); ha trabajado durante cinco años en proyectos de investigación y desarrollo de *software* en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la PUC-Rio. Actualmente, es profesor investigador de la Universidad ESAN y de la Universidad Tecnológica del Perú (UTP). Es revisor de la *Revista Científica Andina-Science y Humanities*. Cuenta con publicaciones en la revista *IEEE* (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

#### KEICO ANAVELA HEREDIA-MENOR

Bachiller en Ingeniería de Tecnologías de Información y Sistemas en la Universidad ESAN.

#### ENRIQUE EDGARDO CONDOR-TINOCO

Egresado del doctorado en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional Federico Villarreal, es magíster en Docencia Universitaria por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Es secretario general, director de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas y director de la Dirección General de Investigación de la Universidad Nacional José María

Arguedas. Actualmente está enfocado en investigaciones con *big data* y minería de datos. Como docente tiene el objetivo de que los estudiantes disfruten del aprendizaje con ejemplos reales y prácticos.

### JOSÉ ANTONIO ROJAS-CUSI

Estudiante de pregrado de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional José María Arguedas. Cuenta con una gran disposición a aprender y adaptarse con el propósito de mejorar su formación, adquirir experiencia y desarrollo personal y profesional. Tiene amplio interés en el mundo de la programación y posee habilidades en la programación con Python y Java. Está interesado en la ciencia y la tecnología para realizar investigaciones en beneficio de su región.

### ANTHONY ZEVALLOS-RODRÍGUEZ

Estudiante de pregrado de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional José María Arguedas.

### CARLOS YINMEL CASTRO-BULEJE

Magíster en Ciencias con mención en Gerencia en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, es ingeniero de sistemas de profesión, egresado de la Universidad Nacional José María Arguedas. Actualmente prioriza la investigación en la visión computacional, minería de datos, así como en el *machine learning*. También ejerce la docencia en la Universidad Nacional José María Arguedas, en la Facultad de Ingeniería, ITEC Perú y en diversos centros de capacitación y formación en TI y comunicaciones.

### MIGUEL A. DEL-PINO

Candidato a magíster en Ciencias Aplicadas en Ingeniería Industrial por la Universidad de Concordia, Canadá; y bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Es asistente de investigación en el Laboratorio de Riesgo de Sistemas en la Universidad de Concordia. Estudia aplicaciones de ingeniería para cuestiones de sostenibilidad, como la igualdad de género, pobreza y gobernanza con el fin de contribuir al desarrollo humano y el empoderamiento de la comunidad. Su investigación actual tiene como objetivo encontrar maneras de analizar la conversación en línea sobre temas de sostenibilidad e integrar los hallazgos en un marco analítico de toma de decisiones.

### AREZO BODAGHI

Candidata al doctorado en Ingeniería de Sistemas e Información por la Universidad de Concordia, Canadá; magíster en Ingeniería Industrial y licenciada en Matemáticas Puras por la Tarbiat Modares University, Irán. Es asistente de investigación en el Laboratorio de Riesgo

de Sistemas de la Universidad de Concordia. Estudia técnicas para mitigar la propagación de información relacionada con la salud en las redes sociales. Se interesa por el análisis de redes sociales, el aprendizaje automático y la minería de texto. Actualmente trabaja en la aplicación de técnicas de aprendizaje profundo para detectar y minimizar la difusión de información errónea del COVID-19 en Twitter.

#### **PIERRE WATINE**

Estudiante de pregrado en la Universidad de Concordia, Canadá, de la que se graduará en Ingeniería de Software (Co-op) en el 2021. Es miembro del Laboratorio de Riesgo de Sistemas de la Universidad de Concordia, donde estudia ciberseguridad. Se interesa en criptoprotocolos, aprendizaje automático, análisis de redes sociales, metadatos y seguridad de redes. Actualmente trabaja en la aplicación de técnicas para detectar similitudes entre comunidades de blogs.

#### **KETRA SCHMITT**

Doctora en Ingeniería y Política Pública, magíster en Estadística por la Universidad Carnegie Mellon; y bachiller en Ciencias y Políticas Ambientales por la Universidad de Duke, Estados Unidos. Es profesora asociada en el Centro de Ingeniería Social en la Universidad de Concordia, Canadá. Estudia temas de política sujetos a incertidumbre significativa científica, social y ética. Aplica su competencia en ingeniería y política pública a problemas en la intersección de la tecnología, gobernanza y comportamiento humano. Su trabajo, que aplica métodos sistemáticos y modelos basados en los agentes involucrados en salubridad, terrorismo, lenguaje de odio y gobernanza en internet, ha sido usado como información para la política de agencias federales como Asuntos Globales de Canadá, así como el Departamento de Seguridad Interior y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

#### **EMERSON LOA-NAVARRO**

Estudiante del pregrado de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional José María Arguedas. Está interesado en la investigación sobre ciencia de los datos y tiene habilidades en programación con Python y Java.

#### **JOSUÉ ALEXI HUARCAYA-CCOICCA**

Estudiante del pregrado de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional José María Arguedas. Posee habilidades en programación con Python, C, C++.

#### **JHONATAN CAMASCA**

Bachiller en Ingeniería de Tecnologías de la Información y Sistemas por la Universidad ESAN, ha trabajado durante dos años en proyectos de investigación en los campos de Computer

Vision y Natural Language Processing. Actualmente es RPA *developer* de Indra Perú. Ha participado en dos concursos a nivel internacional (comunidad hispana), quedando en uno de ellos en primer lugar con una solución construida con inteligencia artificial. Además, cuenta con una publicación en Springer.

#### MARKS CALDERÓN-NIQUIN

Magíster en Ciencias con mención en Sistemas Inteligentes por el Tecnológico de Monterrey, México; es ingeniero informático y bachiller en Ciencias de la Computación por la Universidad Nacional de Trujillo. Asimismo, es profesor en la Universidad ESAN en el programa de Ingeniería de Tecnologías de Información y Sistemas.

#### PIERO ANGELO MILLONES-FACHE

Bachiller en Ingeniería de Sistemas por la Universidad de Lima, con experiencia en el mundo tecnológico y en las nuevas tecnologías disruptivas. Su área de interés se ubica en los servicios de Cloud para los clientes y en la creación de soluciones que aprovechan las nuevas tecnologías.

#### MIGUEL ANTONIO PLÁCIDO-MORALES

Estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Lima. Se interesa en el desarrollo de videojuegos y ciberseguridad. Se enfoca en la resolución de problemas para los negocios.

#### ANDRÉS EDUARDO MONCADA-VARGAS

Bachiller en Ingeniería de Sistemas por la Universidad de Lima. Se interesa en temas de ciberseguridad e inteligencia artificial. Fue analista comercial en la empresa Purple BTL y se desempeña como analista desarrollador en la Compañía de Transportes Austral Group S. A. C. Posee habilidades de programación en Python.



UNIVERSIDAD  
DE LIMA

Han pasado ya varios meses desde que la pandemia ocasionada por el virus del SARS-CoV-2 instauró una nueva normalidad, donde las tecnologías son más vitales que nunca para las actividades humanas. En este escenario el III Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas (CIIS 2020), liderado por la Universidad de Lima, propicia el debate académico actual sobre las tecnologías de la información.

El CIIS 2020 presenta artículos académicos de especialistas nacionales e internacionales, enfocados en cómo las tecnologías de la información pueden ayudar a lograr un mundo más inteligente y sostenible. Trata temas como el uso del *big data* en las redes sociales para generar estimaciones aproximadas de la pobreza en tiempo real, o para conocer más sobre el impacto social que ha producido la paralización de la economía a causa de la pandemia. También se examinan las técnicas de *machine* y *deep learning*, utilizadas para la detección de patógenos, incluido el virus del SARS-CoV-2 y de otras enfermedades que afectan a países en desarrollo como el nuestro. Se aborda, además, el uso de la tecnología para la mejora de cultivos, entre otros aspectos que son de sumo interés en esta coyuntura.

Pensar sobre el impacto de las tecnologías de la información en la sostenibilidad del planeta es necesario para lograr un mundo mejor. Desde esta perspectiva, conseguiremos enfrentar los desafíos actuales, así como prevenir o minimizar los efectos de los que puedan surgir en el futuro.