

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**



**SISTEMA CON RECONOCIMIENTO FACIAL GEOLOCALIZADO  
PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LOS VIGILANTES EN UNA  
EMPRESA DE SEGURIDAD EN CHICLAYO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**AUTOR**

**JOSUE GERARDO DELGADO MARTINEZ**

**ASESOR**

**MARLO EUGENIO VILCHEZ RIVAS**

<https://orcid.org/0000-0003-2979-0731>

**Chiclayo, 2021**

**SISTEMA CON RECONOCIMIENTO FACIAL  
GEOLOCALIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE  
LOS VIGILANTES EN UNA EMPRESA DE SEGURIDAD EN  
CHICLAYO**

PRESENTADA POR  
**JOSUE GERARDO DELGADO MARTINEZ**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

APROBADA POR

Huiler Juanito Mera Montenegro  
PRESIDENTE

Jury Yesenia Aquino Trujillo  
SECRETARIO

Marlon Eugenio Vilchez Rivas  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser mi guía y ayudarme en todo momento.  
A mis padres y hermana, que son los que siempre han confiado en mí y por todo el amor que me han dado.  
A todas las personas que me apoyaron moralmente durante la vida universitaria.

## **Agradecimientos**

A mi familia, por el apoyo brindado durante toda la etapa universitaria.  
A ambos asesores de tesis que tuve durante todo el proceso de elaboración, por su apoyo, guía y mentoría.  
A la empresa en estudio, por la oportunidad, y a todo el personal de la misma por su colaboración y apoyo en todo lo solicitado

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>6</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>8</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>15</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>18</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>29</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>30</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>30</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>34</b>

## Resumen

Esta investigación aborda la problemática de una empresa de seguridad que estaba en necesidad de mejorar el proceso operativo de monitoreo de los vigilantes que laboran en las empresas clientes. Ante esto, se llevaron a cabo tareas para determinar qué factores estaban generando ineficiencia en ellos, determinando como factores principales que existían demoras, errores en el envío de fotos y que en algunos casos estos no se reportaban, los cuales principalmente eran causados por la forma y las herramientas que se estaban utilizando. Entendiendo eso, se procedió a realizar un producto acreditable de software que lograra cumplir con las tareas que la organización exige y que fuese seguro y confiable. Para la realización del sistema se utilizó la metodología RUP, pues permitió analizar la situación problemática y diseñar e implementar la solución brindada. Este, estuvo compuesto por un aplicativo web y otro móvil, en el cual se hace uso de reconocimiento facial geolocalizado para poder autenticar y evitar errores en el envío de reportes y de asistencias. El software, fue evaluado de acuerdo a tres criterios de la ISO 25000, adecuación funcional, seguridad y fiabilidad en los cuales se obtuvo un alto grado de cumplimiento. Y, por último, se validó el mismo con los usuarios finales, siguiendo el estándar TAM, obteniendo un alto grado de aceptación de la tecnología, pues los consultados determinaron que el sistema es fácil de usar y muy útil.

**Palabras clave:** Reconocimiento facial, redes neuronales convolucionales, geolocalización, aplicación informática, informática y desarrollo.

## Abstract

This investigation takes into account the need of improving that a physical security company had in regards to their process of monitoring and controlling the activities of the security staff the provide to their clients. In addition to that, activities were carried out in order to determine what where the main factors that were generating inefficiency in it. These were delays, errors in the sending of photos and the lack of reporting of some of the staff, mainly caused by the way they were executing the process and the tools they were using for it. With that knowledge, a software product that met with the organization's requirements and that was also trustworthy and secure, was developed. For the development of it, RUP methodology was used because it allowed us to analyze the problem and at the same time design and implement the software solution. The software was composed of web app and a mobile app, on which geolocated face recognition was applied to authenticate the security staff assistance and reports and reduce the errors that they were making. The software was evaluated according to three criteria given by ISO 25000, functional adequation, security and reliability, on which the software had a high level of compliance. And lastly, to validate user's acceptance of the solution, TAM was applied, obtaining as results that users found that the developed system was very easy to use and very useful.

**Keywords:** Face recognition, convolutional neural network, geolocation, computer application, computers and development.

## Introducción

Brindar seguridad sigue siendo uno de los grandes desafíos de los gobiernos a nivel nacional e internacional. Actualmente el crimen y la violencia representan uno de los temas sociales que más preocupa a la sociedad peruana y otros países del mundo [1]. Las organizaciones como tal se ven afectadas por su entorno, por lo tanto, también se ven amenazadas por este fenómeno de la criminalidad. Este problema, genera la necesidad a las empresas de invertir en seguridad privada y como tal, la demanda de otras que brindan el servicio, como la que está en estudio en esta investigación.

En el Perú, según el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) 28 de cada 100 empresas se vieron afectadas por la delincuencia en al menos una ocasión, entre el 2017 y 2018 [2]. Igualmente, en el año 2018, las actividades de servicios administrativos y de apoyo tuvo un incremento del 3.67%, el cual fue principalmente impulsado por actividades relacionadas al servicio de seguridad privada que estas empresas mencionadas brindan [3].

En el departamento de Lambayeque, según SUCAMEC [4] hay 135 empresas de seguridad vigentes y autorizadas, lo cual demuestra que hay bastante competencia en el sector. Es por ello que la organización en estudio, debe mantenerse competitiva y mejorar constantemente sus procesos internos, para poder ser parte del conglomerado que está en crecimiento.

La empresa, por el rubro al que se dedica, requiere tener un control cauteloso sobre las actividades de sus vigilantes. Ante esto, ponen en marcha mecanismos que permiten realizar esta tarea, sin embargo, los procedimientos se realizan manualmente, lo cual limita la eficiencia del proceso. Si bien es cierto, se auxilian de algunas herramientas tecnológicas, durante el proceso se identifican demoras en algunas actividades, susceptibilidad al engaño por parte de algunos colaboradores, descentralización de la información e interrupciones a las actividades de los operadores de control.

Por consiguiente, entendiendo el contexto y la realidad de la organización, nos formulamos la siguiente pregunta ¿de qué manera se puede mejorar el proceso de monitoreo y control del personal de vigilancia de la empresa en estudio?

Es por ello que se decidió, basándonos en la necesidad de la empresa y la oportunidad que esto presentaba, realizar una investigación aplicada y de desarrollo tecnológico para identificar de manera concreta que factores afectaban el desarrollo de ese proceso para así poder brindar una solución. Para esto, se planteó como objetivo general implementar un sistema web y móvil basado en geolocalización y reconocimiento facial para el monitoreo y control de los vigilantes en una empresa de seguridad en Chiclayo.

De la misma manera, se establecieron los siguientes objetivos específicos: determinar los factores que causan ineficiencia en el proceso de seguimiento y monitoreo de los vigilantes, implementar las técnicas en necesarias para el correcto funcionamiento de un sistema de reconocimiento facial, implementar una herramienta en plataforma web y móvil según las necesidades del usuario, aplicando la geolocalización y el proceso de reconocimiento facial y, por último, validar el grado de aceptación de la tecnología implementada por parte de los usuarios.

La investigación se justifica desde una perspectiva tecnológica porque a lo largo de los años las tecnologías que nos brindan las ciencias como la inteligencia artificial y la visión

computacional han ido evolucionando y mejorando sus rendimientos gracias al avance progresivo de las computadoras. Estas ciencias mencionadas tienen diversas áreas de aplicación, entre ellas la seguridad. Por lo que, en la presente investigación se realiza la integración de estas tecnologías mencionadas junto a la geolocalización para poder mejorar todo el proceso de monitoreo y control que se realiza actualmente en la organización.

Asimismo, en la empresa en estudio, el 100% de los vigilantes cuenta con un dispositivo móvil con conexión a internet durante sus turnos de trabajo, ya que la empresa les brinda uno; y en la oficina de centro de control igualmente se cuenta con computadoras con conexión a internet, los cuales permiten optar por soluciones que puedan aprovechar esta infraestructura.

El avance de los smartphones y la implementación de sensores en ellos permiten recopilar información adicional sobre los usuarios. En este caso nos beneficiamos de esto dado que se puede hacer uso de los sensores móviles para poder geolocalizar mediante ellos a sus portadores. También, ha habido un avance progresivo con respecto a la calidad de las cámaras móviles [5]. Actualmente encontramos en el mercado dispositivos, que entran en la categorización de gama baja, con cámaras traseras de hasta 13 megapíxeles; frontales, de hasta 8. Lo cual permitirá tener un medio de obtención de imágenes que permita el cumplimiento de requisitos de la investigación.

El uso del cloud computing o VPS (servidores privados virtuales) y el acceso a internet también nos brinda la posibilidad de procesar información en servidores externos a nuestros terminales [6], liberando esta carga de ellos y reduciendo las características mínimas necesarias para el correcto funcionamiento de soluciones de software. Esto da la posibilidad a organizaciones de hacer uso de algoritmos de inteligencia artificial, sin tener el equipo de alto costo computacional en posesión [6] [7], en aplicativos como el que se realiza en esta investigación.

Por otra parte, se justifica financieramente porque no representa una inversión alta para la organización, gracias a las tecnologías que hay actualmente en el mercado, pues como se menciona antes, los vigilantes ya cuentan con dispositivos móviles de la empresa. De igual manera, tanto las herramientas de pago, como las de código abierto pueden ser utilizadas para la realización de este proyecto. Y, por último, los costos involucrados son justificables pues se espera que tenga un impacto positivo en los procesos operativos evaluados.

## **Revisión de literatura**

### **Antecedentes**

Useche, Pinzo y Moreno [8], afrontan la necesidad de realizar un sistema de control de acceso, en el cual dos personas puedan ser identificadas como autorizadas y las otras como no autorizadas, pero identificándoles como “otros”. Para eso, realizaron una investigación en la cual implementan un sistema de control de acceso con video haciendo uso de un clasificador de Haar para la detección de cara y un clasificador basado en redes neuronales convolucionales para el reconocimiento como tal.

La implementación fue exitosa y se concluyó que entre más amplio el dataset de entrenamiento, mejores resultados se esperan, sin embargo, tener imágenes desde una gran cantidad de distintas posiciones puede afectar la precisión. También que agregar imágenes con distintos niveles de luz también mejora el rendimiento del clasificador de reconocimiento. Y,

por último, que si bien es cierto el sistema fue muy preciso, en algunos casos puede fallar el resultado para caras muy similares, para lo cual recomiendan agregar algún otro tipo de control. Se ha considerado esta investigación porque aporta a la solución con reconocimiento facial que se quiere implementar en la presente tesis demostrando que estos funcionan, que las redes neuronales convolucionales son una técnica efectiva y que es necesario que estos sistemas sean un complemento a otros controles.

Pant, Saxena y Suabsh [9], se dieron cuenta de que los sistemas de control de acceso biométricos que usan algunas organizaciones en algunos casos son tan eficientes con respecto al tiempo; puesto que, observaron que en su universidad los docentes se aglomeraban al momento de registrar sus asistencias por la limitada cantidad de dispositivos físicos con los que se contaba para realizar ese proceso. Visto eso, implementaron una solución en la cual los docentes registrarán sus asistencias desde su celular personal desde cualquier ubicación dentro del campus universitario usando reconocimiento facial y geolocalización como métodos de autenticación adicionales. Para concretar esa idea, utilizaron los servicios basados en localización de los smartphones, el servicio de reconocimiento facial que brinda AWS (Amazon Web Services) “AWS Rekognition” y un sistema de gestión de bases de datos para desarrollar un sistema completo que permitiese realizar la tarea mencionada anteriormente de una manera más eficiente.

La implementación del sistema fue exitosa y se concluyó que hubo una reducción en los tiempos de espera que había por las aglomeraciones en las filas, es una solución escalable por la infraestructura en nube y que también es de un costo menor al del sistema tradicional. Por otra parte, nos indica las limitaciones que presenta el sistema tales como la alteración de la ubicación y el engaño al sistema con una imagen que es tomada a la “foto de la persona”.

Se ha considerado este trabajo de investigación porque nos proporciona una alternativa que no solamente presenta al reconocimiento facial como método de control, sino que también la complementa con la geolocalización para restringir la ubicación de los registros, lo cual es una restricción necesaria en el contexto de la problemática en la presente investigación.

Kumar y Tiwari [10] realizaron un trabajo de investigación en el cual hicieron un análisis sobre los sistemas de control de asistencia basados en geolocalización utilizando el geotiquetado, mejor conocido por su nombre en inglés, geotagging. Como consecuencia de eso, redactaron un artículo de revisión en el cual pudieron demostrar sus hallazgos.

Estos, primeramente, nos desvelan algunas de las limitaciones que tienen los sistemas tradicionales e incluso los biométricos, dado que estos no toman en cuenta la localización del empleado al momento de registrarse. A la misma vez, nos demuestran que la implementación de estos sistemas puede aumentar el alcance del proceso de asistencia hasta en un 40%, disminuir hasta en un 40% el costo operacional de implementación en comparación con los antes mencionados y aumentar la productividad hasta en un 30%. Asimismo, aumenta el grado de autenticidad de la información proporcionada.

Se toma en cuenta este trabajo de investigación porque nos proporciona información valiosa y con cifras de los potenciales beneficios de utilizar geolocalización en los procesos de negocio. De igual manera, hace mención sobre cómo se puede complementar con la computación en nube, el uso de dispositivos como los smartphones como medio de obtención de la ubicación y algunas de las posibles vulnerabilidades que estos sistemas pueden tener.

Leonardo [11] identificó que en la empresa AGRO RURAL estaban teniendo ineficiencias en algunos de sus procesos operativos, principalmente en el control de asistencia de su personal en agencias y direcciones zonales a nivel nacional. Esto generaba demoras, sospechas de adulteración y gastos operativos para la organización, debido a errores que se podían dar durante las actividades involucradas en el proceso mencionado. Igualmente, eso repercutía en el servicio que brindaban a los ciudadanos, los cuales indicaron no estar conforme con el mismo.

Ante esa problemática, el autor propuso mejorar ese proceso mediante el desarrollo de un sistema de información con reconocimiento facial geolocalizado, con el cual se buscó que este fuese seguro, confiable y estuviera disponible de acuerdo a las necesidades de la empresa. El sistema de información estaba compuesto por una aplicación web, una aplicación móvil y un servicio web.

En la aplicación móvil se utilizó el lenguaje Kotlin y se incorporó un clasificador basado en LPBH (Histograma de patrones binarios locales) y HOG (Histograma de gradientes orientados) para la detección de rostros y su reconocimiento facial. Asimismo, utilizaron los servicios basados en localización que incorporan los celulares que se usan en la empresa. La aplicación web y el servicio web fueron desarrollados con Javascript, utilizando como frameworks Angular Js y Express respectivamente. Y, el gestor de base de datos utilizado fue SQL Server. Asimismo, la metodología utilizada para el desarrollo fue RUP (Proceso Racional Unificado).

La solución propuesta fue exitosa, logrando disminuir drásticamente la cantidad de errores e inconsistencias en los documentos hasta mínimos históricos y aumentando el nivel de satisfacción de los ciudadanos con respecto al servicio, lo cual se asoció a que el personal estaba realmente en sus puestos de trabajo como consecuencia del control implementado.

Se ha considerado este trabajo de investigación porque ante una situación en la que un proceso operativo mostraba ineficiencia, se propuso un sistema de información que ayudara mitigar eso. El cual además de automatizar parte de las actividades, permitió brindar más seguridad en ellas mediante el uso de reconocimiento facial y geolocalización en actividades del proceso. A la vez, el problema se presentaba en personal de campo, lo cual aplica a un contexto similar al de la organización en estudio en la presente investigación.

Cáceres [12], en su trabajo de investigación afronta la problemática del abuso sexual hacía las mujeres y el poco control que hay para luchar contra esto. Por consiguiente, investigó cómo es que se puede mejorar en la detección de las personas que tienen cargos por este tipo de delitos y, como consecuencia de esto, se propuso desarrollar una aplicación móvil de reconocimiento facial que permita identificarles.

Para el desarrollo de la aplicación móvil utilizó la metodología MANDAMDM y la guía del PMBOK. Se utilizó Java como lenguaje de programación en el móvil, MySQL como base de datos y el servicio de Face API de Microsoft para el reconocimiento facial.

La implementación del sistema fue exitosa, pues se obtuvo un alto grado de efectividad en los casos de prueba, tanto de día como de noche. A pesar de que en las noches el ambiente es menos controlado, se obtuvo un 93% de efectividad. Sin embargo, en lugar de implementar su propio clasificador, optó por utilizar un servicio en nube como consecuencia del análisis y pruebas de efectividad ejecutadas.

Se ha considerado este trabajo de investigación porque también se utiliza los dispositivos móviles como medio de adquisición de imágenes y porque el personal que hace uso de este es de campo (policías en turno). Por otra parte, el autor optó por realizar todo el procesamiento de las imágenes desde un servidor en la nube y no en el celular, dado que implementarlo en un dispositivo móvil genera mucho costo computacional, lo cual es un criterio a tener en cuenta en la presente investigación. Igualmente, nos indica que la documentación para este tipo de implementación en Android de manera nativa, no es amplia y hace una amplia descripción sobre los diferentes servicios, tanto pagados como gratuitos que ofrecen compañías de tecnología grandes para impulsar el machine learning, específicamente en temas de reconocimiento de imágenes y objetos.

Portillo [13], afronta la problemática del bajo control que había en el control de asistencias en la empresa Tecnología Hoyos S.R.L, lo cual generaba demoras, gastos por pago de algunas inasistencias que no podían comprobarse y potenciales problemas legales. Visto eso, realizó un trabajo de investigación en el cual se planteó determinar como un sistema de información influiría en este proceso.

Como consecuencia de ese planteamiento, el autor desarrolló un sistema de información web utilizando las tecnologías PHP para el mismo y MySQL, como base de datos para poder resolver la incógnita propuesta. Asimismo, utilizó la metodología RUP para poder efectuar todo el proceso de desarrollo del software.

El sistema fue implantado y el autor obtuvo como resultados que hubo una reducción en los tiempos al momento de registrar las asistencias y un grado de percepción de control más alto, en comparación a los resultados que obtuvo al inicio de la investigación.

Se ha tomado en cuenta este trabajo de investigación porque se ha implementado un sistema de información para tener un mejor control del proceso de asistencia, el cual es uno de los procesos involucrados en la problemática estudiada en el presente trabajo de investigación. Por otra parte, se logra validar la disminución de tiempo como consecuencia de la implementación de un sistema de información.

Chinchay [14] en su trabajo de investigación nos narra la problemática de una estación de servicios en la cual existía ineficiencia en el proceso de control de asistencia del personal y la manera de medir el desempeño laboral de sus colaboradores. Ante esto, el autor se propuso implementar un sistema de gestión para el área de RR. HH con la finalidad de mejorar los procesos necesarios para mejorar el control en la misma.

Para llevar a cabo eso, diseñó e implementó un sistema que consistía de una aplicación de escritorio, con el lenguaje de programación Java en la cual realizaban el registro de asistencias haciendo uso de un dispositivo que leía la huella dactilar del colaborador; y una aplicación web, con PHP, para los mantenimientos. Para la base de datos utilizó PostgreSQL y cómo metodología utilizó RUP.

La implementación del sistema fue exitosa, automatizando parte del proceso de asistencia y como consecuencia reduciendo tiempos en el registro y generación de reportes de las mismas. De la misma manera, según los resultados presentados, se mejoró incluso el desempeño laboral de los trabajadores, además de las ineficiencias identificadas.

Se ha considerado este trabajo de investigación porque se presentó una problemática similar en la cuál había ineficiencias en procesos que realizaba recursos humanos que fueron mejoradas

con la implementación de un sistema informático en el cual se utilizaba biometría para el proceso de asistencia. Asimismo, se hace utilización del estándar TAM el cuál puede ser de utilizado para la evaluación de uno de los objetivos de la presente investigación.

Chiroque y Farfán [15] en su trabajo de investigación se enfrentan la problemática que presentan algunas empresas constructoras de la región, en las cuáles identificaron que el control y procesamiento de la información que maneja la empresa no era la más adecuada, pues generaba demoras durante el proceso, lo cual se reflejaba en los tiempos de entrega y obtención de resultados. Ante esto, se propusieron disminuir los tiempos involucrados en el procesamiento de la información.

Por tanto, realizaron el análisis de la problemática identificando que factores influían en el proceso, el diseño e implementación de un aplicativo móvil web que auxiliara los procesos. Para el aplicativo utilizaron Java con el framework de Spring, JavaScript y la base de datos con PostgreSQL.

La identificación de los factores se realizó de manera correcta, como se ha descrito en párrafos anteriores donde se habla de la problemática afrontada y el aplicativo como tal tuvo un impacto positivo en la gestión de la información, puesto que la mejora de ese proceso iba a permitir disminuir gastos que se le generaban a la empresa y al mismo tiempo reducir las demoras previamente identificadas.

Se toma en cuenta este trabajo como antecedente, puesto que posee una problemática similar y por la forma de abordar la misma.

Llontop y Guerrero [16] abordaron el problema de ineficiencia en el proceso de gestión de materiales que se presentaba en la empresa Jackpolux E.I.R.L, para ello su propusieron realizar un sistema informático que permitiese auxiliar en el mismo.

Para poder llevar a cabo esto, hizo un análisis a fondo de lo que generaba la ineficiencia en la cual descubrió que todo era causado principalmente por la gestión manual que se llevaba a cabo. Asimismo, como solución implementó un sistema utilizando MySQL para la base de datos y PHP y Javascript con JQuery para el desarrollo web. Para concretar esto, se basó en la metodología XP.

La investigación fue exitosa, puesto que los autores cumplieron con sus objetivos. Se consideró este trabajo de investigación, debido a la similitud del problema en estudio, puesto que el autor tuvo que evaluar detalladamente los proceso para poder identificar de manera concreta que estaba pasando y que factores influían. También porque mediante la solución tecnológica propuesta logró mejorar los mismos.

### **Visión por computador**

La visión por computadora, en términos generales, es un campo de la ciencia que se encarga de investigar cómo un computador, mediante técnicas de la computación misma, puede hacer trabajos similares a los que los humanos hacemos con nuestros ojos y nuestro cerebro. De forma más concreta, es la capacidad de un computador de poder ver el mundo físico que le rodea y además de esto, extraer características de los objetos identificados a través de una o más imágenes [17] [18] [19].

La forma de trabajo de un sistema de visión por computadora, no difiere mucho de la de un humano, dado que ambos requieren de un elemento sensor que permita obtener la información

y de otro que permita procesar esa información. En el caso de los humanos, el sensor es el ojo y el que permite procesar, el cerebro; en las computadoras, se hace uso de una cámara y el procesador de la computadora [7].

El desarrollo de un sistema basado en visión por computador consta, grosso modo, de dos etapas: el procesamiento de imagen y el análisis de imagen. Sin embargo, el proceso completo que realizan estos sistemas es más amplio. Diferentes autores como [7] [6] [8] explican esto dividiéndolas en cuatro fases, las cuales pueden tener nombres distintos, pero que en esencia siguen el mismo patrón de funcionalidad. Estas cuatro son: adquisición de imagen, preprocesamiento de imágenes, extracción de características y reconocimiento o clasificación.

### **Sistemas de reconocimiento facial**

Los sistemas de reconocimiento facial pueden actuar de dos modos, ya sea en modo de verificación de cara o modo de identificación de cara. En el primero, la imagen sobre la cual se hará el proceso de reconocimiento es comparada con una sola imagen de la base de datos, es decir ya se sabe con qué imagen se le va a comparar; en el segundo, la imagen entrante es comparada con todas las fotos que están en la base de datos asignada y se trata de asociarlas en base a las características que estas presentan [20].

Basado en la colaboración del usuario, los sistemas de reconocimiento facial se pueden dividir en dos tipos. El primero es en el que existe la colaboración del usuario, el segundo es en el que el usuario no colabora directamente con el sistema. En los que existe colaboración de usuario, este se muestra dispuesto y por su misma cuenta se presta, enseñando su cara en condiciones correctas y de fácil detección para el sistema, para el correcto funcionamiento de este; en los que no, el usuario puede no percatarse de que su cara está siendo captada por un sistema para su reconocimiento, usualmente se utiliza para vigilancia [20]. Dado que el reconocimiento facial como tal es un proceso basado en la visión por computadora, su ejecución debe seguir las fases establecidas por esta. Es por ello que Li [22] va más allá y propone las fases específicas para el proceso de reconocimiento facial, las cuales se adaptan a los modelos expuestos por [19] [20] [21]. Estas son las de: detección de cara, normalización de cara, extracción de características y la de comparación o clasificación.

### **Inteligencia artificial**

La inteligencia artificial es una rama de la ciencia de la computación que brinda una serie de algoritmos, técnicas y herramientas que permiten la resolución de problemas complejos que requieren de un grado de inteligencia. Estos problemas pueden llegar a ser muy complejos hasta para nosotros los humanos [21] [22].

### **Redes neuronales artificiales**

Las RNA se podrían definir como la implementación de modelos matemáticos que se basan en los principios observados en los sistemas nerviosos de los animales y los humanos, donde la neurona es el elemento fundamental. En síntesis, son un intento de emular la forma de trabajo del cerebro humano. [14] [15] Algunas de las ventajas que ofrece la utilización de una red neuronal son las siguientes: aprendizaje adaptativo, autoorganización, tolerancia a fallos, operación en tiempo real y la fácil inserción que tienen con las tecnologías actuales [23].

## **Red neuronal convolucional**

Las redes neuronales convolucionales son un tipo de red neuronal que pueden extraer o identificar características de orden superior mediante convoluciones. Estas pueden ser utilizadas para la detección de objetos y para clasificación. Son muy eficaces y son uno de los motivos por los que se ha avanzado bastante en el campo del deep learning [24].

## **Servicios basados en localización**

Los servicios basados en localización (LBS), de sus siglas en inglés, son los servicios que permiten integrar las diferentes tecnologías existentes en un dispositivo para poder proporcionar información adicional de ubicación, o posicionamiento, al usuario final [25]. Estos permiten asignar coordenadas geográficas, tales como las de altitud y latitud, a la información que se posee, la cual será interpretada en base a las necesidades exigidas.

Estos LBS pueden ser de dos tipos: orientados a personas u orientados a dispositivos. En el primer caso, el objetivo es que la aplicación pueda detectar la posición de una persona y poder usarla para proporcionarle un servicio, por lo general el usuario puede controlar ese servicio. En el segundo, detectar la posición no solo de una persona sino de objetos, o incluso un grupo de personas. Por lo general en esta circunstancia, lo que está siendo detectado no tiene control sobre el servicio [25].

Además de esto los LBS orientados a personas, se pueden también clasificar en dos diseños: servicios “push” y “pull”. En el primer caso, el usuario recibe información sin solicitarla en base a su localización, es decir esa información se envía de manera forzada. En el segundo, este decide si solicitar la información o no, pero obtiene la funcionalidad de poder hacerlo en base a su posicionamiento [25].

## **Javascript**

Es un lenguaje de programación interpretado con funciones de primera clase. Es comúnmente denominado como el “lenguaje de internet”, puesto que corre sobre el navegador e inicialmente solo ahí funcionada, para darle funcionalidad a las páginas webs desde el lado del cliente, sin embargo, ahora es usado en otros entornos mediante tecnologías como Node Js o Deno Js. Es multiparadigma, basado en prototipos y corre sobre un solo hilo. Soporta la programación orientada a objetos, imperativa y declarativa y se basa en el estándar ECMAScript [26]. Cuenta con librerías como React Js, la cuál facilita el desarrollo con este lenguaje.

## **Java**

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, de tipado fuerte que ofrece cosas como la encapsulación, herencia y polimorfismo. Es seguro y portable, por tanto, puede ser ejecutado en distintas plataformas. Asimismo, es un lenguaje multihilo, por lo que permite la concurrencia [27]. Actualmente, es utilizado principalmente para desarrollo web, desarrollo de aplicaciones de escritorios y aplicaciones móviles.

## **Python**

Según [28], python es un lenguaje de programación de alto nivel interpretado y orientado a objetos. Permite el manejo de estructuras de datos, es de tipado dinámico y enlace dinámico. Permite el manejo de paquetes y módulos, lo que permite cumplir con las prácticas de

modularidad y reusabilidad en el código. Es un lenguaje de sintaxis simple, probablemente uno de los lenguajes más amigables con el usuario que domina el idioma inglés. Asimismo, su es de código abierto y no tiene restricciones para el uso comercial. Cuenta con librerías como OpenC y NumPy, las cuales facilitan el desarrollo de programas que utilizan algoritmos de inteligencia artificial.

### Calidad de Software

La calidad, en general, es un concepto que puede ser interpretado de distintas maneras, puesto que cada persona puede tener una distinta percepción de la misma. Esto mismo pasa cuando se utiliza el concepto en el contexto del software, sin embargo, según [29], este puede ser definido como la aplicación eficaz del proceso de software, la cual genera un producto útil que proporciona valor medible, tanto al que lo produce como al que lo utiliza.

### Materiales y métodos

#### Tipo de investigación

La presente investigación entra en la categoría de investigación científica y de desarrollo tecnológico puesto se está haciendo uso de conocimientos científicos que ya existen para la elaboración de un nuevo producto tecnológico [30].

#### Métodos de investigación

TABLA I  
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Analítico	Método que permite estudiar y analizar la problemática identificada.
Deductivo	Método que permite plantear una solución a los problemas identificados.
Implementación	Método que sirve para poner en marcha lo propuesto en la investigación

#### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TABLA II  
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	ELEMENTOS DE LA POBLACIÓN	PRÓPOSITO
Observación	Grabadora de voz	Operadores de control	Conocer la realidad de los procesos involucrados en el control y monitoreo visualizando las operaciones que se realizan en centro de control.
	Cuaderno de notas	Jefe de operaciones	
	Mapas	Gerente	
Entrevistas	Guía de entrevista	Operadores de control	Conocer los procesos de la empresa e identificas posibles inconvenientes que se dan en ellos.
	Grabadora de voz	Jefe de operaciones	
		Gerente	
Encuesta	Ficha de observación	Vigilantes	Verificar funcionamiento y calidad del sistema
		Gerente	
	Cuestionario	Jefe de operaciones	
Análisis de documentos	Ficha de resumen	Operadores de control	Validar el grado de aceptación del sistema

Fichas bibliográficas	Todos los documentos bibliográficos analizados. Tesis, artículos científicos, libros, entre otros.	Recopilar y sintetizar información sobre los temas académicos y científicos que aportan a la investigación.
-----------------------	--	---

## Metodología de desarrollo

En la presente tesis de investigación, se utilizó la metodología RUP para poder concretar los objetivos propuestos.

## Matriz de consistencia

TABLA III  
MATRIZ DE CONSISTENCIA

<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>	<u>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</u>			
¿De qué manera se puede mejorar el proceso de monitoreo y control del personal de vigilancia de la empresa en estudio?	<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u>			
	Tipo de investigación			
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>MÉTODO</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>		
	Analítico	Método que permite estudiar y analizar la problemática identificada.		
	Deductivo	Método que permite plantear una solución a los problemas identificados.		
	Implementación	Método que sirve para poner en marcha lo propuesto en la investigación		
	<u>TÉCNICAS</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>	<u>ELEMENTOS DE LA POBLACIÓN</u>	<u>PRÓPOSITO</u>
IMPLEMENTAR UN SISTEMA WEB Y MÓVIL BASADO EN GEOLOCALIZACIÓN Y RECONOCIMIENTO FACIAL PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LOS VIGILANTES EN UNA EMPRESA DE SEGURIDAD EN CHICLAYO	Observación	Dispositivos mecánicos Cuaderno de notas  Mapas	Operadores de control Jefe de operaciones  Gerente	Conocer la realidad de los procesos involucrados en el control y monitoreo estando visualizando las operaciones que se realizan en centro de control
	Entrevistas	Guía de entrevista  Grabadora	Operadores de control Jefe de operaciones  Gerente  Vigilantes	Conocer los procesos de la empresa e identificar posibles inconvenientes que se dan en ellos.  Conocer datos más precisos de las actividades de control y monitoreo
	Encuesta	Ficha de observación  Cuestionario	Gerente  Jefe de operaciones  Operadores de control	Validar el funcionamiento el sistema
	Análisis de documentos	Ficha de resumen		

<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>INDICADORES</u>
Determinar los factores que causan ineficiencia en el proceso de seguimiento y monitoreo de los vigilantes.	Fichas de síntesis Fichas bibliográficas	Recopilar y sintetizar información sobre los temas académicos y científicos que aportan a la investigación. Todos los documentos bibliográficos analizados. Tesis, artículos científicos, libros, entre otros.
Implementar las técnicas en las etapas de extracción de características y del proceso de reconocimiento facial.	El tesista comprende la realidad problemática de la organización en estudio. Se definen los algoritmos y técnicas a implementar en las etapas mencionadas.	Tiempo promedio de demoras generadas por verificación manual. N° de fotos erróneas enviadas por vigilantes en turno N° de reportes tardíos enviados por vigilantes en turno % de aciertos del sistema de reconocimiento facial
Implementar una herramienta en plataforma web y móvil según las necesidades del usuario, aplicando la geolocalización y el proceso de reconocimiento facial.	Los vigilantes se reportarán desde su aplicativo móvil mediante una foto que será validada por el modelo de reconocimiento facial y comparada con su turno correspondiente. Asimismo, se deberá validar la geolocalización del vigilante al momento del envío.	
Validar el grado de aceptación de la tecnología implementada por parte de los usuarios	Los usuarios consideran útil y de fácil uso el aplicativo móvil y el sistema web.	Grado de utilidad percibida según TAM Grado de facilidad de uso según TAM

### Consideraciones éticas

La presente investigación ha sido realizada cumpliendo todos los criterios de ética posibles.

Con respecto a la información obtenida de fuentes bibliográficas se establece lo siguiente:

- Toda la información recopilada y redactada que no es propia, ha sido referenciada a sus respectivos autores siguiendo el estándar IEEE. Asimismo, se ha tratado de formular un criterio en base a lo leído sin copiar explícitamente lo dicho por los mismos autores.
- Se ha intentado parafrasear la mayor cantidad de información posible, sin tergiversar lo dicho por el autor.

Con respecto a la información brindada por la organización en estudio:

- Toda la información recopilada será exclusivamente para uso de esta investigación y no puede ser utilizada para fines personales o de terceros.
- La información proporcionada no puede ser manipulada ni tergiversada para beneficio propio o de terceros.
- La visualización de esta información se limita a la de los involucrados en la presente investigación. Siendo estos: docentes asesores, docentes de cursos de tesis y el tesista.
- La empresa ha autorizado la ejecución de esta tesis.

Con respecto al desarrollo del software:

- En caso de usar código abierto en alguna funcionalidad, o funcionalidades, se dará crédito al autor o autores siguiendo los lineamientos de la licencia bajo la cual son distribuidos.
- Se han tenido en cuenta buenas prácticas que fomenten la seguridad de la información que manipula el sistema.
- Se han realizado pruebas al sistema que validen su funcionamiento.

## **Resultados y discusión**

### **En base a la metodología**

#### **Iteración #1: Planificación del proyecto (Plan de sistemas)**

En esta iteración se definieron las bases del proyecto y se realizaron las siguientes actividades:

- Definir a los participantes del proyecto.
- Conocer la empresa y su estructura.
- Realizar un análisis de la situación tecnológica en la organización, antes de iniciar el proyecto.
- Realizar el presupuesto
- Estableces un plan de proyecto.
- Estudiar la factibilidad del proyecto propuesto.
- Definir un glosario de términos

#### **Iteración #2: Análisis Preliminar de Requerimientos – Modelado de Negocio: Planificación del proyecto (Plan de sistemas)**

En esta iteración se buscó principalmente descubrir y conocer la realidad de la empresa al momento de iniciar el proyecto. Para esto, se realizaron las siguientes actividades:

- Identificar las áreas involucradas en el proceso a estudiar.
- Conocer, describir y graficar los procesos, con sus respectivas actividades, que se realizan en las áreas estudiadas.

- Identificar a los actores que participan en los procesos.
- Identificar deficiencias.
- Identificar entidades y abstraerlas en objetos, en el contexto de la empresa.

A continuación, se muestran las actividades que se realizan en la empresa actualmente, las cuales se automatizaron más adelante.

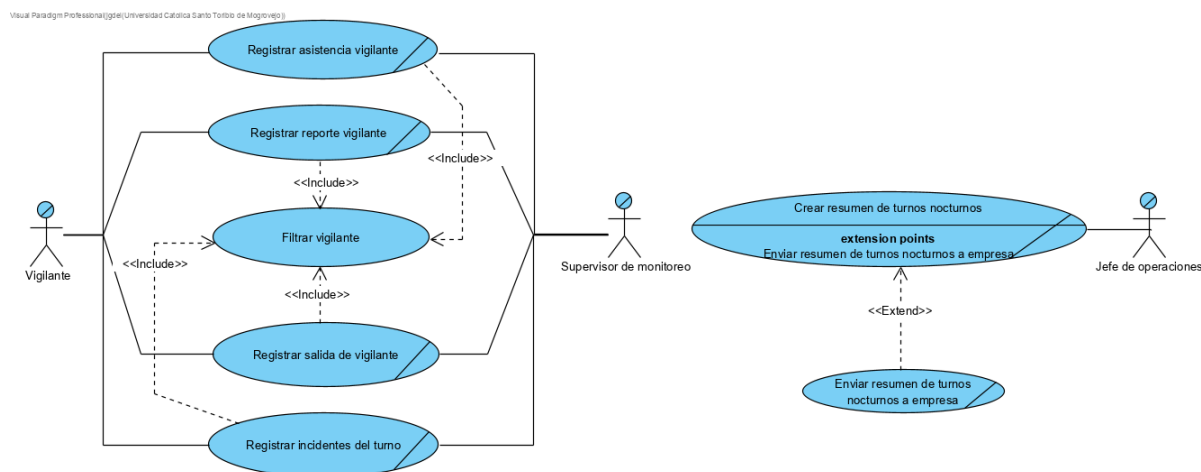


Fig. 1. Diagrama de casos de uso de negocio monitoreo

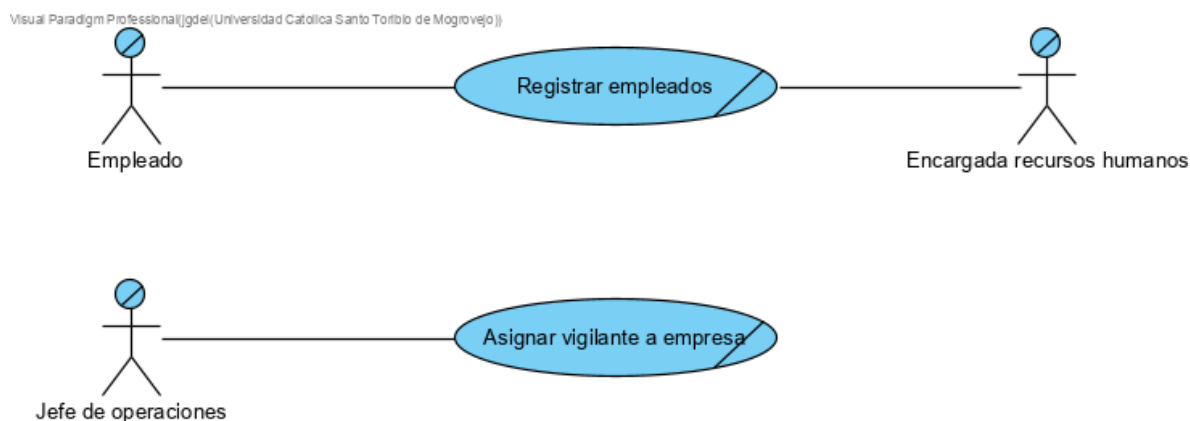


Fig. 2. Diagrama de casos de negocio administración

### Iteración #3: Análisis Preliminar de Requerimientos – Casos de Uso

En esta iteración, ya conociendo la realidad de la organización y con un panorama más claro se pudieron establecer de manera más concreta los requerimientos que iba a tener el sistema. Para ello, se realizaron las siguientes actividades:

- Establecer los sistemas a realizar y establecer las relaciones que estos iban a tener entre ellos.
- Definir de manera preliminar los requerimientos funcionales del sistema y plasmarlos en casos de uso.
- Describir los requerimientos funcionales mediante diagramas de actividades.
- Identificar entidades y abstraerlas en objetos en el contexto del sistema como tal.

### Iteración #4: Análisis

En esta iteración, ya definidos de manera preliminar los requisitos del sistema, estos fueron transformados en términos del sistema. Por consiguiente, se realizaron las siguientes actividades:

- Establecer los paquetes de análisis de acuerdo a los sistemas establecidos.
- Establecer las funcionalidades principales de acuerdo a los paquetes.
- Analizar las funcionalidades y ver las relaciones que tienen con las entidades identificadas en términos de clases de análisis.
- Realizar un diagrama de clases general del sistema.

### Iteración #5: Diseño

En esta iteración, con el análisis ya realizado se estableció la arquitectura del sistema y se diseñaron las funcionalidades del mismo. Para concretar eso, se realizaron las siguientes actividades:

- Establecer los subsistemas.
- Las funcionalidades establecidas en análisis, realizarlas en un diagrama de secuencia que permita ver de manera detallada su comportamiento en el sistema.
- Realizar el diagrama de clases de diseño.
- Definir y diseñar la base de datos.
- Identificar y diagramar los estados más complejos que se han podido identificar en las entidades.
- Diseñar las interfaces de usuario del sistema.
- Diseñar y diagramar la arquitectura del sistema.

A continuación, se muestran los artefactos más significativos de esta iteración, pues sirvieron de base para la elaboración del producto final.

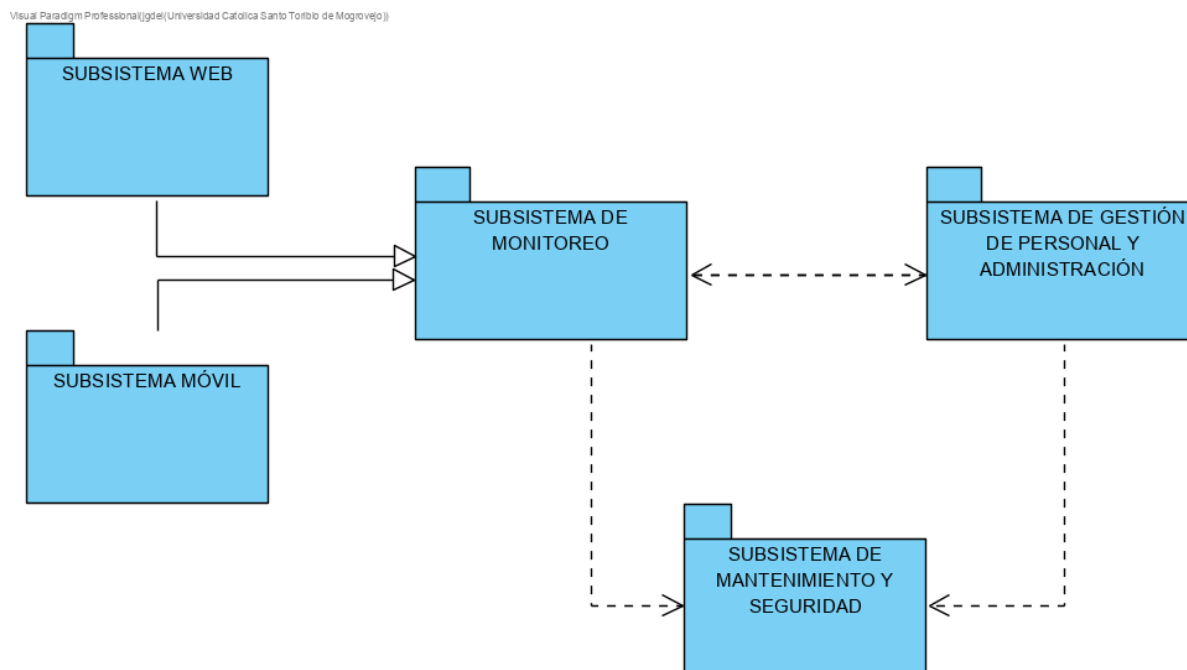


Fig. 3. Diagrama de contexto de diseño

El sistema consiste de un subsistema de monitoreo que está compuesto por otros dos subsistemas, siendo estos una aplicación web y una aplicación móvil. En este, se realizan todas las tareas involucradas en el proceso de monitoreo y control de los vigilantes. La aplicación móvil es utilizada por los vigilantes desde sus estaciones de trabajo y la aplicación web por parte de los operadores de control.

En el aplicativo móvil, los vigilantes registran sus asistencias y los reportes de continuidad exigidos por la organización, para poder realizar el registro de las mismas deben enviar una foto de su cara. El sistema, primero valida que estén dentro de cierto radio para evitar que estos realicen el registro desde lugares ajenos a la estación de trabajo y, asimismo, al enviar el registro, en el servidor se válida mediante reconocimiento facial que el vigilante sea quién dice ser.

En el aplicativo web, los operadores de control realizan la tarea de verificar que todo esté bien y conforme, viendo que se hayan registrado las asistencias y los reportes respectivos. Asimismo, generan los resúmenes de turno para las empresas cliente y para el personal administrativo.

Este subsistema, interactúa y se conecta con los subsistemas de mantenimiento y seguridad, en los cuales se hace la gestión de seguridad del sistema, configuraciones generales y la de los usuarios; y el de gestión de personal y administración, en el cuál se hace la gestión de los colaboradores de la organización y de las empresas cliente.

En el subsistema de personal y administración, se realiza la tarea de registrar las fotos de reconocimiento facial de los vigilantes. Igualmente, dado que se tiene las horas trabajadas de los vigilantes, se tiene la opción de generar resumen de horas laboradas de los vigilantes, lo cual le sirve al área de recursos humanos para el tema de pagos.

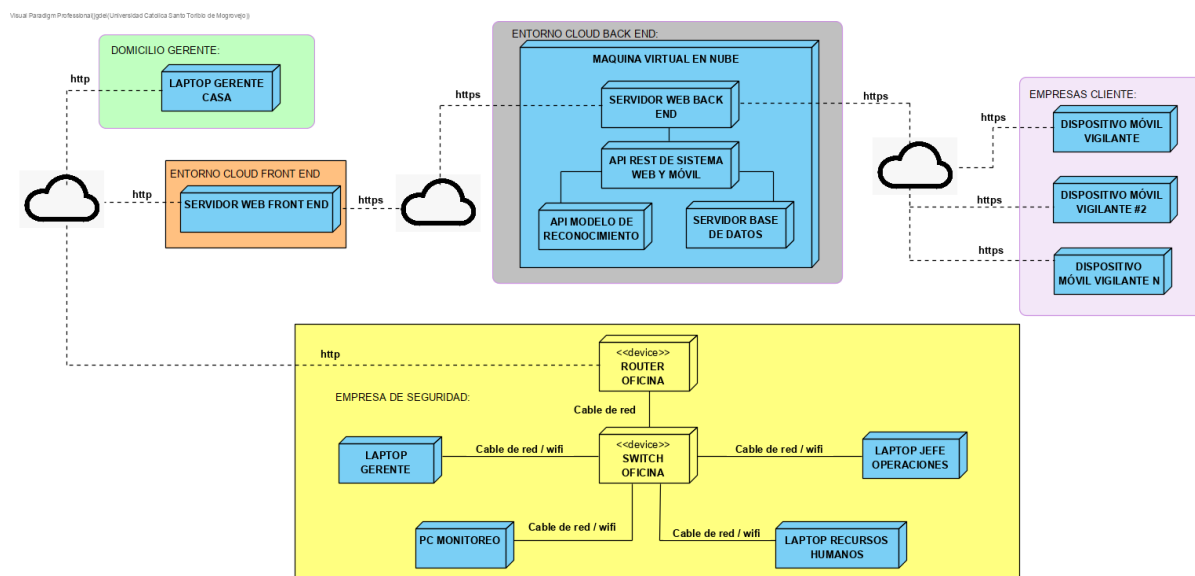


Fig. 4. Diagrama de despliegue

Con este diagrama de despliegue, se define la arquitectura completa del sistema que se está elaborando. Está basado en una arquitectura cliente – servidor, en la cual habrá dos sistemas clientes: aplicación móvil y aplicación web.

La aplicación web, se corre en nube, en un VPS (Servidor Virtual Privado), en un servidor web basado en apache que contiene los archivos estáticos necesarios para el funcionamiento de la misma. Esta, consume un API para poder conectarse con los demás sistemas y se conecta con ella vía Internet. Para su realización, se utilizan las tecnologías web Javascript, Css y HTML. En el caso de Javascript, se utiliza la librería de React Js y para apoyar con el diseño de la aplicación se decidió utilizar Bootstrap 4.

La aplicación móvil, se instala en aplicativos móviles Android que usan los vigilantes en sus turnos y esta consume el mismo API que utiliza la aplicación web y de la misma manera, se comunicará con ella mediante internet. Esta aplicación es desarrollada en el lenguaje Java.

El otro servidor está igualmente en nube en un VPS (Servidor Virtual Privado), este corre un servidor web proxy basado en apache que redirecciona a un API hecho en Node Js con el framework de express. Este contiene la lógica del negocio y permite conectar a la base de datos de PostgreSQL, la cual está ubicada en el mismo VPS. Asimismo, esta API se conecta con otra API hecha en Python con el framework Flask, la cual corre el sistema de reconocimiento facial.

### **Iteración #6: Implementación y prueba**

En esta iteración, ya se tenía el diseño de los sistemas a realizar. Con ese conocimiento se realizó la implementación del sistema, el cual consecuentemente fue puesto a prueba para verificar su funcionamiento. Para esto, se realizaron las siguientes actividades:

- Realizar el diagrama de componentes del sistema.
- Describir la estructura del sistema.
- Codificar el sistema.
- Documentar los fragmentos más importantes del código.
- Realizar las pruebas de software respectivas.

### **En base a los objetivos de la investigación**

#### **Determinar los factores que causan ineficiencia en el proceso de seguimiento y monitoreo de los vigilantes**

Se identificaron tres factores principales que generan ineficiencia en el proceso mencionado:

- El envío de reportes tardíos por parte de los vigilantes
- El envío de fotos erróneas por parte de los vigilantes
- Demoras generadas la verificación manual, uno por uno, del envío de reportes de los vigilantes

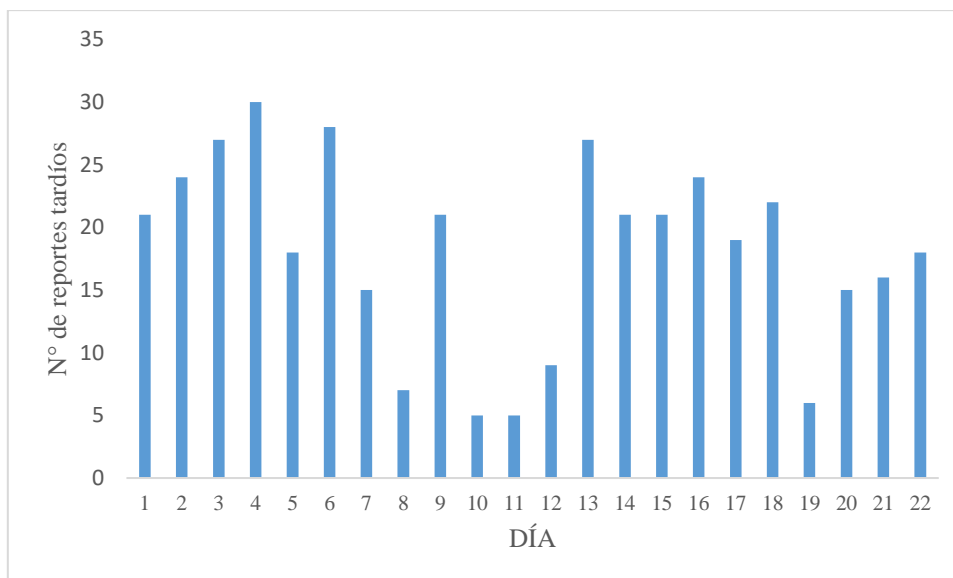


Fig. 5. Gráfico de nº de reportes tardíos

De esto, se obtuvieron los valores representados en la figura 193, lo que nos arroja como resultado final del análisis, que los vigilantes envían en promedio 18 reportes tardíos por día lo cual genera ineficiencia porque obliga al operador a tener que estar llamando y verificando de manera más rigurosa las actividades de los vigilantes.

Con respecto al segundo factor, debido a que el aplicativo utilizado para comunicarse (WhatsApp) no restringe el acceso a la galería de fotos, los vigilantes, que están obligados a enviar una foto donde aparezca su cara, en algunos casos, envían fotos que no son del momento o envían una foto incorrecta de algún incidente. Por lo que se llevó a cabo un trabajo en conjunto con los operadores de la organización con el objetivo de evaluar esto. Se les solicitó que apuntarán en una ficha de observación, la cual fue transcrita a un documento en Excel, cuando recibiera una foto incorrecta durante 30 días. Se ha resumido esa ficha de observación en fig 2.

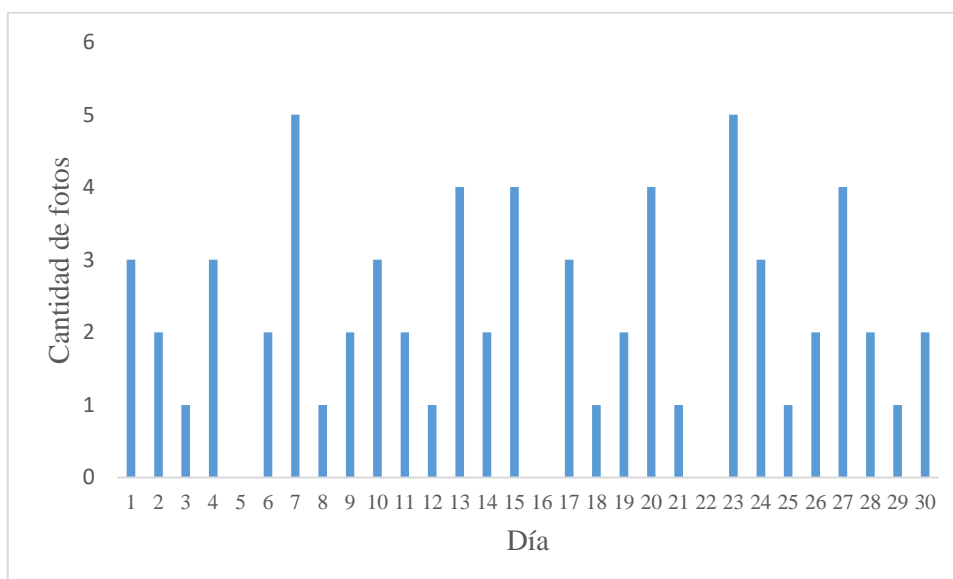


Fig. 6. Gráfico de nº de fotos erróneas

En esta, se puede observar que tras 30 días se puede calcular un promedio de 2 fotos erróneas por día. Si bien es cierto, en números concretos no representa un número tan alto, trae como

consecuencia la desconfianza de los operadores, principalmente con las fotos propias de los vigilantes, lo que genera que tenga que estar realizando múltiples validaciones con fotos enviadas previamente para poder corroborar la integridad de la misma, lo cual genera demoras en el proceso global.

Y, por último, en relación al tercer factor, este se da porque el operador de control debe comprobar el cumplimiento de los envíos entrando al chat de grupo de cada empresa cliente, y en estos validar que cada uno de los vigilantes asignados hay enviado correctamente y a la hora establecida el reporte correspondiente. Debido a que todo ese proceso se hace de manera manual, se genera retrasos en el mismo.

Para medir esto, se realizó la tarea de observar y medirle el tiempo al operador cuando está verificando el envío de reportes de los vigilantes asignados en una empresa. Por consiguiente, se le solicitó al operador realizar la tarea de verificación 5 veces, en la cuál con un cronometro se le midió el tiempo. Cabe destacar, que se realizó en escenarios idóneos donde solamente verificaba la hora y que se haya enviado una foto, no se ha tomado el tiempo para casos en los que se realiza comprobaciones con fotos anteriores, como se ha explicado en el segundo factor. Estos intentos con sus respectivos tiempos de ejecución se pueden observar en la tabla IV.

TABLA IV  
RESUMEN DE TIEMPOS DE VERIFICACIÓN

Nº INTENTO	TIEMPO
1	11.263
2	17.129
3	14.843
4	13.189
5	10.587
Total	67.011
Promedio	13.4022

Tras el análisis, se logró identificar que en promedio se tardan hasta 13 segundos en verificar los reportes por empresa, lo cual nos indica que cada 5 empresas se invierten más de un minuto en verificación, en el caso ideal como se ha explicado antes.

### **Implementar las técnicas necesarias para el correcto funcionamiento de un sistema de reconocimiento facial**

Para implementar el sistema de reconocimiento facial, primeramente, se eligió que función iba a cumplir el mismo ¿identificar al vigilante o verificarlo? Para tener mejor claridad se utilizó la tabla V, elaborada de acuerdo a lo establecido por [20] y [31], en la cual se compara ambas funciones y algunas de sus características.

TABLA V  
COMPARACIÓN IDENTIFICADOR Y VERIFICADOR

Identificador	Verificador
Se "identifica" quién es la persona que aparece en la foto	Se verifica si la persona de la foto es la misma que la de otra foto(s)
En cada "reconocimiento" se busca y compara con toda la base de datos	En el "reconocimiento", solamente se compara con las foto de la persona a verificar
Técnicamente más compleja por la comparación 1: N	Técnicamente menos complejo por la comparación 1:1
Requiere fotos de todos los potenciales identificados	Requiere fotos de la persona a verificar
Requiere reentrenar el modelo clasificador cada vez que se registra una nueva cara	Solamente se registran las nuevas caras que se asocian a esa persona

Teniendo en cuenta esto, se optó por utilizar un verificador porque se adecuaba mejor al caso de uso establecido, autenticar el vigilante al momento de enviar los reportes y asistencia. Ellos, antes de enviar sus fotos, deben pasar el filtro de iniciar sesión, por lo tanto, el sistema recibirá a quién pertenece la foto enviada y por consiguiente sabrá con que foto(s) va a comparar. Asimismo, ante la posibilidad de nuevos vigilantes, solamente deberán asociarle fotos y no reentrenar el clasificador por cada nuevo ingreso.

Posterior a esto, se decidió utilizar un detector de caras que está construido sobre la librería Dlib, pues da la opción de utilizar ya sea un modelo basado en CNN (redes neuronales convolucionales) que resulta muy efectivo para la correcta detección de las mismas. Por otra parte, para realizar la verificación como tal, se utilizó la CNN de FaceNet, puesto que tiene uno de los más altos porcentajes de precisión en las bases de datos estándar de reconocimiento facial [32].

Por otra parte, para mejorar los resultados y obtener mejor precisión al momento de autenticar, se utilizó más de una foto como plantilla del vigilante. Es decir, la foto recibida para la verificación es comparada no solo con una foto, sino con k fotos registradas y asociadas a ese vigilante, lo cual mejora los resultados [33].

Una vez realizado el sistema, se hizo el despliegue en un API utilizando el framework Flask, dando las funcionalidades de realizar la verificación, detectar caras y agregar/editar fotos para los vigilantes.

Para medir el funcionamiento del sistema se utilizó la TFA (tasa de falsa aceptación) y la TFR (tasa de falso de reconocimiento) autenticando bajo el concepto de "mayoría de votos", siguiendo la propuesta de [33], puesto que se tiene más de una foto como plantilla, como se explicó anteriormente.

Ante eso, se identificaron las siguientes métricas que van de acuerdo a la base de datos de fotos de la organización misma, en la que se tiene igualmente un ambiente controlado.

Sobre 150 fotos para medir el TFA y la misma cantidad para el TFR, se obtuvo como resultado lo siguiente:

- TFA = 5%
- TFR = 0.67%

Teniendo como en gran parte de las fotos que hubo un falso negativo, era porque la postura de la persona en las fotos desconocidas era muy diferente a la de la que estaba registrada y de acuerdo al umbral seleccionado no pasaban el filtro.

### **Implementar una herramienta en plataforma web y móvil según las necesidades del usuario, aplicando la geolocalización y el proceso de reconocimiento facial**

La implementación del sistema fue exitosa y correcta. Se integraron la aplicación web, la aplicación móvil y el sistema de reconocimiento facial para que pudieran funcionar como un sistema completo en conjunto que permita cumplir con las funciones establecidas. Esto se realizó mediante dos API, una para el sistema de reconocimiento facial y otra cuya principal función es unir la lógica del negocio que requieren la aplicación web y móvil.

Para verificar que el sistema evidentemente cumple con la calidad requerida, se ha hecho la evaluación del mismo en base a tres ítems de la ISO/IEC 25000:

- Adecuación funcional
- Seguridad
- Fiabilidad

Por lo que se pasó a someti a evaluar el sistema con el modelo propuesto por [34] para evaluar de acuerdo a la ISO/IEC 2500. Este fue adaptado a la realidad en estudio y nos permitió dar un criterio sobre los ítems antes mencionados.

Para comenzar, se evaluó la adecuación funcional, *ver Anexo 01*, el cual nos dio los resultados que se muestran en la tabla VI.

TABLA VI  
TABLA DE CONTEO 01

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE (X)	MULTIPLICADOR	SUBTOTAL
Cantidad de (x) de la escala Muy Alto.	21	x 4 =	84
Cantidad de (x) de la escala Alto	2	x 3 =	6
Cantidad de (x) de la escala Bajo	0	x 2 =	0
Cantidad de (x) de la escala Muy Bajo	0	x 1 =	0
Cantidad de (x) de la escala No Cumple	2	x 0 =	0
Total TC1 =			90 de 96
Multiplicador a porcentaje 01 (MP1) = 96/100 =			0.96
Porcentaje de cumplimiento 01 (PC1) = Total TC1 / MP1 =			93.75

Esto, según las tablas de nivel de cumplimiento, *ver Anexo N°02*, nos indica que el sistema alcanzó el nivel mínimo requerido para cumplir con la característica de adecuación funcional.

Posterior a esta, se evaluó la seguridad, *ver Anexo 03*, para la cual se obtuvo los resultados plasmados en la tabla VII.

TABLA VII  
TABLA DE CONTEO 02

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>CANTIDAD DE (X)</u>	<u>MULTIPLICADOR</u>	<u>SUBTOTAL</u>
Cantidad de (x) de la escala Muy Alto.	11	x 4 =	44
Cantidad de (x) de la escala Alto	1	x 3 =	3
Cantidad de (x) de la escala Bajo	0	x 2 =	0
Cantidad de (x) de la escala Muy Bajo	0	x 1 =	0
Cantidad de (x) de la escala No Cumple	2	x 0 =	0
Total TC2 =			47 de 56
Multiplicador a porcentaje 02 (MP2) = 56/100 =			0.56
Porcentaje de cumplimiento 02 (PC2) = Total TC2 / MP2 =			83.92857143

Esto, según las tablas de nivel de cumplimiento, *ver Anexo N°04*, nos indica que el sistema cumple el nivel requerido en la característica de calidad de seguridad, pero necesita mejorar.

Y, por último, se evaluó la fiabilidad, *ver Anexo 05*, y se reflejan los resultados en la tabla VIII.

TABLA VIII  
TABLA DE CONTEO 03

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>CANTIDAD DE (X)</u>	<u>MULTIPLICADOR</u>	<u>SUBTOTAL</u>
Cantidad de (x) de la escala Muy Alto.	5	x 4 =	20
Cantidad de (x) de la escala Alto	1	x 3 =	3
Cantidad de (x) de la escala Bajo	0	x 2 =	0
Cantidad de (x) de la escala Muy Bajo	0	x 1 =	0
Cantidad de (x) de la escala No Cumple	0	x 0 =	0
Total TC3 =			23 de 24
Multiplicador a porcentaje 03 (MP3) = 24/100 =			0.24
Porcentaje de cumplimiento 03 (PC3) = Total TC3 / MP3 =			95.83333333

Esto, según las tablas de nivel de cumplimiento, *ver Anexo N°06*, nos indica que el sistema cumple con el nivel máximo de cumplimiento de la característica de la calidad de fiabilidad.

### **Validar el grado de aceptación de la tecnología implementada por parte de los usuarios**

Para validar el grado de aceptación de la solución dada por parte de los usuarios se utilizó el estándar TAM (Modelo de aceptación de tecnología), el cual establece dos criterios para evaluarla. Estos son la usabilidad percibida y la facilidad de uso percibida.

Por tanto, se aplicaron cuestionarios, *ver Anexo N°07, N°08, N°09, y N°10*, adaptados de [35] basado en TAM para poder evaluar este factor mencionado. Dado que los usuarios finales interactúan con dos aplicativos, se ha elaborado el cuestionario para ambos.

Para el análisis de los resultados, se ha determinado un puntaje de 1 – 7 para cada pregunta, de los cuales se saca un promedio para cada variable evaluada en la cual se tienen como valor mínimo 7 y valor máximo 42 para cada cuestionario. Los promedios obtenidos se ubican en

quintiles que tienen un rango de 7.2 en puntaje. La tabla de interpretación para la facilidad de uso y usabilidad, *ver Anexos 11 y 12*, respectivamente.

Para el aplicativo web se aplicó el cuestionario a los seis usuarios finales que van a interactuar con ella y para el caso de la aplicación móvil, solamente fue aplicada a los quince vigilantes que iban a utilizar la aplicación inicialmente.

Tras la aplicación de los cuestionarios, se obtuvieron los siguientes resultados:

Para el aplicativo web, con respecto a la facilidad de uso se identificó que la mayoría indica que es muy fácil de usar ya que el resultado se ubica en el sector más alto de los quintiles identificados. Con respecto al grado de usabilidad, se identificó que la mayoría considera que el sistema les será muy útil.

Para el aplicativo móvil, con respecto a la facilidad de uso se identificó que los quince evaluados calificaron de muy fácil de utilizar el aplicativo. Para el aplicativo móvil, con respecto a la facilidad de uso se identificó que los quince evaluados calificaron de muy fácil de utilizar el aplicativo.

Y, con respecto al grado de utilidad que perciben de la aplicación, se obtuvo que la mayoría considera que el aplicativo es muy útil.

### **Discusiones**

Con el objetivo de determinar los factores que causan ineficiencia en el proceso de seguimiento y monitoreo de los vigilantes, se identificaron tres factores principales que generan ineficiencia en el proceso mencionado: el envío de reportes tardíos por parte de los vigilantes, el envío de fotos erróneas por parte de los vigilantes. Estos, son causados porque todos los procesos se realizan manualmente y porque el aplicativo que utilizan no está diseñado para este tipo de operación o comunicación controlada. Lo mencionado es compartido por autores como [11] que indicó que las ineficiencias en los procesos operativos de su organización de estudio generaban demoras. Igualmente, esta idea es compartida por [15] y [16] que identificaron que las demoras principalmente se generaban por los procesos manuales realizados en la empresa. Como consecuencia del análisis, se estableció que los tiempos de verificación de información son otro factor que se debe tomar en cuenta al momento de evaluar un proceso dado que la repetición de los mismos genera retrasos significantes. Asimismo, el medio que se utiliza para establecer comunicación entre colaboradores en una empresa debe ser el adecuado para el contexto utilizado.

Con el objetivo de implementar el sistema de reconocimiento facial, se elaboró un sistema verificador, el cual obtuvo un TFA de 5% y un TFR de 0.66%, lo cual nos indica que el sistema tiene un buen rendimiento y que las posibilidades de que una persona no autorizada son muy bajas. Estos resultados son coherentes puesto que la red neuronal utilizada tiene métricas altas en las bases de datos estándar, por lo tanto, en una base de datos más pequeña como la de la empresa en estudio, igualmente se obtienen resultados positivos. Asimismo, al ser un ambiente controlado en el cual los usuarios que utilizan el sistema ya tienen instrucciones para como enviar las fotos, aumenta el funcionamiento correcto del mismo, tal y como establecen [20] y [31].

Por otra parte, a diferencia de [11], se optó por no usar el sistema como identificador, sino como verificador, pues el sistema sabrá a priori a quién pertenece la foto enviada, optimizando

los recursos del servidor al momento de realizar el “reconocimiento”. Además, el reconocimiento no corre sobre el dispositivo móvil, sino en un VPS (servidor virtual privado), lo cual permite que la carga computacional la asuma el mismo y no el sistema cliente, que en este caso de estudio fue el sistema móvil, y que se puedan utilizar redes neuronales convolucionales como algoritmo, tanto para la detección del rostro y su respectivo reconocimiento.

Con el objetivo de implementar una herramienta en plataforma web y móvil según las necesidades del usuario, aplicando la geolocalización y el proceso de reconocimiento facial, se elaboró un sistema que obtuvo un alto puntaje en la evaluación en base a tres ítems de la ISO/IEC 25000: adecuación funcional (93.75%), seguridad (83.93%) y fiabilidad (95.83). Esto significa que los sistemas realizados se integraron de manera correcta y que en conjunto cumplen con los requerimientos propuestos en un inicio y lo hace con un alto grado de calidad. Por lo tanto, se logran verificar tanto las asistencias como los reportes enviados por los vigilantes de una manera segura mediante geolocalización y reconocimiento facial. Asimismo, se logra la automatización de gran parte del proceso, lo cual ayuda a reducir demoras, aumentar la productividad de los operadores y a tener data íntegra tal y cómo lo plantearon [10].

Como análisis global del cumplimiento de este objetivo se puede establecer que la geolocalización y el reconocimiento facial agregan una capa valiosa de autenticidad que puede resultar más efectiva y más barata que los sistemas biométricos tradicionales como la huella digital. De la misma manera, al ser utilizada desde el dispositivo móvil, puede ser utilizada no solo para control de asistencia, como es comúnmente usada, sino como método de autenticación adicional para controles rutinarios. Además, los sistemas distribuidos permiten no solo compartir información, sino integrar sistemas tan potentes como los de reconocimiento facial con aplicativos que corren en dispositivos móviles de baja gama, como los utilizados en este estudio.

Igualmente, ante vulnerabilidades como las de la alteración de la ubicación en dispositivos móviles, como establece [9], es fácilmente mitigada mediante la aplicación de controles preventivos en los dispositivos en los que corre el aplicativo, opción factible cuando el sistema es aplicado a nivel corporativo o en algún otro ambiente controlado.

Con el fin de validar el grado de aceptación de la tecnología implementada consultando con los usuarios finales, se obtuvo como resultado un alto grado de aceptación por parte de la tecnología, respaldado por los indicadores de facilidad percibida y utilidad percibida propuestos por TAM. Lo cual nos indica que la automatización de procesos, efectivamente, ayuda en las tareas del proceso de monitoreo y control involucradas y que la adopción de la tecnología es sencilla porque los aplicativos son fáciles de usar, similar a lo establecido por [14]. Ante esto se debe recalcar que quién tiene que estar conforme finalmente con la solución tecnológica son los usuarios finales, dado que ellos son los que van a interactuar con ella, por tanto, validar su aceptación debe ser tomado en cuenta al momento de realizar una solución de este tipo, algo que no es visto en todas las investigaciones que involucran soluciones de software.

## **Conclusiones**

Se lograron identificar tres factores principales que generaban ineficiencia en el proceso de control y monitoreo mediante la aplicación de las técnicas de observación y entrevistas. Estos factores principalmente eran causados porque todos los procesos se realizaban de manera manual lo cual generaba demoras y aumentaba el margen de error.

Se implementó correctamente un sistema de reconocimiento facial verificador utilizando redes neuronales convolucionales tanto para la detección de rostros, como para la verificación del mismo, el cual se ejecuta como un sistema independiente de los demás implementados en la presente investigación.

El sistema completo integrado cumple en un alto porcentaje de cumplimiento con respecto a los tres ítems (adecuación funcional, seguridad y fiabilidad) de la ISO/IEC 25000 con los que fueron evaluados, lo que refleja el correcto funcionamiento del mismo.

Se obtuvo un alto grado de aceptación por parte de los usuarios finales, los cuales aseguraron que los aplicativos web y móvil son muy útiles y muy fáciles de usar.

### **Recomendaciones**

Adaptar esta solución a contextos similares donde se pretende llevar un control de personal de campo.

Investigar sobre nuevas formas de autenticación que puedan ser adaptadas a la realidad en estudio y el sistema que fue ya elaborado.

Implementar un rastreo en tiempo real para el seguimiento de rondas y la verificación de cumplimiento de estas.

### Referencias

- [1] IPSOS, «What worries the world,» 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.ipsos.com/en/what-worries-world-september-2018>. [Último acceso: 28 10 2019].
- [2] INEI, «Encuesta nacional de victimización a empresas 2018,» 2018. [En línea]. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaless/Est/Lib1592/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1592/libro.pdf). [Último acceso: 28 10 2020].
- [3] INEI, «Encuesta del sector servicios,» 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin-estadistico-del-sector-servicios-n-12-diciembre-2018.pdf>. [Último acceso: 28 10 2019].
- [4] SUCAMEC, «SUCAMEC.GOB.PE,» 26 09 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.sucamec.gob.pe/web/index.php/empresas-de-seguridad/>.
- [5] L. Rehm, «Disruptive technologies in mobile imaging: Taking smartphone cameras to the next level,» 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.dxomark.com/disruptive-technologies-mobile-imaging-taking-smartphone-cameras-next-level/>.

- [6] P. Burrows, «MIT Technology Review,» 26 Marzo 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.technologyreview.es/s/10091/ia-en-la-nube-la-proxima-nueva-tecnologia-mas-lucrativa-de-la-historia>. [Último acceso: 1 Septiembre 2020].
- [7] IBM, «¿Qué es un servidor en la nube?,» [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/mx-es/cloud/learn/what-is-a-cloud-server>. [Último acceso: 1 Septiembre 2020].
- [8] P. C. Useche M., J. O. Pinzo Arenas y R. J. Moreno, «Face Recognition Access Control System using Convolutional Neural Networks,» *Research Journal of Applied Sciences*, vol. 13, pp. 47-53, 2018.
- [9] A. Pant, P. Saxena y R. Subash, «Attendance System Using Facial Recognition,» *International Journal of Recent Rechnology and Engineering (IJRTE)*, vol. 8, n° 1C2, 2019.
- [10] A. P. Kumar Patel y R. Tiwari, «A Review Paper on Geolocation Based Employee Attendance Monitoring,» *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE)*, vol. 6, n° 4, pp. 235-239, Abril 2017.
- [11] J. C. Leonardo Paredes, «Mejora del control de asistencia de personal a través de un sistema de información con reconocimiento facial geolocalizado en AGRO RURAL,» Universidad Tecnológica del Perú, Lima, 2019.
- [12] E. L. Cáceres Mariño, «Aplicación de reconocimiento facial en personas con antecedentes de abuso sexual en la provincia de Andahuaylas, Apurimac - 2018,» Tesis Pregrado. Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, 2018.
- [13] J. Portillo Paulino, «Sistema de información "PERSON" para el control de asistencia de personal en la empresa Tecnología Hoyos S.R.L. Lima, 2018,» Tesis Pregrado , Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, 2020.
- [14] I. Chinchay Farroñay, «Implementación de un sistema de gestión de RR.HH, incluyendo un dispositivo biométrico de huellas digitales, para optimizar el proceso de control de asistencia y evaluar el desempeño laboral, en una estación de servicios ubicada en Lambayeque de 2017,» Tesis Pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2018.
- [15] S. K. Chiroque Sanchez y R. Farfán Cardenas, «Desarrollo de una aplicación web móvil como soporte al proceso de gestión de recursos en el desarrollo de las obras para las

- empresas constructoras,» Tesis Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2019.
- [16] J. L. Llontop Ayasta y E. J. Guerrero Prado, «Desarrollo de un software a medida para mejorar la eficiente del proceso de gestión de materiales en las áreas de almacén y certificación & liquidación de la empresa Jackpolux E.I.R.L de la ciudad de Chiclayo - Lambayeque - Perú,» Tesis Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2018.
- [17] A. De La Escalera, *Visión por computador: fundamentos y métodos*, Madrid: Prentice Hall, 2001.
- [18] G. Pajares Martinsanz, J. M. d. l. C. García y J. M. d. l. C. García, *Visión por computador: imágenes digitales y aplicaciones*, Madrid: Alfaomega, 2001.
- [19] J. F. Vélez Serrano, A. B. Moreno Díaz, A. Sánchez Calle y J. L. Esteban Sánchez-Marín, *Visión por Computador*, Madrid: Alfaomega, 2003.
- [20] A. K. Jain y S. Z. Li, *Handbook of Face Recognition*, Ney York City: Springer, 2011.
- [21] A. García Serrano, *Inteligencia artificial : fundamentos, práctica y aplicaciones*, 2da ed., México D.F: Alfaomega, 2016.
- [22] P. Ponce Cruz, *Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería*, México D.F: Alfaomega, 2010.
- [23] J. R. Hilera González y V. J. Martínez Hernando, *Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones*, Madrid: Alfaomega, 1995.
- [24] J. Patterson y A. Gibson, *Deep Learning A Practitioner's Approach*, Sebastopol: O'Reilly Media, 2017.
- [25] J. Schiller y A. Voisard, *Location Based Services*, San Francisco: Elsevier, 2004.
- [26] Mozilla, «MDN Web Docs,» Fundación Mozilla, [En línea]. Disponible en: [https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/Acerca\\_de\\_JavaScript](https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/Acerca_de_JavaScript). [Último acceso: 1 Noviembre 2020].
- [27] J. Martínez Ladron de Guevara, *Fundamentos de programación en Java*, Madrid: EME, 2018.
- [28] Python Software Foundation, «Python,» Python Software Foundation, [En línea]. Disponible en: <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>. [Último acceso: 1 Noviembre 2020].

- [29] R. S. Pressman, *Ingeniería del software: un enfoque práctico* 7m edición, México: McGraw Hill, 2010.
- [30] Eustat - Euskal Estatistika Erakundea - Instituto Vasco de Estadística, «Eustat,» Euskal Estatistika Erakundea - Instituto Vasco de Estadística, [En línea]. Disponible en: [https://www.eustat.eus/documentos/opt\\_0/tema\\_320/elem\\_1698/definicion.html](https://www.eustat.eus/documentos/opt_0/tema_320/elem_1698/definicion.html). [Último acceso: 10 Octubre 2020].
- [31] A. Kumar Datta, M. Datta y P. Kumar Banerjee, «Face Detection and Recognition: Theory and Practice,» CRC Press, Boca Ratón, 2016.
- [32] F. Schroff, D. Kalenichenko y J. Philbin, «FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering,» CVPR 2015, Boston, 2015.
- [33] K. Baba y S. Egawa, «A Note on Authentication Accuracy with Multiple Biometric Images,» IEEE, 2013.
- [34] E. N. Figueroa Piscoya, «Modelo basado en normas ISO/IEC 25000 para asegurar la calidad de plataformas elearning en centros de capacitación superior,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2019.
- [35] L. A. Yong Varela, «Modelo de aceptación tecnológica (tam) para determinar los efectos de las dimensiones de cultura,» *SOCIOTAM, Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 19, nº 1, pp. 131-171, 2004.

## Anexos

### Anexo N°01: Tabla de valoración de calidad “Adecuación funcional”

SUBCARACTERÍSTICAS	ATRIBUTOS	ASPECTOS BÁSICOS DE CALIDAD	NIVEL DE CUMPLIMIENTO DEL ASPECTO				
			BÁSICO DE CALIDAD				
			MUY ALTO (4)	ALTO (3)	BAJO (2)	MUY BAJO (1)	NO CUMPLE (0)
Completitud Funcional	Funcionalidad	Enviar y registrar asistencia tras validación por reconocimiento facial y geolocalización	X				
		Enviar y registrar reportes tras validación por reconocimiento facial y geolocalización	X				
		Asignación correcta de estado de reportes al momento de ser registrados	X				
		Registrar incidentes	X				
		Generar resúmenes incidentes	X				
		Generar resumen de reportes	X				
		Mostrar reportes respetando el código de colores en el sistema web	X				
	Flexibilidad	Gestión de Usuarios	X				
		Gestión de Personal	X				
		Gestión de fotos de reconocimiento facial	X				
		Permitir activar o desactivar validación por reconocimiento facial	X				
		Permitir actualizar la el radio de distancia permitido en la validación por geolocalización	X				
		Gestionar incidentes		X			
		Gestión de empresas	X				
Corrección Funcional	Funcionalidad	Validación inmediata de datos ingresados		X			
		Validación reconocimiento facial correcta	X				
		Validación de ubicación por geolocalización correcta	X				
Interactividad	Mensaje de confirmación antes de guardar datos					X	
	Mensaje de confirmación antes de eliminar datos	X					
	Mensajes describiendo resultado de operación realizada	X					
Pertinencia Funcional	Funcionalidad	- Generador de reportes personalizados	X				
		- Filtrado de búsqueda por diferentes campos	X				

## Anexo N°02: Tabla de nivel de cumplimiento alcanzado de “Adecuación Funcional”

TABLA IX NIVEL DE CUMPLIMIENTO ALCANZADO ADECUACIÓN FUNCIONAL

Marque una (x) en dónde se sitúe el porcentaje de cumplimiento (PC1), según los rangos de cumplimientos

RANGO DE CUMPLIMIENTO	MARCA (X)	DESCRIPCIÓN
Entre 0% - 50%		El sistema SISCOM no supera el nivel requerido en la característica de calidad adecuación funcional
Entre 50% - 90%		El sistema SISCOM cumple el nivel requerido en la característica de calidad adecuación funcional, pero necesita mejorar
Entre 90% - 95%	X	El sistema SISCOM alcanzó el nivel mínimo requerido para cumplir con la característica de calidad adecuación funcional
Entre 95% - 100%		El sistema SISCOM alcanzó el nivel máximo de cumplimiento de la característica de la calidad adecuación funcional

### Anexo N°03: Tabla de valoración de calidad “Seguridad”

SUBCARACTERÍSTICAS	ATRIBUTOS	ASPECTOS BÁSICOS DE CALIDAD	NIVEL DE CUMPLIMIENTO DEL ASPECTO				
			BÁSICO DE CALIDAD				
			MUY ALTO (4)	ALTO (3)	BAJO (2)	MUY BAJO (1)	NO CUMPLE (0)
Complejidad Funcional	Funcionalidad	Enviar y registrar asistencia tras validación por reconocimiento facial y geolocalización	X				
		Enviar y registrar reportes tras validación por reconocimiento facial y geolocalización	X				
		Asignación correcta de estado de reportes al momento de ser registrados	X				
		Registrar incidentes	X				
		Generar resúmenes incidentes	X				
		Generar resumen de reportes	X				
		Mostrar reportes respetando el código de colores en el sistema web	X				
	Flexibilidad	Gestión de Usuarios	X				
		Gestión de Personal	X				
		Gestión de fotos de reconocimiento facial	X				
		Permitir activar o desactivar validación por reconocimiento facial	X				
		Permitir actualizar la el radio de distancia permitido en la validación por geolocalización	X				
		Gestionar incidentes		X			
		Gestión de empresas	X				
Corrección Funcional	Funcionalidad	Validación inmediata de datos ingresados		X			
		Validación reconocimiento facial correcta	X				
		Validación de ubicación por geolocalización correcta	X				
	Interactividad	Mensaje de confirmación antes de guardar datos					X
		Mensaje de confirmación antes de eliminar datos	X				
		Mensajes describiendo resultado de operación realizada	X				
Pertinencia Funcional	Flexibilidad	Generador de reportes personalizados	X				
		Filtrado de búsqueda por diferentes campos	X				

## Anexo N°04: Tabla de nivel de cumplimiento alcanzado de “Seguridad”

TABLA X NIVEL DE CUMPLIMIENTO ALCANZADO SEGURIDAD

Marque una (x) en dónde se sitúe el porcentaje de cumplimiento (PC2), según los rangos de cumplimientos

RANGO DE CUMPLIMIENTO	MARCA (X)	DESCRIPCIÓN
Entre 0% - 50%		El sistema SISCOM no supera el nivel requerido en la característica de calidad seguridad
Entre 50% - 90%	X	El sistema SISCOM cumple el nivel requerido en la característica de calidad seguridad, pero necesita mejorar
Entre 90% - 95%		El sistema SISCOM alcanzó el nivel mínimo de seguridad requerido para cumplir con la característica de calidad seguridad.
Entre 95% - 100%		El sistema SISCOM alcanzó el nivel máximo de cumplimiento de la característica de la calidad seguridad.

### Anexo N°05: Tabla de valoración de calidad “Fiabilidad”

SUBCARACTERÍSTICAS	ATRIBUTOS	ASPECTOS BÁSICOS DE CALIDAD	NIVEL DE CUMPLIMIENTO DEL ASPECTO				
			BÁSICO DE CALIDAD				
			MUY ALTO (4)	ALTO (3)	BAJO (2)	MUY BAJO (1)	NO CUMPLE (0)
Madurez		Reporte mensual y anual de fallos	X				
		Tiempo medio para solucionar fallos	X				
Disponibilidad		Tiempo que la plataforma permanece fuera de operación	X				
		Porcentaje de operabilidad al mes y al año	X				
Tolerancia a fallos	Persuabilidad	Capacidad para desplegar en entornos distribuidos: servidor de aplicaciones, servidor de base de datos, servidor web, etc	X				
		Copias de seguridad incrementales probadas y documentadas de bases de datos, carpetas y archivos				X	

## Anexo N°06: Tabla de nivel de cumplimiento alcanzado de “Fiabilidad”

TABLA XI NIVEL DE CUMPLIMIENTO ALCANZADO FIABILIDAD

Marque una (x) en dónde se sitúe el porcentaje de cumplimiento (PC3), según los rangos de cumplimientos

RANGO DE CUMPLIMIENTO	MARCA (X)	DESCRIPCIÓN
Entre 0% - 50%		El sistema SISCOM no supera el nivel requerido en la característica de calidad fiabilidad
Entre 50% - 90%		El sistema SISCOM cumple el nivel requerido en la característica de calidad fiabilidad, pero necesita mejorar
Entre 90% - 95%		El sistema SISCOM alcanzó el nivel mínimo requerido para cumplir con la característica de calidad fiabilidad
Entre 95% - 100%	X	El sistema SISCOM alcanzó el nivel máximo de cumplimiento de la característica de la calidad fiabilidad

**Anexo N°07: Cuestionario TAM utilidad percibida sistema web**

	1	2	3	4	5	6	7	
Improbable	Extremadamente	Bastante	ligeramente	ninguno	Ligeramente	bastante	extremadamente	Probable

TABLA XII Facilidad de uso percibida: cuestionario

	Calificación						
1. Aprender a utilizar SISCOMWEB es fácil para mí.	1	2	3	4	5	6	7
2. Me resulta fácil hacer que SISCOMWEB haga lo que quiero que haga.	1	2	3	4	5	6	7
3. Mi interacción con SISCOMWEB es clara y entendible.	1	2	3	4	5	6	7
4. Encuentro que SISCOMWEB es flexible para interactuar.	1	2	3	4	5	6	7
5. Sería fácil para mí llegar a ser hábil al usar SISCOMWEB.	1	2	3	4	5	6	7
6. Encuentro que SISCOMWEB es fácil de usar.	1	2	3	4	5	6	7

**Anexo N°08: Cuestionario TAM facilidad de uso sistema web**

	1	2	3	4	5	6	7	
Improbable	Extremadamente	Bastante	ligeramente	ninguno	Ligeramente	bastante	extremadamente	Probable

TABLA XIII Utilidad percibida: cuestionario

	Calificación						
1. Usando SISCOMWEB en mi trabajo me permitiría realizar tareas más rápidamente.	1	2	3	4	5	6	7
2. Usando SISCOMWEB mejoraría mi actuación en el trabajo.	1	2	3	4	5	6	7
3. Usando SISCOMWEB aumentaría mi productividad.	1	2	3	4	5	6	7
4. Usando SISCOMWEB mejoraría mi efectividad en el trabajo.	1	2	3	4	5	6	7
5. Usando SISCOMWEB me facilitaría hacer mi trabajo.	1	2	3	4	5	6	7
6. Encontraría a SISCOMWEB útil en mi trabajo.	1	2	3	4	5	6	7

**Anexo N°09: Cuestionario TAM facilidad de uso sistema móvil**

	1	2	3	4	5	6	7	
Improbable	Extremadamente	Bastante	ligeramente	ninguno	Ligeramente	bastante	extremadamente	Probable

TABLA XIV Facilidad de uso percibida: cuestionario

	Calificación						
1. Aprender a utilizar SISCOMMOVIL es fácil para mí.	1	2	3	4	5	6	7
2. Me resulta fácil hacer que SISCOMMOVIL haga lo que quiero que haga.	1	2	3	4	5	6	7
3. Mi interacción con SISCOMMOVIL es clara y entendible.	1	2	3	4	5	6	7
4. Encuentro que SISCOMMOVIL es flexible para interactuar.	1	2	3	4	5	6	7
5. Sería fácil para mí llegar a ser hábil al usar SISCOMMOVIL.	1	2	3	4	5	6	7
6. Encuentro que SISCOMMOVIL es fácil de usar.	1	2	3	4	5	6	7

**Anexo N°10: Cuestionario TAM utilidad percibida sistema móvil**

	1	2	3	4	5	6	7	
Improbable	Extremadamente	Bastante	ligeramente	ninguno	Ligeramente	bastante	extremadamente	Probable

TABLA XV Utilidad percibida: cuestionario

	Calificación						
1. Usando SISCOMMOVIL en mi trabajo me permitiría realizar tareas más rápidamente.	1	2	3	4	5	6	7
2. Usando SISCOMMOVIL mejoraría mi actuación en el trabajo.	1	2	3	4	5	6	7
3. Usando SISCOMMOVIL aumentaría mi productividad.	1	2	3	4	5	6	7
4. Usando SISCOMMOVIL mejoraría mi efectividad en el trabajo.	1	2	3	4	5	6	7
5. Usando SISCOMMOVIL me facilitaría hacer mi trabajo.	1	2	3	4	5	6	7
6. Encontraría a SISCOMMOVIL útil en mi trabajo.	1	2	3	4	5	6	7

**Anexo N°11: Tabla de valoración de facilidad de uso**

TABLA XVI  
TABLA DE VALORACIÓN DE FACILIDAD DE USO

Quintil	Valoración
Q1	Muy difícil de usar
Q2	Bastante difícil de usar
Q3	Indiferente
Q4	Bastante fácil de usar
Q5	Muy fácil de usar

**Anexo N°12: Tabla de valoración de grado de utilidad**

TABLA XVII  
TABLA DE VALORACIÓN DE GRADO DE UTILIDAD

Quintil	Valoración
Q1	Nada útil
Q2	Poco útil
Q3	Indiferente
Q4	Bastante útil
Q5	Muy útil