

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**SISTEMA DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL, A
TRAVÉS DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS, COMO
PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD EN ESPACIOS DE
CONCURRENCIA MASIVA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO.**

AUTOR: DANIELA ANDREINA RONQUILLO RONQUILLO

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS ORTEGA

AZOGUES – ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**SISTEMA DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL, A
TRAVÉS DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS, COMO
PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD EN ESPACIOS DE
CONCURRENCIA MASIVA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO.**

AUTOR: DANIELA ANDREINA RONQUILLO RONQUILLO

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS ORTEGA

AZOGUES – ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Daniela Andreina Ronquillo Ronquillo portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302962097**. Declaro ser el autor de la obra: **“Sistema de medición de temperatura corporal, a través de imágenes termográficas, como protocolo de bioseguridad en espacios de concurrencia masiva”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Azogues, **05 de octubre del 2021**

F:

Daniela Andreina Ronquillo Ronquillo

C.I. 0302962097

Azogues, 30 de agosto de 2021

Asunto: Informe de calificación del trabajo escrito de titulación.

Señora Economista

Nancy Lucía Peralta Idrovo.

**AUXILIAR DE SECRETARIA DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE
INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA.

Ciudad.

Presente. -

De mi consideración:

Por medio del presente me permito saludarle, a la vez que es menester indicarle que una vez culminada la revisión del trabajo de fin de carrera de la estudiante Daniela Andreina Ronquillo Ronquillo, con C.I. 030296209-7, es mi deber conferir la nota de **50/50** puntos al trabajo en mención, cumpliendo de esta manera con los parámetros establecidos por parte de nuestra Alma Máter comotutor de la misma.

Dicho proyecto lleva por nombre **“Sistema de medición de temperatura corporal, a través de imágenes termográficas, como protocolo de bioseguridad en espacios de concurrencia masiva”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico, de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción.

Atentamente:



**Ing. Juan Carlos Ortega
Castro. Mg Universidad
Católica de CuencaU**

DEDICATORIA

Este trabajo de Titulación dedico a mis Padres Byron Ronquillo Moscoso y Lcda. Miriam Ronquillo Álvarez quienes, con su ejemplo, su apoyo incondicional y su esfuerzo, logré alcanzar el objetivo que ellos siempre quisieron verme convertida en una Ingeniera, a mi hermana Verónica y a mi abuelita Rosa con quienes comparto mi felicidad.

También dedico mi tesis a todos mis familiares quienes creyeron en mí, pero por circunstancias de la vida tuvieron que partir al cielo.

Y para finalizar dedico este trabajo a dos grandes personas que son muy especiales para mí, quienes, con palabras de aliento, hicieron que siga adelante para concluir esta carrera.

A todos muchas gracias, los quiero y los extraño.

Daniela Andreina Ronquillo Ronquillo

AGRADECIMIENTOS

Al fin llego el día de esta larga travesía llena de muchos sueños.

Primero quiero agradecer a Dios por iluminarme en toda mi carrera universitaria, a mis Padres que con su esfuerzo y sacrificio fueron los que me impulsaron para llegar a concluir esta meta, y que por ellos estoy aquí culminando una etapa más de mi vida, a mis compañeros que sin ellos este caminar por la universidad no hubiese sido divertido.

Un agradecimiento sincero a mi Tutor Ing. Juan Carlos Ortega quien con su apoyo y dirección logre culminar este trabajo y a todos los Ingenieros que fueron parte de mi etapa universitaria.

Daniela Andreina Ronquillo Ronquillo

RESUMEN

La pandemia que actualmente nos encontramos atravesando, ha traído consigo innumerables problemas a nivel social, económico, ambiental y sanitario. La aparición de nuevas cepas no permite hasta ahora que se las actividades cotidianas regresen a la normalidad en la que estábamos acostumbrados a vivir antes de este confinamiento. Ante esta situación, existen diversas maneras de controlar el respeto por normativas de bioseguridad, la mayoría de ellas, realizadas mediante actividades manuales, con equipos poco confiables, donde la presencia del individuo determina si una persona puede ser admitida o no para el ingreso a diferentes lugares. En tal virtud, esta investigación tiene el objetivo de proponer un sistema de medición de temperatura corporal, que pueda ser utilizado dentro del cumplimiento de protocolos de bioseguridad. En su estructura presenta un estudio adecuado de literatura y estado del arte, acompañado de una metodología para la adquisición de información y desarrollo del sistema. Se detalla el uso de visión artificial y procesamiento digital de imágenes, mostrando cómo se logra captar la temperatura corporal, a nivel del rostro, aplicando inteligencia artificial., con el uso de sistemas no invasivos y sin contacto. La conclusión de mayor relevancia es que el uso de sistemas automáticos de control coadyuva a la solución de problemas de carácter social, sobre todo en esta época de pandemia, como un aporte de la electrónica e inteligencia artificial hacia la bioseguridad.

Palabras clave: Inteligencia artificial, monitoreo, open CV, temperatura corporal, visión artificial

ABSTRACT

The pandemic that we are currently experiencing has brought with it innumerable social, economic, environmental and health problems. The emergence of new strains has so far not allowed daily activities to return to the normality in which we were accustomed to live before this confinement. Under these circumstances, there are several ways to control the respect for biosafety regulations, most of them, carried out through manual activities, with unreliable equipment, where the presence of the individual determines whether a person can be admitted or not to enter different places. Therefore, the objective of this study is to propose a body temperature measurement system that can be used within the compliance of biosafety protocols. In its structure, it presents an adequate study of literature and state of the art, accompanied by a methodology for the acquisition of information and development of the system. It details the use of artificial vision and digital image processing, showing how to capture body temperature at face level, applying artificial intelligence, with the use of non-invasive and non-contact systems. The most relevant conclusion is that the use of automatic control systems contributes to the solution of social problems, especially in this time of pandemic, as a contribution of electronics and artificial intelligence towards biosecurity.

Keywords: Artificial intelligence, monitoring, open CV, body temperature, artificial visión.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	I
ABSTRACT	1
ÍNDICE GENERAL	2
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
Introducción	7
Antecedentes	7
Justificación	9
Definición del problema	10
Objetivos.....	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
Metodología	11
Capítulo I	12
Fundamentación teórica	12
1.1. Visión artificial	12
1.2. Arquitectura	13
1.3. Procesamiento digital de imágenes	14
1.4. Adquisición y digitalización	14
1.5. Sistema de monitoreo continuo	15
1.6. Factores y evaluación termográfica	15
1.7. Técnicas de procesamiento de imágenes infrarrojas	16
1.8. Reconstrucción de señales termográficas	16
1.9. Etapas del PDI.....	17
1.10. Procesos para la detección de rostro y ojos.....	17
1.11. Sistemas de visión por computador	18

1.12.	Raspberry Pi 3 Model B.....	19
1.13.	Cámara web.....	19
1.14.	Open CV	19
1.15.	Instalación de Open CV en Raspbian	20
1.16.	Librerías de Open CV	20
1.17.	Reconocimiento facial con Open CV	20
1.18.	Detección y reconocimiento facial	21
1.19.	RGB	22
1.20.	Microsoft Visual Studio	23
1.21.	Unidad de control y reconocimiento.....	24
1.22.	Sistemas de reconocimiento facial automáticos.....	24
1.23.	Termografía infrarroja	24
1.23.1.	Cámara termográfica FLIR Lepton.....	26
1.23.2.	Radiaciones infrarrojas.....	27
1.24	Tipos de termografía.	27
1.25.	Filtros	30
Capítulo II	31
Metodología	31
2.1.	Metodología	31
2.2.	Diseño.....	32
Capítulo III	38
Diseño de la propuesta de un sistema de medición de temperatura corporal	38
3.1.	Diseño del sistema de detección de temperatura corporal.....	38
3.2.	Algoritmo de detección térmica	38
3.3.	Procesamiento digital de las señales obtenidas.....	40
3.4.	Adquisición y procesamiento de imágenes	40
3.5.	Análisis termográfico y pruebas de funcionamiento.....	41

3.6. Alertas, control y ventajas del sistema	43
3.7. Alertas auditivas.....	44
3.8. Protocolo de bioseguridad	45
3.9. Análisis económico y costos de implementación	46
CAPÍTULO IV	52
Conclusiones y recomendaciones	52
4.1. Conclusiones	52
4.2. Recomendaciones.....	53
Anexos	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Costos directos e indirectos del proyecto.....	50
Tabla 2. Costos recurrentes.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis térmico infrarrojo.	10
Figura 2. Proceso de Visión Artificial	13
Figura 3. Requisitos operativos en tiempo real.	18
Figura 4. Características visuales en una imagen.	22
Figura 5. Esquema cartesiano de la imagen RGB.	23
Figura 6. Estructura del sistema térmico.	24
Figura 7. Fisiología de la temperatura.	26
Figura 8. Cámara pure termal Flir leptón.	26
Figura 9. Página oficial de Visual Studio.	33
Figura 10. Términos y condiciones de licencia.	34
Figura 11. Cargas de trabajo en Visual Studio.	35
Figura 12. Ubicación de la instalación de Visual Studio.	35
Figura 13. Instalación de las dependencias de Open CV.	36
Figura 14. Algoritmo de detección térmica.	39
Figura 15. Etapas del análisis térmico.	40
Figura 16. Encuadre adecuado de la imagen.	41
Figura 17. Enfoque adecuado para la toma de mediadas.	42
Figura 18. Análisis termográfico no invasivo.	42
Figura 19. Base de datos.	43
Figura 20. Alerta térmica.	44
Figura 21. Audios de alerta	44
Figura 22. Bucle de voz.	45

Introducción

La pandemia producida por el virus COVID-19, ha cambiado por completo las actividades de todo tipo a nivel mundial, en Ecuador, desde el mes de marzo de 2020 se ejecutaron medidas por parte del Gobierno de turno, donde se decretó un confinamiento total y el uso obligatorio de elementos de protección y la utilización extrema de medidas de bioseguridad en todo tipo de establecimiento. Poco a poco las actividades se han ido retomando, sin embargo, hasta la fecha no existe un horizonte claro de cuando la pandemia se vaya a culminar o por lo menos, mitigar para empezar a vivir nuevamente con “normalidad”. El surgimiento de esta pandemia, descrito por (Núñez, 2020) indica que, el 31/12/2019, las autoridades chinas notifican a la OMS la presencia de un brote de neumonía de etiología desconocida en Wuhan, en 07/01/2020, se identifica el virus SARS-COV2, el 30/01/2020 la OMS declara el brote como “Emergencia de salud pública de preocupación internacional” y el 11/04/2020 se declara como pandemia.

Es gracias a estos detalles, que este proyecto resulta importante, desde el punto de vista técnico como aporte a la sociedad, para cumplir con un protocolo de bioseguridad en establecimientos, como es la medida de temperatura corporal y su control para determinar si una persona puede ingresar o no al mismo, y si presenta síntomas de temperatura, los mismos que son directamente relacionados con el virus COVID-19. El propósito de este proyecto en contexto es el de brindar, a través de un sistema de medición de temperatura corporal, una alternativa de control para el ingreso a establecimientos, de manera automática y 100% efectiva.

Antecedentes

Por todos es conocido, que el virus COVID-19 tuvo su origen en la ciudad de Wuhan, República de China, y se expandió rápidamente hacia todo el mundo, Ecuador no es la excepción, y desde el mes de marzo del año anterior al igual que el resto del planeta, se pasó a un estado de alerta e incertidumbre, cada día se presentaban más casos de personas contagiadas, y las cifras de mortandad subían exageradamente. Generando

miedo en la población y desconocimiento de cómo proceder y protegerse, pues ni las autoridades, ni el personal de salud mostraban conocimiento claro sobre la evolución del virus y su tratamiento. Las personas de escasos recursos económicos, eran las más afectadas, debido a sus condiciones de vida, sin embargo, la pandemia atacó a todos los sectores. La educación, al igual que el trabajo pasaron a una nueva modalidad, que según (Muñoz Quizhpi et al., 2020) “En este contexto las TIC’s, son la base primordial para cualquier productor sea este pequeño, mediano o grande. La cantidad de producción cuando se habla de comercialización no es relevante, sino la de buscar formas para mejorar la productividad obteniendo como resultado los objetivos económicos deseados. El uso adecuado de ellas puede permitir trabajar desde un sitio remoto a la empresa; forma de actuar conocida como teletrabajo.

Según (Sund-Levander et al., 2004), el uso de sistemas de lectura térmica contribuyen como un modelo de protocolo de bioseguridad, tratando de esta manera de mitigar su propagación, pues al detectar automáticamente personas con temperaturas por encima del límite normal, se conoce quienes pueden ser posibles portadores de la enfermedad y así evitar que se conecten y otras personas y las puedan contagiar.

El Ministerio de Salud Pública del Ecuador, estableció requisitos y normativas que se deben cumplir para el acceso a diferentes lugares, siendo la medición de la temperatura corporal, uno de los factores predominantes de evaluación para permitir o no el acceso de personas a cualquier tipo de localidad. Siendo la intención de este control, mitigar la expansión del virus y proteger la seguridad y salud de la población (Servicio Nacional de Gestión de Riesgo y Emergencias, 2020).

Existen en el mercado, diversidad de dispositivos que permiten realizar la medición de la temperatura corporal, sin embargo, muchos de ellos no son exactos, además, son manejados por personas que en la mayoría de los casos no realizan un uso adecuado de los equipos o no le prestan la atención necesaria a este proceso. El avance de la electrónica y su convergencia con otros sistemas, como la inteligencia artificial (IA), permite diseñar modelos automatizados que puedan realizar estos procesos de una forma autónoma, sin errores, y todo el tiempo. En base a la información proporcionada

por (Servicio Nacional de Gestión de Riesgo y Emergencias, 2020), no existe un cumplimiento correcto de las normativas de bioseguridad, y los casos de contagio de esta enfermedad continúan en valores alarmantes para la sociedad ecuatoriana.

“Las empresas y los empleadores pueden cumplir un rol fundamental a la hora de prevenir y desacelerar la propagación del SARS-CoV-2 en el entorno laboral. El virus que causa la enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19). El COVID-19 es una enfermedad respiratoria que puede propagarse de persona a persona, especialmente entre personas que se encuentran cerca entre sí” (Salesiano et al., 2021).

Justificación

La ejecución de este proyecto se justifica, desde un punto de vista social, en virtud de que, actualmente, el monitoreo, control y sensado de las personas, en la mayoría de localidades, se lo realiza mediante termómetros infrarrojos, maniobrados por personal de cada Institución, que es, quien decide si puede o no acceder a sus predios, pero sin ningún tipo de medición exacta ni normativa clara de bioseguridad. En algunos casos, ni siquiera se realiza este control para el acceso a muchos lugares, por la cantidad de usuarios y ocupaciones que podría tener el personal a cargo del control.

Estos métodos se basan en sistemas tradicionales, los cuales son medir, observar, y tomar una decisión, sin embargo, existe la intervención humana para realizar esta tarea y decisión de las mismas, lo que coloca en riesgo a la persona que realiza el estudio, no solo por la interacción, ya que la tarea es repetitiva y tediosa, sino por el riesgo de contagio ya que se involucra de forma directa con las personas. (Bertran Albertí, 2006), detalla que, estos modos de uso, se encuentran basados en sistemas tradicionales, y que, al existir la intervención de los individuos, de manera directa, su decisión puede realizarse en muchos de los casos subjetiva, lo que conlleva un aumento en el riesgo de contagio y en la salud de la población. Además, hacerlo de una manera tradicional, lo convierte en algo monótono y cansón, lo que también influye directamente en la actitud, comportamiento y decisión del personal a cargo de los equipos. Justificándose así, que el uso de sistemas automáticos beneficiaría en todos estos aspectos.

La ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. presenta, la integración de la electrónica con la IA, en la captación de imágenes corporales, mediante análisis térmico infrarrojo; lo que justifica la ejecución de este proyecto, desde el punto de vista práctico, con la aplicación de tratamiento digital de imágenes, su procesamiento y control.



Figura 1. Análisis térmico infrarrojo.
Fuente. (OVACEN, 2020)

Definición del problema

Anteriormente se ha detallado, el surgimiento del COVID-19 y las implicaciones que ha traído consigo, hasta el momento no se ve un final para esta enfermedad, de echo siguen apareciendo nuevas sepas, que atacan incluso a personas ya vacunadas, lo que desemboca en que se sigan manteniendo normativas de bioseguridad, y que los sistemas que permitan mejorarlas van a ser cada día más útiles y necesarios. En tal virtud, el desarrollo de este proyecto coadyuvará a mitigar este problema de contagios masivos con la intención de que al ser usado se pueda controlar de una mejor manera a la población expuesta a ser portador del virus y eminentemente factor de contagio.

Para (Rivera, 2015), los protocolos de bioseguridad corresponden al conjunto de medidas preventivas, destinadas a mantener el control de factores de riesgo laborales y de espacios de concurrencia masiva, procedentes de agentes biológicos, físicos o químicos, logrando la prevención de impactos nocivos, asegurando que el desarrollo

o producto final de dichos procedimientos no atenten contra la salud y seguridad de trabajadores y usuarios.

Objetivos

Objetivo general

Proponer un sistema de medición de temperatura corporal, como protocolo de bioseguridad en espacios de concurrencia masiva, a través de la captación de imágenes termográficas, utilizando un algoritmo de procesamiento.

Objetivos específicos

- Fundamentar las teorías base que permitirán llevar adelante este proyecto.
- Diagnosticar la situación actual del control y cumplimiento de normativas de bioseguridad en espacios de concurrencia masiva, y en base a este conocimiento, iniciar con la elaboración de la metodología y el diseño.
- Desarrollar el sistema para la medición de temperatura corporal, con el desarrollo del algoritmo de procesamiento de imágenes termográficas.
- Probar el funcionamiento del sistema para elaborar la propuesta de su implementación.
- Analizar los resultados del proyecto, mediante conclusiones y recomendaciones.

Metodología

La metodología utilizada en el desarrollo de esta tesis, se ha realizado, siguiendo un orden estructurado y una secuencia lógica entre los siguientes aspectos: revisión de literatura, análisis del estado del arte del proyecto, diagnóstico de la situación actual del cumplimiento de esta normativa de bioseguridad, elección de hardware y software para el desarrollo del sistema, etapas de prueba y error, desarrollo de la propuesta, conclusiones y recomendaciones.

El tipo de investigación es científica, de forma experimental, lograda con el uso de herramientas de hardware y software, que permitieron realizar diferentes pruebas, y en base a su retroalimentación lograr la optimización en el funcionamiento del proyecto.

Capítulo I

Fundamentación teórica

1.1. Visión artificial

Conocida también como visión por computador, es una de las áreas asociadas a IA, en base a lo indicado por (Cancelas et al., 2016), los sistemas que basan su funcionamiento en visión artificial lo hacen a través de la simulación de este sentido, analizando los objetos adquiridos, procesándolos y entregando información importante para su tratamiento.

Para (Flores Calero, 2009), esta tecnología se ha convertido en tendencia, actualmente, varios proyectos la utilizan, de manera puntual en áreas de innovación o juegos. Al utilizar el procesamiento digital de señales, permite tomar imágenes, a través de diversos medios, procesarlas y analizarlas. Para esta tesis se pretende que sirva de insumo para capturar imágenes y procesarlas a través de la programación establecida sobre una tarjeta Raspberry Pi.

La inteligencia artificial (IA), ha incursionado también fuertemente en esta época de disrupción tecnológica, lo que ha permitido que mediante técnicas de machine learning, deep learning o redes neuronales, se puedan solventar variedad de problemas en el mundo digital. Su característica de aprendizaje automático y retroalimentación continua permiten que su capacidad de procesamiento sea altamente eficaz, con sistemas expertos y programación libre, acorde a cada desarrollador. Según (Flores Calero, 2009), la inteligencia artificial es una rama de las ciencias computacionales, encargada del razonamiento.

En base a (Mathworks, 2015), esta tecnología se desarrolla con la intención de volver autónomas tareas que son monótonas, iterativas y cíclicas. Su aplicación en este proyecto es con el objetivo de que permita que las imágenes junto al algoritmo entrenen al sistema para reconocer el rostro y detectar su temperatura en tiempo real.

La *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* indica los procesos de visión artificial, los mismos que según Merchán (2010) se considera como la sustitución del sentido de la vista, mediante la adquisición, procesamiento y tratamiento de señales digitales.

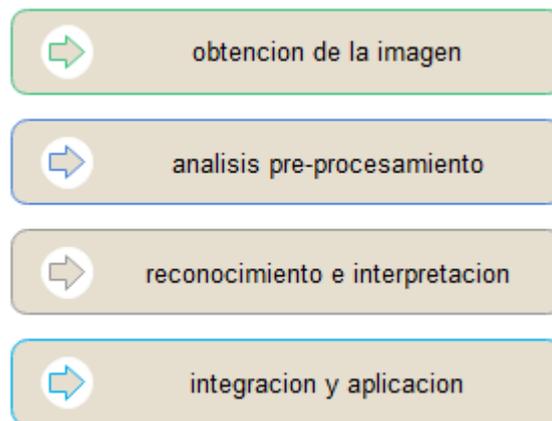


Figura 2. *Proceso de Visión Artificial*

Fuente: (Cancelas et al., 2016).

Las tareas básicas que ejecuta la visión artificial son:

- Automatiza tareas repetitivas.
- Realiza el control de calidad de productos.
- Inspección de objetos sin contacto físico.
- Inspección a grandes velocidades.

1.2.Arquitectura

La arquitectura de visión artificial es la que considera y elige las herramientas de hardware y software que deben ser utilizadas en el desarrollo de proyectos de este tipo, donde se pretenda utilizar esta tecnología, capturar imágenes, procesarlas y analizarlas. Para (Flores Calero, 2009), entre los sistemas de visión artificial, se puede decir que se identifican las siguientes arquitecturas: sistemas de monitoreo continuo e integrales.

1.3. Procesamiento digital de imágenes

La confidencialidad de la información que se procesa, es la base fundamental del procesamiento digital de imágenes, de esta manera se puede mejorar la calidad de las capturas recibidas, utilizando un conjunto de técnicas para procesar correctamente esta información. Para (Bertran Albertí, 2006.) el mejoramiento de las imágenes obtenidas, de acuerdo a cada tipo de proyecto, es realizado con el objetivo de utilizar filtros para el mejoramiento del sistemas, en todo el ciclo de monitoreo y control.

La utilización de los filtros permite mejorar el tratamiento de las imágenes obtenidas, con técnicas propias de estos, cuyas características y funciones principales son:

- Suavizar la imagen.
- Eliminar ruido.
- Realzar bordes, destacar los bordes que se localizan en una imagen.
- Detectar bordes, detectar los pixeles donde se produce un cambio brusco

1.4. Adquisición y digitalización

Para la adquisición de imágenes se utilizan técnicas de electrónica, como el uso de transductores o elementos que no son propios del sistema, para el caso de proyectos como la tesis planteada, se recomienda el uso de cámaras infrarrojas que permitan captar el rostro de las personas y la temperatura que en ese instante de tiempo presentan las capturas adquiridas. (OVACEN, 2020) indica que un cámara infrarroja empaqueta con una resolución de 80x60 pixeles, luego genera un dato sobre la temperatura corporal, calibrado de fábrica para los 4800 pixels, en un cuadro independiente de la temperatura de la cámara, con una precisión de $\pm 5\%$.

El tipo de digitalización se realiza configurando inicialmente con estimulación térmica, el modo en el que trabaja es mediante reflexión, interactuando con la fuente de emisión de calor, midiendo esa temperatura, todo de manera directa sobre el rostro que emite la señal, o en modo transmisión cuando la fuente de emisión se encuentra en caras opuestas; mediante esta estimulación se logra propagar el calor por ella hasta el momento que encuentre un problema o defecto en la captura, automáticamente realiza una modificación, de tal forma que, se obtienen diferenciales térmicos, que son analizados y retroalimentados para almacenarlos y procesarlos.

1.5.Sistema de monitoreo continuo

Un sistema de monitoreo continuo es aquel que necesita ser alimentado, mediante una respuesta en tiempo real de monitoreo visual que se encuentra realizando. Su nombre especifica que todo este tratamiento de imágenes debe ser de un proceso continuo y en tiempo real. Las tramas y sus secuencias deben ser constantes, igualmente se utilizan dispositivos como transductores para captar sucesiones de datos o videos, el procesamiento se lo realiza mediante los algoritmos sobre equipos que soporten alta capacidad de muestreo para que la información pueda ser confiable y analizada por completo (Novillo, 2014).

1.6.Factores y evaluación termográfica

Una imagen termográfica tiene muchos factores externos o internos que pueden afectar a la interpretación de la misma, es decir, en su resultado final estos se encuentran en el entorno de forma natural, además, son propios de los objetos o seres que aparecen, un ejemplo son los cuerpos que están expuestos por radiaciones emitidas, en este caso no todos los objetos tienen la misma capacidad de captación de la radiación infrarroja, ya sea por su reflectividad o transmitividad. Para (OVACEN, 2020), existen también variables que deben ser inspeccionadas, como la atmósfera, ya que estas influyen en la exactitud del objeto a evaluar, de donde se deriva la humedad y la temperatura del aire.

Según (Javier & Enzo, 2018), la emisividad del cuerpo, es un factor que influye de manera directa y afecta considerablemente los resultados del procesamiento. Además, otras variables que influyen en ese manejo de información son las cremas de aplicación cutánea, como: los cosméticos, cremas o geles.

La exposición solar por periodos de tiempo prolongado, influye también en la medición de temperatura corporal, para esto es necesario entrenar el sistema para que pueda automáticamente tomar decisiones y entender estas variables.

1.7.Técnicas de procesamiento de imágenes infrarrojas

La idea fundamental del procesamiento de imágenes infrarrojas, mediante la termografía de fase pulsada, es extraer y analizar en el dominio de frecuencia la respuesta térmica de la muestra inspeccionada, así como la extracción de sus frecuencias.

La termografía de fase pulsada es menos afectada que otras técnicas por el calentamiento no uniforme, las variaciones de emisividad y las inclemencias climáticas, tales como el aumento de luz solar. Para obtener una inspección uniforme se debe tener equipos con buena capacidad computacional, y en forma prioritaria, el programador debe establecer un área de censado con el fin de obtener datos exactos (OVACEN, 2020)

1.8.Reconstrucción de señales termográficas

La reconstrucción de una señal termo gráfica es una técnica de procesamiento de imágenes basada en la ecuación unidimensional de difusión de calor, que describe la evolución de la temperatura. La reducción de datos por procesar va en secuencia entera de imágenes, la cual puede ser reconstruida a partir de coeficientes de polinomio usado para la regresión, el mismo que s de orden bajo, dependiendo del contenido de ruido de la señal, así una secuencia de imágenes puede ser reducida, lo que permite liberar la memoria RAM del ordenador, ya que los comportamientos logarítmicos de los

pixeles que corresponden a un área defectuosa se alejan del comportamiento lineal en un instante de tiempo determinado (Alvarado, 2011).

1.9.Etapas del PDI

La visión artificial se centra en ordenadores, basados en el procesamiento de imágenes, dispositivos de entrada/salida y redes para el control de equipos. La principal ventaja de los métodos de procesamiento digital de imágenes es su versatilidad, repetitividad y la conservación de la precisión de los datos originales (Cancelas et al., 2016).

Para (Leal et al., 2010), las diversas técnicas de procesamiento de imágenes son las siguientes:

- Adquisición de la imagen
- Pre-procesamiento
- Segmentación
- Representación
- Rotación
- Interpretación

1.10. Procesos para la detección de rostro y ojos

Es un sistema de procesamiento de información que responde a estímulos, los cuales son generados externamente por el transductor en un instante de tiempo definido. Un sistema operativo de tiempo real, es aquel cuyo funcionamiento que depende de las señales producidas por el transductor, es decir, que el tiempo de respuesta entre cada evento tiene que ser acotado; la exactitud de un sistema RTOS no sólo dependen de los resultados lógicos que se produzcan, sino también de los tiempos en los que se produzcan, es decir, “El sistema puede introducir un estado incorrecto, si el resultado correcto se produce demasiado pronto o demasiado tarde con respecto a los límites de tiempo o plazos especificados” (Unayta, 2018.).

Este sistema operativo determina si se realiza las operaciones en instantes fijos y predeterminados, o intervalos de tiempo, cuando existe más de un proceso estos compiten por los recursos del procesador, es cuando se activa los núcleos y la velocidad de respuesta de la tarjeta de control (Alfonso & Larrea, 2016).

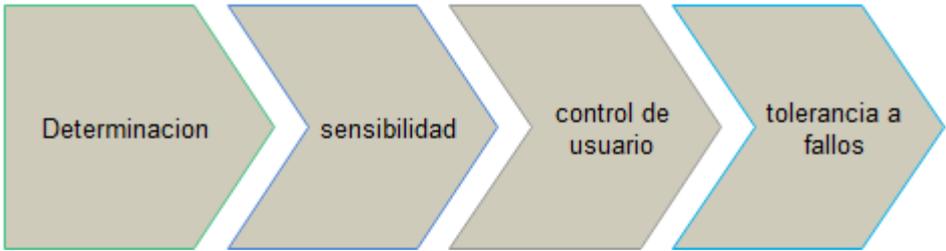
Los sistemas operativos de tiempo real, son un tipo concreto de sistema desarrollado para ejecutar aplicaciones que disponen de algún tipo de restricción temporal, las cuales se caracterizan por poseer unos requisitos específicos de ejecución y tiempo de respuesta, ya sea la de ejecutar acciones en menos tiempo predefinido o la de ejecutarse intervalos determinados, principalmente los (ROTS) presentan requisitos especiales que las diferencia del resto en áreas específicas, como se presenta en la . No se encuentra el origen de la referencia..



Figura 3. Requisitos operativos en tiempo real.
Fuente.(OVACEN, 2020).

1.11. Sistemas de visión por computador

Como lo plantea (Bertran Albertí, 2006), la visión por computador es el conjunto de herramientas y métodos que permiten obtener, procesar y analizar imágenes del mundo real con la finalidad de que puedan ser tratadas por un ordenador, automatizando de esta manera un mayor número de actividades, las mismas que al combinarse con IA entregan información fiable para la ejecución de las tareas programadas o previamente planificadas, con porcentajes ínfimos de error.

El proyecto de medición de la temperatura corporal, como protocolo de bioseguridad en espacios de concurrencia masiva, utiliza la visión por computador dentro de su propuesta de monitoreo, con la intención de mejorar la adquisición y tratamiento de

datos, mitigando los problemas provocados por la alta presencia de contagios del virus COVID-19, provocados por una falta de control oportuno y exacto de quienes pueden ser posibles portadores de la enfermedad, en lugares donde existe albergue para volúmenes altos de personas en espacios reducidos.

1.12. Raspberry Pi 3 Model B

Es un ordenador pequeño simple, se ha desarrollado para fomentar y ayudar en la enseñanza de la programación informática, siendo un excelente punto de partida para proyectos IoT (Internet de las Cosas). Su bajo costo, funcionalidad y desarrollo, dan como resultado una placa accesible para todos y con numerosas opciones de conectividad (“Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi,”).

1.13. Cámara web

Dispositivos con resolución digital, codificando los niveles de intensidad luminosa, la cámara web es utilizada para captar las imágenes del rostro y enviarlas para su procesamiento, plug and play es una ventaja de la mayoría de ellas, en virtud de que no necesitan configuraciones adicionales, la resolución mínima requerida es de 640 x 480 pixeles/30fps, se pueden acoplar a cualquier sistema operativo, sin embargo, los procesadores deben cumplir con ciertas características mínimas para que puedan funcionar correctamente, entre ellas: procesador Intel 1.6GHz o AMD y 512MB de RAM (Cancelas et al., 2016).

1.14. Open CV

Por sus siglas en inglés Open Source Computer Vision Library (Open CV) es una librería que permite el tratamiento de imágenes, utilizada en su gran mayoría para proyectos en los que son necesarias proceso de imágenes o visión en computadoras, de forma automática.

Es multiplataforma, convirtiéndose en una bondad de esta librería, su desarrolladora es Intel y fue creada para su uso en visión artificial, permite todo tipo de aplicativos:

seguridad, detección de movimiento, control, procesamiento de detección de imágenes, procesos, objetos, etc. Los integrados en Open CV están prestos para solucionar la mayoría de problemas, tales como recortar y reconstruir imágenes, o mejorarlas mediante la modificación de brillo, nitidez y contraste(OpenCV, 2016).

1.15. Instalación de Open CV en Raspbian

Para instalar Open CV en Raspbian, es necesario conocer que este sistema está basado sobre Debian (OpenCV, 2016), y, la manera en la que la literatura indica que debe instalarse es la siguiente.

- Actualiza las cabeceras del sistema operativo.
- Instala las dependencias necesarias para usar Open CV.
- Descarga y descomprime Open CV.
- Crea una carpeta built dentro de la descompresión y ejecuta cmake y make.

1.16. Librerías de Open CV

Las librerías de Open CV son de uso gratuito, en todo tipo de proyecto educativo, su desarrollo permite su funcionamiento bajo cualquier tipo de sistema operativo, permite además el uso de diferentes lenguajes de programación, siendo esta otra ventaja de esa librería (OpenCV, 2016).

En proyectos de procesamiento digital de imágenes, Open CV es altamente recomendado, por su adaptabilidad al uso de capturas en visión artificial.

1.17. Reconocimiento facial con Open CV

Open CV, a más de facilitar las librerías de visión por computador, nos proporciona herramientas muy efectivas para detectar rostros, sin embargo, no dispone de

funciones para identificar fácilmente a personas, por lo tanto, se utiliza la librería **Face_Recognition**, la cual está diseñada específicamente para realizar el reconocimiento facial en humanos (OpenCV, 2016).

Los sistemas de reconocimiento de rostros son un problema que sigue siendo investigado, ya que intervienen algunos factores que afectan la efectividad del reconocimiento facial, tales como: gestos, elementos que cubran el rostro, iluminación, distancia de la cámara, entre otros. El avance más significativo en este campo, es la aplicación de algoritmos matemáticos, los cuales requieren menos de cien valores para cifrar correctamente una imagen facial, y, el estudio de patrones del iris, como método de captación (OpenCV, 2016).

1.18. Detección y reconocimiento facial

La detección y reconocimiento facial se realiza mediante clasificadores, la manera en la que trabajan es a través de entrenamiento, igual que cualquier sistema de inteligencia artificial o redes neuronales, se debe entonces entregar al clasificador cantidad suficiente de datos, para el caso de esta investigación, imágenes del rostro con diferentes características.

La necesidad de monitorear el rostro humano y obtener la temperatura en tiempo real, como medio de prevención de contagios, hace de OpenCV indispensable en su desarrollo, en virtud de que los datos deben ser altamente precisos, inminentemente se debe utilizar clasificadores, esta librería lo permite a través del uso del algoritmo conocido como de Viola & Jones. (Flores Calero, 2009). La muestra las particularidades visuales en una imagen.

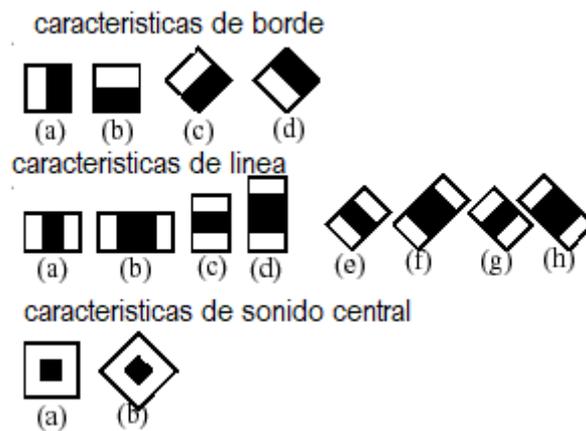


Figura 4. Características visuales en una imagen.
Fuente. (Flores Calero, 2009)

“Al momento de entrenar con la plantilla se busca combinaciones de las características expuestas en la imagen anterior. Y se selecciona las más significativas para que formen parte del clasificador. Cuando se requiere detectar objetos, el algoritmo aplica una serie de plantillas, sobre una región de interés en la que considera que podría hallarse el objeto en cuestión, si alguna de estas plantillas acaba dando positivo, el algoritmo considera que hay una coincidencia y se ha encontrado el objeto deseado, en este caso un rostro” (Flores Calero, 2009).

1.19. RGB

De manera literal (S. Bakhri, 2015) expresa que, una imagen de color RGB, es una matriz de $M \times N \times 3$ píxeles de color, el cual está basado en un sistema de coordenadas cartesianas que forman un cubo en sus tres esquinas, en los cuales se expresan los valores RGB (*rojo*(R), *verde*(G), *azul*(B)), en las tres esquinas restantes del cubo, se encuentran los valores de *cian*, *magenta* y *amarillo*, y, en el origen se encuentra el color negro y alejado se encuentra el color blanco, los cuales se aprecian en la **Figura 5**.

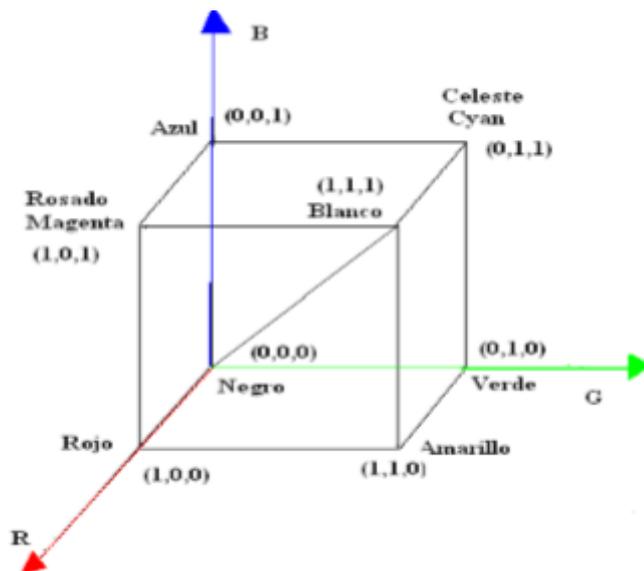


Figura 5. Esquema cartesiano de la imagen RGB.
Fuente. (S. Bakhri, 2015)

1.20. Microsoft Visual Studio

Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado para sistemas operativos Windows, soporta varios lenguajes de programación, tales como Visual C++, Visual C#, Visual J#, ASP.NET y Visual Basic.NET netamente dirigido a eventos, utiliza un lenguaje de desarrollo Basic con importantes agregados, entre estos tiene a disposición versión reducida de MY SQL Server, cuya limitación principal es la de no soportar base de datos que supere los 4GB (Microsoft visual basic, 2017).

De igual manera, (Microsoft visual basic, 2017) indica que Visual Studio es un entorno de desarrollo completo para sistemas operativos Windows, el cual admite diversos lenguajes de programación, incluye herramientas y componentes, puede compartirse y reutilizar las aplicaciones escritas en cualquier lenguaje de programación, el cual admite desarrollo, depuración, pruebas, colaboración, extensión y desarrollo de base de datos.

1.21. Unidad de control y reconocimiento

La ~~¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.~~ muestra la estructura de un sistema térmico, para (Oliva Ramos, 2017) la unidad de reconocimiento se convierte en uno de los principales bloques donde se interviene desde la central de procesamiento, su función es la de buscar las instrucciones en la memoria principal; así, decodificando, identificarlas y ejecutarlas empleando para ello la unidad de proceso.

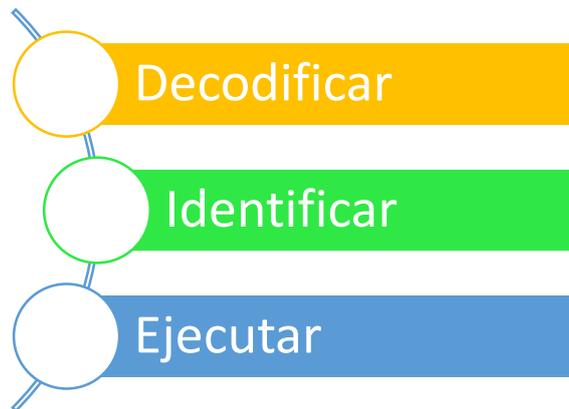


Figura 6. Estructura del sistema térmico.
Fuente. (Oliva Ramos, 2017)

1.22. Sistemas de reconocimiento facial automáticos

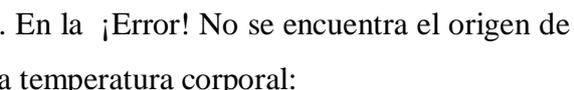
Un sistema de reconocimiento facial automático realiza la siguiente función: dada una o varias imágenes de un rostro desconocido, analiza los rostros registrados en su base de datos, aquella que coincida con un mayor grado de similitud o parecido, la valida devolviendo la identidad de esta. El sistema alertará fallos, cuando al presentar una entrada correspondiente a un individuo, que se desea reconocer y no conste en la base, da como resultado una identidad falsa activando alertas al sistema (Moreno, 2011).

1.23. Termografía infrarroja

La termografía infrarroja es una técnica que permite ver la temperatura de una superficie con precisión sin tener ningún contacto con ella, mediante la física se convierten las mediciones de la radiación infrarroja en mediciones de temperatura (Akano et al., 2015).

Por definición, la temperatura corporal es la temperatura interna del cuerpo, esta destemplanza no se puede medir con una cámara térmica, ya que esta no atraviesa los tejidos humanos, solo se puede medir la temperatura superficial lógicamente a menor que la interna, además, debido a algunos aspectos técnicos de la radiación infrarroja y las cámaras termográficas tampoco se podrá medir la temperatura absoluta (Reyes Mondragón, 2018).

La energía térmica o infrarroja es luz no visible, es decir, la parte del espectro electromagnético, la cual se percibe como calor.

La técnica empleada se basa en detectar una anomalía térmica en una persona de entre un grupo de personas, con una temperatura media concreta, por lo tanto, se asume que la mayoría de personas a revisar son consideradas como sanas, y las que presenten un cuadro inusual, es decir, una temperatura elevada en 1°C a la que se está tomando como medida normal, se considera que existe variabilidad térmica entre personas, según su metabolismo, edad, o sexo por lo que posiblemente no se detecte todos los casos de análisis del grupo. Los seres humanos nos caracterizamos porque somos isotérmicos y esto obliga a mantener una temperatura óptima de funcionamiento, al margen de las condiciones ambientales que nos rodean, es decir, si el núcleo central se calienta en exceso superando los 37°C empezará la refrigeración por evaporación “sudoración”. Si la temperatura baja a un determinado nivel, arranca procesos corporales para generar calor “tiritar”. La temperatura de una persona sana varía entre los 36°C y los 37.8°C (OVACEN, 2020). En la  se muestra la fisiología de la temperatura corporal:

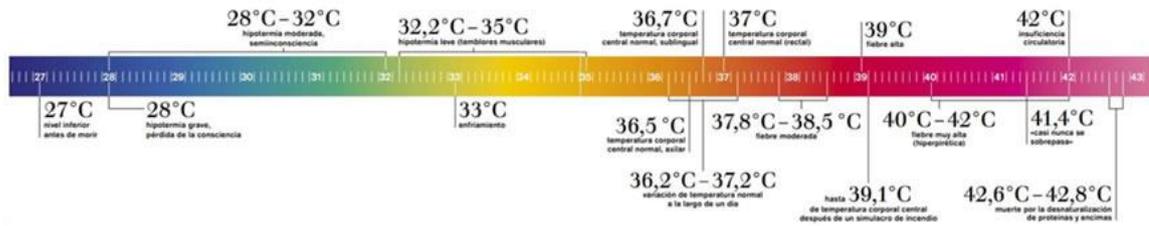


Figura 7. Fisiología de la temperatura.

Fuente. (OVACEN, 2020)

1.23.1. Cámara termográfica FLIR Lepton

Su característica principal es que su inteligencia, la misma que se justifica porque al utilizar una cámara termográfica en su módulo es configurable para ser utilizada como para aplicaciones de mediciones térmicas. Permite su adaptabilidad a diversas plataformas, con aplicaciones de video, su firmware de referencia y visualización del esquema de hardware es mediante desarrollo y código free (“Lepton LWIR Micro Thermal Camera Module | Teledyne FLIR,” 2018.).

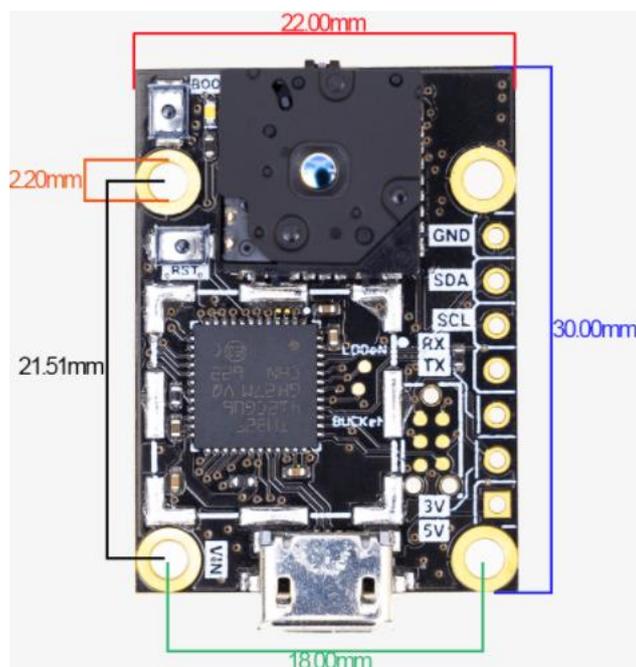


Figura 8. Cámara pure termal Flir leptón.

Fuente. (“Lepton LWIR Micro Thermal Camera Module | Teledyne FLIR,” 2018.)

La ~~¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.~~ presenta la cámara pure termal FLIR lepton, la misma que es ideal para mediciones térmicas, se puede utilizar en dispositivos móviles y diseños electrónicos pequeños, el módulo de micro imágenes térmicas LWIR de mayor resolución de FLIR ahora incluye LEPTON 3.5, la cual ofrece 120x160 micrones, posee una salida radiométrica en toda su matriz de 19.200 pixeles, permitiendo un rango de medición de hasta 400°C, proporcionando flexibilidad y adaptabilidad (“Lepton LWIR Micro Thermal Camera Module | Teledyne FLIR,” 2018).

1.23.2. Radiaciones infrarrojas

Las radiaciones infrarrojas se encuentran entre las zonas visibles e invisibles del espectro electromagnético. La principal fuente de radiación infrarroja es el calor o radiación térmica. Cualquier objeto que tenga una temperatura por encima del cero absoluto (-273,15 °C ó 0 K) emite una radiación en la zona de infrarrojos. Incluso aquellos objetos muy fríos como el hielo emiten radiación. Aunque nuestros ojos no pueden verlo, los nervios de nuestra piel pueden sentirlos como calor. Cuanto más caliente esté el objeto, mayor cantidad de radiación infrarroja emitirá (Palacios, n.d.).

1.24 Tipos de termografía.

Existen, dentro de la termografía infrarroja, una serie de maneras en función de cada una de las características y objetivos de uso que se pretendan brindar. Siendo su clasificación: activas, pasivas, cualitativas o cuantitativas.

Termografía comparativa cuantitativa. Consiste en la obtención de un rango o valor de temperatura que permite determinar cuál es la característica analizada. Se logra a través de la comparación entre la temperatura del objeto a estudiar con respecto a la de los instrumentos similares o la información referencial en base a sus datos. En áreas de emisividad alta, T y ΔT (temperatura y diferencia de temperatura, respectivamente), los datos obtenidos en su mayoría son confiables. Sus valores en áreas con emisividad baja, generalmente no entregan niveles de confianza altos. La

termografía comparativa al ser efectuada de una manera cuantitativa resulta fiable y eficiente, cuando se pretende analizar y evaluar el estado de los equipos o componentes con la aplicación de métodos de análisis que permitan inferir los datos de temperaturas aproximadas. TIR resulta complicado de ser determinado, sobre todo, si lo que se pretende lograr es conocer las temperaturas reales del mismo, gracias a que se deben contemplar varios parámetros que lleven a conseguir la medición real de temperaturas absolutas. Dentro de los cuáles se encuentran: emisividad, reflectividad y transmisividad (Rodríguez, 2017).

Entonces, las temperaturas aproximadas de un elemento se pueden conseguir en base a estas apreciaciones, la misma que en la mayoría de ocasiones resulta suficiente para la determinación de dificultad de una condición desfavorable. Esta técnica usa apreciaciones rápidas de emisividad, cálculos de temperatura y otros factores.

Consideraciones para las técnicas cualitativa y cuantitativa. Según (Rodríguez, 2017), en la termografía cuantitativa la determinación de la temperatura de un objetivo utilizando TIR, puede ser difícil debido a los múltiples factores técnicos y ambientales involucrados. Como resultado de ello, las mediciones absolutas TIR se realizan solamente si los valores de temperaturas muy precisas o pequeñas diferencias de temperatura, son críticos para un proceso y/o investigación. Estas determinaciones son realizadas únicamente en condiciones muy controladas. La termografía cuantitativa no se utiliza normalmente para la monitorización de estado. Por otro lado, la termografía cualitativa es la técnica más utilizada por la mayoría de las industrias; es muy eficaz en la identificación de los aspectos (hallazgos o anomalías) o puntos calientes en los aparatos eléctricos, las conexiones eléctricas calientes indeseables, fugas o equipos de intercambio de calor de fluido bloqueado y componentes (tubos), las fugas de líquido de recipientes a presión, tuberías y válvulas (Rodríguez, 2017).

Consideraciones para las técnicas pasiva y activa. La elección de la técnica depende de la aplicación, del alcance de la inspección y de los resultados que se quieren obtener, así como la precisión requerida. La termografía pasiva tiene aplicación mayormente para el monitoreo de condición de procesos mecánicos, metalúrgicos, eléctricos,

construcciones civiles y para diagnóstico médico. Por otro lado, la termografía activa tiene mayor aplicación en la caracterización y determinación de espesores de materiales. También se usa para el análisis de defectos superficiales y subsuperficiales como delaminación, grietas y poros, así como la cuantización precisa de datos (Chato, 2017).

Termografía Activa. Es aquella donde se estimula la superficie del material con alguna fuente de calor, como lámparas halógenas, resistencias calefactoras, rayos UV, corriente eléctrica o cualquier otro estímulo externo que eleve la temperatura del material u objeto bajo análisis. Se usa cuando el elemento no produce calor por sí mismo, está en reposo o hace parte de un mecanismo sin transferencia de calor asociado (Chato, 2017).

Termografía Pasiva. En este caso la radiación censada por la cámara es producida o emitida por el objeto bajo inspección sin necesidad de un estímulo externo. Esta radiación generalmente es producto de un proceso de transferencia de calor (conducción, convección o radiación), producido por rozamiento mecánico, movimiento mecánico continuo, fluidos en movimiento, corriente eléctrica, o cualquier proceso mecánico o eléctrico presente en componente analizado (Chato, 2017).

Criterios de diferencia de temperatura. Las temperaturas de referencia y los criterios de evaluación deben basarse en las temperaturas históricas o estadísticamente derivadas de máquinas o grupos de máquinas, cuando están en la condición "ideal" de funcionamiento. Los criterios de evaluación deben basarse en las temperaturas establecidas por los fabricantes, de elementos o grupos de equipos o de componentes similares. Se debe entender que estos criterios no deben aplicarse universalmente a tipos de máquinas similares debido a las variaciones locales en la aplicación, proceso, el medio ambiente, ciclo de trabajo, entre otros.

Criterios de temperatura máxima permitida. Se pueden utilizar criterios de temperatura máxima absoluta admisible, con base en los datos publicados para

identificar anomalías del sistema mecánico. Hay dos categorías de criterios, los de material y los de diseño. Los criterios materiales se utilizan cuando la integridad del propio material es de especial preocupación y es el foco de la supervisión. Los criterios de diseño se utilizan cuando la integridad del diseño es la principal preocupación y es el foco de la supervisión. Deben ser utilizados porque normalmente incorporan el rendimiento, funcionamiento, fiabilidad, capacidad y la firmeza del material. (Rodríguez, 2017)

Temperatura de medición. La cámara recibe radiación que se produce directamente desde el objeto inspeccionado e indirectamente por reflejos desde las fuentes circundantes a él. Sólo la radiación emitida por el propio objeto ($W\epsilon$) está relacionada con la temperatura de la superficie del cuerpo y la radiación reflejada se denomina temperatura aparente reflejada (T_{Refl} o W_p) (Rodríguez, 2017).

Temperatura Aparente Reflejada (RAT). Una temperatura aparente es la temperatura no compensada leída por una cámara de los objetos alrededor que reflejan sobre el punto a evaluar. La temperatura no compensada comprende las emisiones desde el objeto más la temperatura reflejada del alrededor y es importante tenerla en cuenta al momento de tomar termogramas, puesto que pueden dar medidas incorrectas generalmente mayores a las reales. Como la cámara ve la energía que es reflejada por objetos circundantes como la emitida por el objeto bajo inspección, se debe diferenciar cual es cual y compensar apropiadamente. La RAT reflejada es un parámetro importante para usar en conjunto con la emisividad, son parámetros necesarios para realizar mediciones correctas.

1.25. Filtros

Es un sistema que modifica los componentes de frecuencia de una señal, bien sea en fase o magnitud. Por ejemplo, un filtro de convolución se caracteriza por su respuesta a impulso.

La amplitud y la fase de la señal de salida dependen de la respuesta en frecuencia del sistema. Los filtros se diseñan para atenuar o amplificar un conjunto de frecuencia de una señal de entrada. La magnitud de la respuesta en frecuencia es una función par, mientras su fase es una función impar.

Enumeraremos los Filtros que existen:

1. Filtro pasa bajas.
2. Filtro pasa altas.
3. Filtro pasa banda.
4. Filtro rechaza banda.
5. Filtros ideales.
6. Filtro real.

Capítulo II

Metodología

2.1. Metodología

Esta tesis siguió un orden lógico en su desarrollo, iniciamos con una revisión de literatura, fundamentación teórica y estudio del estado del arte sobre el tema objeto de estudio, luego se realizó un análisis situacional, sobre el estado actual de los protocolos de bioseguridad utilizados para espacios de afluencia de gente, para que, luego de identificarlo se realice un análisis de los elementos para utilizar en la propuesta, su diseño y pruebas de funcionamiento. Cerrando la elaboración de este proyecto de titulación con la discusión de los resultados, sus conclusiones y recomendaciones.

El tipo de investigación fue de carácter científico, con un método experimental, no se identificó poblaciones ni muestras pues al ser un proyecto técnico de implementación, este estudio no es necesario, las técnicas utilizadas fueron la observación, el ensayo y la experimentación, por último, los instrumentos de recolección fueron las notas y retroalimentaciones respectivas sobre el diseño, la captura de imágenes y el entrenamiento del sistema.

El sistema se desarrolló de la siguiente manera:

- Revisión de literatura.
- Elaboración de conceptos teóricos.
- Análisis de la situación actual sobre cumplimiento de protocolos de bioseguridad.
- Selección de elementos de hardware y software para el desarrollo del sistema.
- Configuración de la cámara infrarroja, pruebas y ensayos.
- Entrenamiento del algoritmo a través de OpenCV.
- Pruebas de medición de temperatura.
- Comparación de resultados y retroalimentación.
- Simulaciones en tiempo real.
- Análisis financiero.
- Discusión, conclusiones y recomendaciones.

2.2.Diseño

2.3.1. Requerimientos para el procesamiento de las imágenes.

El objetivo de este proyecto fue el de desarrollar un sistema que sea capaz de realizar un análisis térmico, mediante la captación de imágenes termográficas, donde se definieron los modelos para la detección a través de la cámara infrarroja, con una detección a distancias menores o iguales a *20cm*.

La imagen de entrada, fue utilizada en el diagrama de bloques del procesamiento de imágenes termográficas, luego se convirtió en la paleta de grises, utilizando el software que por default viene en la cámara.

En el proceso de segmentación se tienen los datos del pixel en bruto, lo que constituye el contorno de una región o todos los puntos de una región determinada, en cada caso, fue indispensable realizar la conversión de la data a una que sea entendible por el sistema para ser procesada, para luego decidir si los pixeles comprendían una región completa o únicamente el contorno de la misma.

2.3.2. Desarrollo del software e instalación.

El uso de Open CV, que fue la librería escogida para el desarrollo de este proyecto, es compatible con varios sistemas operativos, como por ejemplo Windows, donde se pueden manejar diferentes lenguajes de programación y entornos de desarrollo Web. Su entorno de desarrollo resultó fácil para poder utilizar un algoritmo bastante confiable (Anexo 1).

La <https://www.visualstudio.com> presenta la página oficial de Visual Studio, su instalación es bastante sencilla y su uso es muy versátil dentro del campo de IA, su descarga se la realiza a través del enlace <https://www.visualstudio.com>, en esta tesis utilizamos la versión Visual Community 2017.

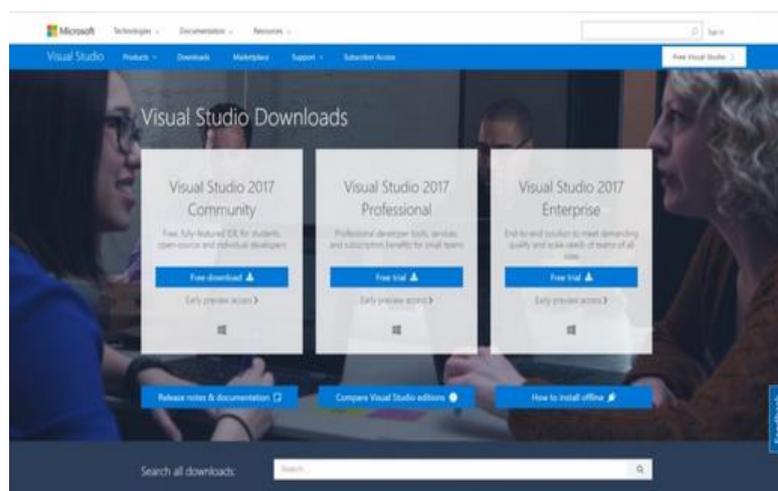


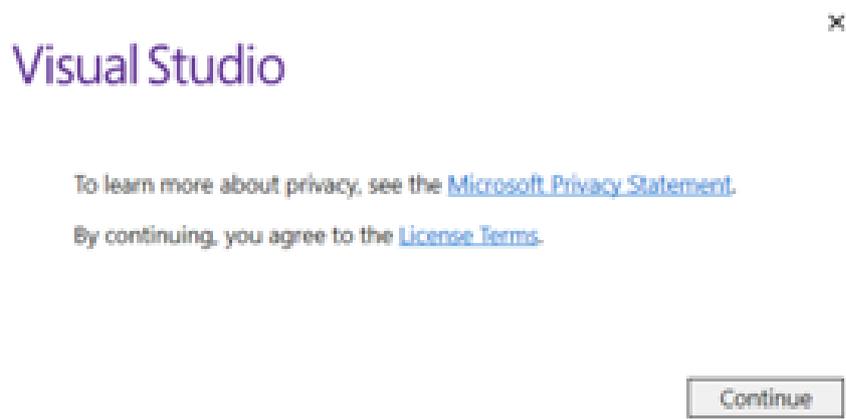
Figura 9. *Página oficial de Visual Studio.*

Fuente. (Instalar Visual Studio, 2018).

Luego de realizar la descarga, se procede con la instalación, la misma que incluye los paquetes necesarios para su correcto funcionamiento, es entonces cuando se personaliza el ambiente de desarrollo, luego de acceder a la carpeta que contiene el programa, debemos cerciorarnos de que al entrar en el archivo exista el siguiente parámetro:

- **Vs_community.exe** para Visual Studio Community.

Luego, se procede con la creación de una cuenta, damos clic en aceptar y automáticamente inicia la instalación, la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#) detalla lo señalado anteriormente, acotando nada más que se debe aceptar los término de uso de licencia y declaración de privacidad.



Visual Studio

To learn more about privacy, see the [Microsoft Privacy Statement](#).

By continuing, you agree to the [License Terms](#).

Continue

Figura 10. Términos y condiciones de licencia.

Fuente. (Instalar Visual Studio, 2018).

Luego de instalar de manera exitosa el programa, fue necesario reiniciar la tarjeta de control, después, a través de la selección de cargas de trabajo, se personalizó el ambiente de trabajo o entorno de desarrollo, pues es imperativo para que trabaje correctamente con IA, detallado todo este proceso en la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#).

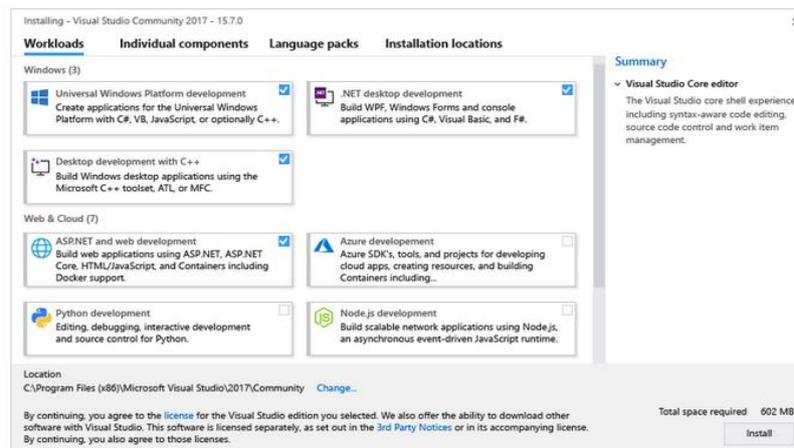


Figura 11. Cargas de trabajo en Visual Studio.
Fuente. (Instalar Visual Studio, 2018).

Como recomendación, se deben mover los componentes compartidos a la memoria cache, esencial para la optimización de recursos en la tarjeta de control, la **Figura 12** indica este proceso, para que el procesador trabaje en circunstancias óptimas.

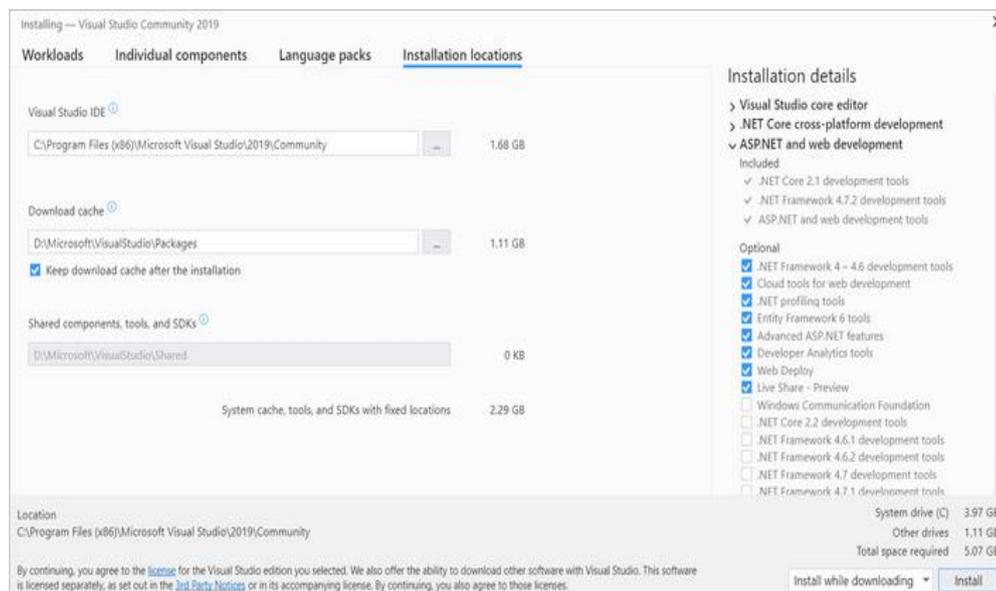


Figura 12. Ubicación de la instalación de Visual Studio.
Fuente. (Instalar Visual Studio, 2018)

Cuando iniciamos Visual Studio fue necesario crear un nuevo programa para darle vida a este proyecto de titulación, luego escogimos el tipo de aplicación requerida, dependientes de las cargas de trabajo que se aceptaron durante su instalación. Filtramos la búsqueda y enlazamos a Open CV.

En el caso de Open CV, realizamos la descarga en el enlace: <http://opencv.org/downloads.html>, y, escogimos la versión Win Pack. La razón por la que realizamos esto es debido a que su entorno de desarrollo es sencillo y sus prestaciones bastante altas, lo que nos produce proyectos eficientes y confiables, su lenguaje de programación es C y C ++.

Como el proyecto se basa en la adquisición de imágenes, mediante visión artificial, se elaboró con el uso de la librería Open CV, por sus prestaciones y compatibilidad para este tipo de sistemas, para que su uso sea altamente confiable descargamos la última versión para Windows (10.8.7), la misma que posee una licencia BSD y su uso es libre para proyectos de orden académico. (OpenCV, 2016).

Los paquetes necesarios para el uso de esta librería fueron: soporte para leer, escribir, mostrar imágenes y reproducir videos. Es compatible con varios lenguajes de programación, y, técnicamente es una máquina virtual WebAssembly, que se convierte en código nativo al ejecutarse en un navegador, la **figura 13** detalla la instalación de las dependencias.

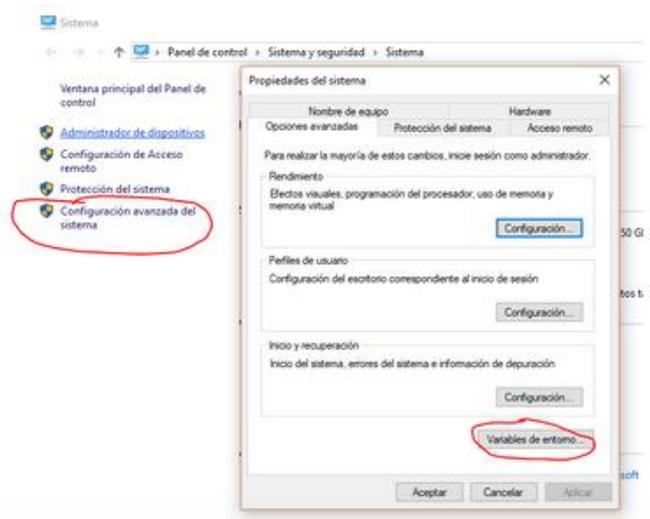


Figura 13. Instalación de las dependencias de Open CV.

Fuente.(OpenCV, 2016)

Su configuración y enlace con Visual Studio se describe a continuación:

- Abrimos Visual Studio y se procede a la creación de un nuevo proyecto.

- Se crea el proyecto "en visual C++" y se elige proyecto nuevo, indicamos un nombre y carpeta para el proyecto y procedemos a la creación.
- Ya creado el proyecto se añade un archivo C++ haciendo clic derecho sobre la carpeta, "archivos de recurso/agregar/nuevo elemento" y se procede a seleccionar "archivo C++(.cpp) y le agregamos main.cpp".
- Después en la pestaña del proyecto seleccionamos (propiedades de OpenCVdemo).
- En la ventana que se selecciona la pestaña "C/C++ y en la opción directorios de inclusión adicionales indicamos "C:/OpenCV/build/include".
- Ahora en la pestaña de "Vinculador (linker)/ General" en directories de bibliotecas adicionales (Additional Library Directories) añadir, "C:/OpenCV/build/x64/vc32/lib".
- Al finalizar se tendrá que cambiar el modo de depuración del proyecto a (x64), además recuerde cambiar la ruta de la imagen a una ruta y nombre del equipo, con esto ya se puede ejecutar el programa y probar que funcione correctamente.

Capítulo III

Diseño de la propuesta de un sistema de medición de temperatura corporal

3.1. Diseño del sistema de detección de temperatura corporal

El diseño del sistema de medición de temperatura corporal, se basa en el procesamiento digital de señales, el cual, a través de un análisis termográfico detecta la temperatura del rostro de las personas, con una distancia dentro de los rangos permitidos, a través de la cámara infrarroja escogida para el proyecto, mediante los fotogramas que se adquieren en este proceso, además, para complementar el diseño, haciéndolo más confiable, se utiliza una webcam la adquisición de imágenes y la creación de la base de datos, entonces, se analizar la captura, y si esta cumple los parámetros de programación establecidos se procede a realizar su almacenamiento en la base de datos, la data almacenada son fotos captadas al momento de validar su información, si no se cumple con estas características, en la pantalla del ordenador se indicarán los pasos a seguir para mejorar la obtención de la muestra.

3.2. Algoritmo de detección térmica

En la **figura 14**, se muestra el algoritmo utilizado para la detección térmica, aquí se consideran todos los parámetros indicados anteriormente, para validar si la imagen captada es no válida y si procede a ser almacenada en la base de datos. Con este proceso, se confía plenamente en que la variable muestreada cumple o no las características detalladas en la programación, para consecuentemente mostrar su temperatura corporal y emitir los mensajes respectivos de aceptación de acceso o denegación del mismo.

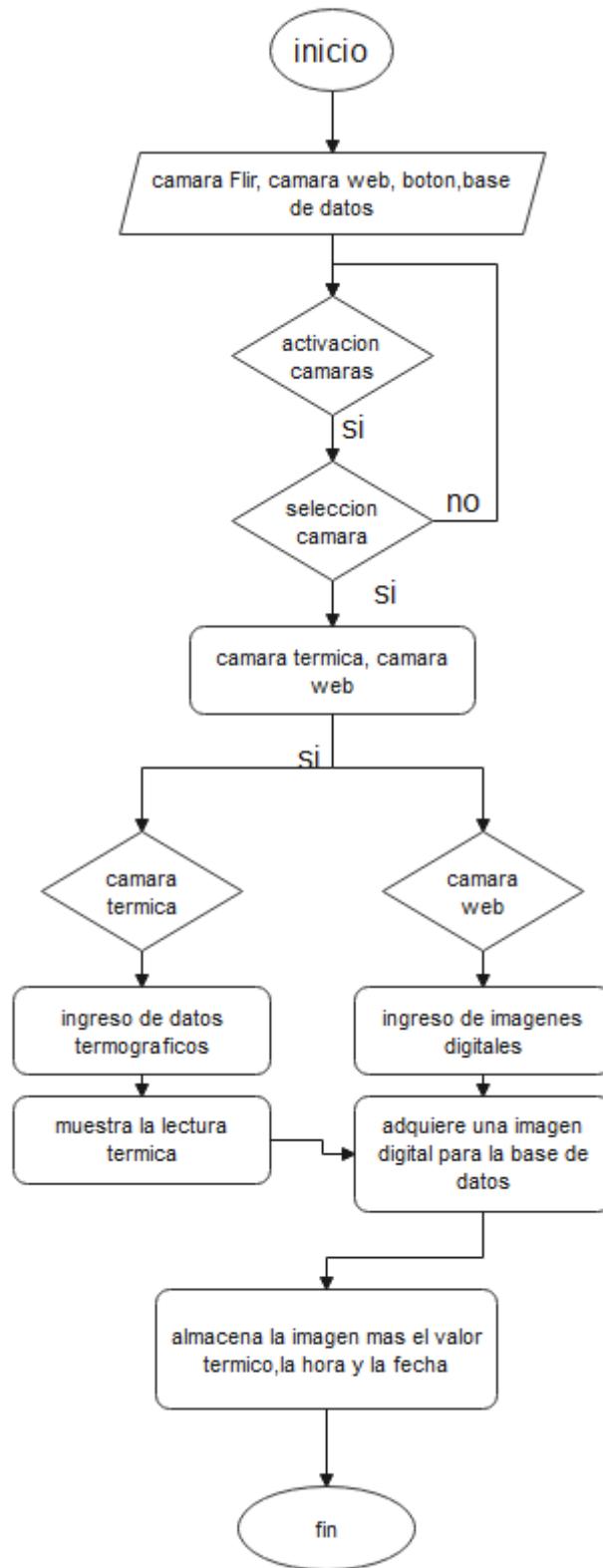


Figura 14. Algoritmo de detección térmica.
Fuente. El Autor.

3.3. Procesamiento digital de las señales obtenidas

El procesamiento digital de las señales obtenidas, utiliza herramientas de hardware y software para su tratamiento, aquí, se examina la operatividad de las cámaras y se define las regiones que interesan ser delimitadas, las etapas de este análisis térmico se muestran en la **figura 15**.

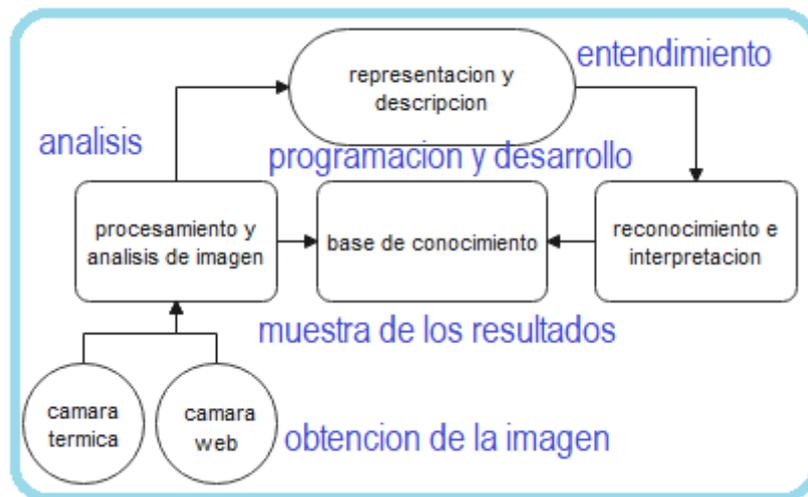


Figura 15. Etapas del análisis térmico.
Fuente. El Autor.

3.4. Adquisición y procesamiento de imágenes

Para la adquisición de la imagen se necesitan un transductor, que para este proyecto se dividió en la cámara térmica y la webcam, su funcionamiento es el ya conocido como principio básico de un sensor, es decir, convierten la señal obtenida, en una señal eléctrica que puede ser utilizada y transformada hacia una señal digital para ser tratada.

El procesamiento de las imágenes almacenadas se lo realiza para mejorarlas y ser utilizadas de una mejor manera en el análisis, se utilizan técnicas de mejoramiento de contraste, eliminación de ruido y asilamiento de regiones, todos estos procesos se los realiza con el uso de algoritmos que permiten minimizar los errores y maximizar el éxito en su procesamiento.

3.5. Análisis termográfico y pruebas de funcionamiento

La termografía es un procedimiento que se emplea para obtener información sobre la temperatura de un objeto a distancia sin emplear el espectro electromagnético, mediante cámaras que puedan transformar la energía radiada en información calórica.

Las características necesarias para su implementación son las siguientes:

- Encuadre adecuado de la imagen a analizar, hace referencia al posicionamiento del objeto visible en la posición, en la cual aporte mayor información al sistema, como se observa en la **figura 16**.
- Enfoque adecuado para la toma de medidas, así como también un ajuste adecuado del rango de temperatura, pues no es conveniente fijar un rango muy grande, para mayor exactitud y precisión en la medida, como se aprecia en la **figura 17**.

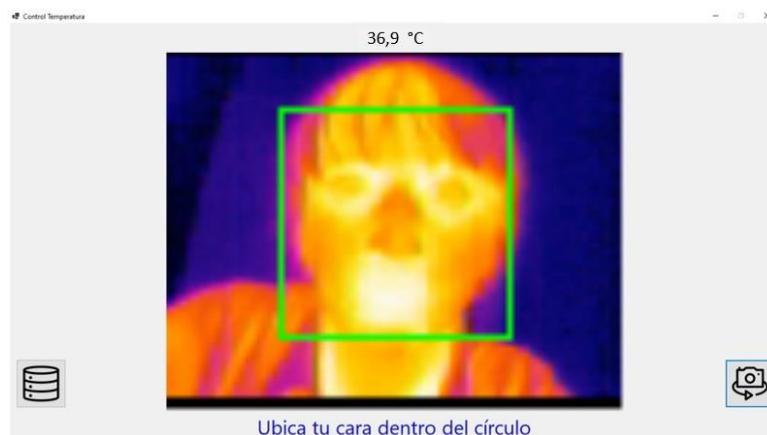


Figura 16. Encuadre adecuado de la imagen.
Fuente. El Autor.

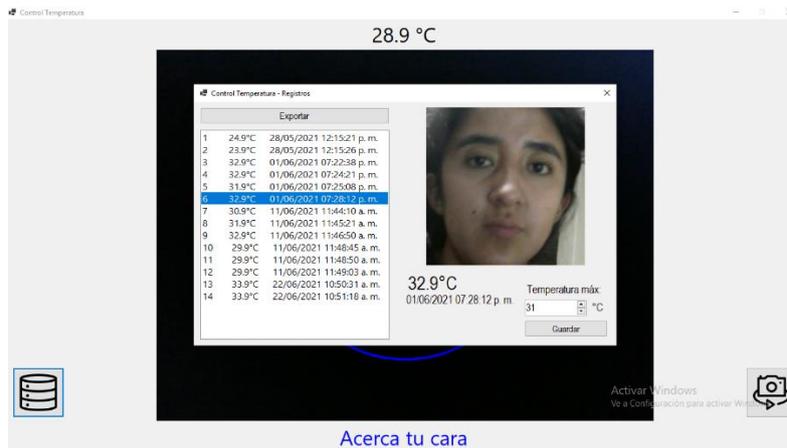


Figura 17. Enfoque adecuado para la toma de medicadas.
Fuente. El Autor

A continuación se indica al usuario si este puede ingresar o detenerse, para lo cual se ha establecido un rango máximo de temperatura 37°C, si este supera la temperatura establecida, se mostrará el mensaje que se observa en la **figura 18**.

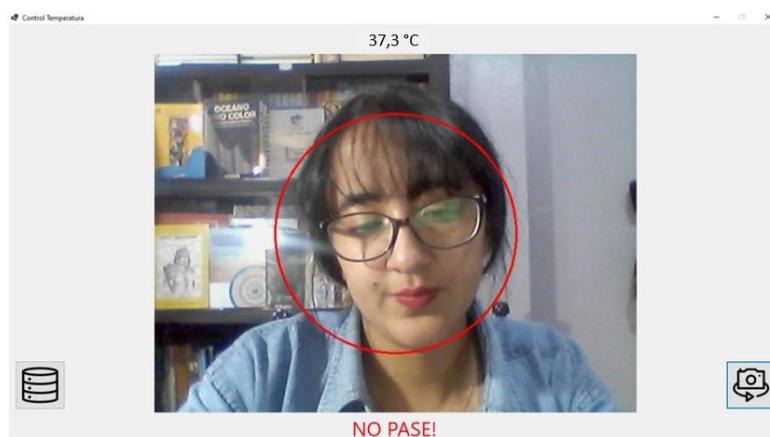


Figura 18. Análisis termográfico no invasivo.
Fuente. El Autor.

Una vez que se realiza el análisis a los diferentes usuarios, se crea una base donde se almacenan los registros, donde se registran los diferentes rostros de los usuarios, adjuntando una fotografía de la persona que hizo uso del equipo, creando un sistema de seguridad de termografía no invasiva, además, se registra en la base de datos la información sobre su número de usuario, temperatura, fecha y hora; como se aprecia en la **figura 19**.

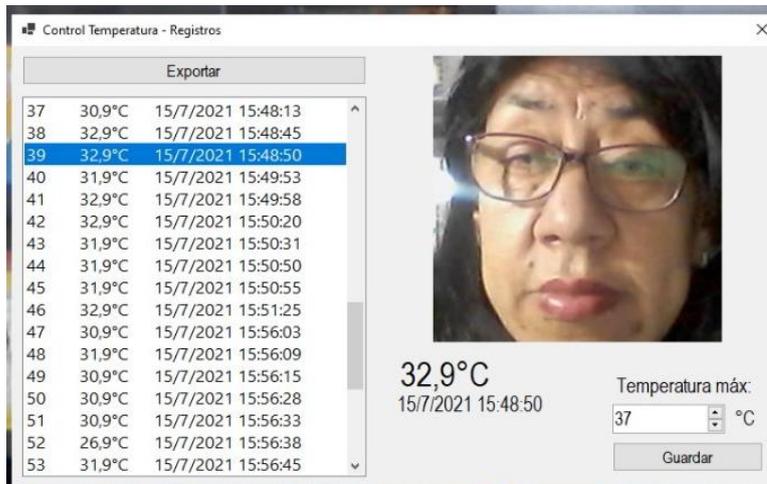


Figura 19. Base de datos.

Fuente. El Autor.

3.6. Alertas, control y ventajas del sistema

Dentro de los síntomas asociados al contagio del virus COVID-19 se encuentra, como uno de los principales, la temperatura corporal, siendo el que mayor control registra al momento de ingresar o no a lugares donde existe concurrencia de personas. Por esta razón es necesario su análisis, y parametrizar los límites permitidos, en los rangos en los que la temperatura corporal resulta ser normal y no sobrepasa los valores que generan alarmas sobre su contaminación. Este proyecto y su desarrollo está orientado a la medición de temperatura corporal, con técnicas no invasivas, por ellos se establecen los rangos de medición, todo esto en la programación (Anexo 2), al utilizar cámaras, se logra mantener a las personas sin contacto con los dispositivos y únicamente se detecta su rostro para obtener información, el programador asigna el valor máximo permitido al ingresar a un determinado lugar y todos los usuarios que tengan una temperatura menor o igual a la establecida en la pantalla del ordenador podrán ingresar, para esto también se incorporó indicativos mediante mensajes voz y texto (Anexo 3), tanto en la pantalla del ordenador, como en los altavoces del equipo,

con alertas sobre si el individuo analizado puede o no tener acceso. La **figura 20**, muestra este interfaz.



Figura 20. Alerta térmica.
Fuente. El Autor.

3.7.Alertas auditivas

Las alertas auditivas emiten una señal acústica cuando el sistema de seguridad se activa, por cualquier incidente, que emita una alarma o un aviso, en este caso hemos puesto una alarma o alerta sonora con dos avisos, el primero consiste en determinar si el usuario, al momento de acercar su rostro, la cámara verifica que tiene una temperatura adecuada a los límites propuestos, y, el sistema le indica por medio de la bocina que puede ingresar; el segundo aviso por su parte permite que el usuario al momento de acercar su rostro a la cámara, esta detecta rangos sobre un límite de temperatura, y enseguida, la alerta indica que no puede ingresar por sobrepasar límites de valores permitidos, como se puede observar en la **figura 21**.

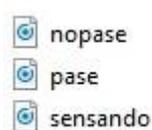


Figura 131. Audios de alerta
Fuente. El Autor.

En la **figura 22**, podemos observar el bucle que se utilizó para la creación de las alarmas sonoras o auditivas, el mismo que envía una señal de alerta en cada momento especificado.

Resources	25/08/2021 20:26	Carpeta de archivos	
concr140.dll	23/11/2020 1:01	Extensión de la ap...	302 KB
ControlTemperatura.deps.json	25/08/2021 20:26	Archivo JSON	24 KB

Figura 142. Bucle de voz
Fuente. El Autor.

3.8. Protocolo de bioseguridad

La emergencia sanitaria provocada por el COVID- 19, obligó a que exista confinamiento en todo el mundo, cerrando todo tipo de lugar donde existía una gran concurrencia de personas, es por eso que es esencial proteger la salud y la seguridad de todos; obligados a realizar planes de bioseguridad para la reapertura de dichos lugares, con el fin de que la economía regrese, cumpliendo siempre con las debidas precauciones.

Los siguientes lineamientos del protocolo serán para preservar la integridad de cada persona, al momento del ingreso a diferentes establecimientos. A continuación, describiremos el protocolo de bioseguridad:

1. Informar a cada empleado los lineamientos que expone el Ministerio de Salud (en el caso de empleados).
2. El ingreso al establecimiento será de la manera expresada en la **figura 23**.



Figura 153. Secuencia de áreas de monitoreo sanitario y desinfección.

Fuente. El Autor.

La implementación del sistema de temperatura en espacios de concurrencia masiva es primordial para el ingreso, ya que este servirá de alerta al momento que se encuentre alguna persona con uno de los síntomas de este virus, como, por ejemplo, fiebre.

También, podemos acompañar con un área de desinfección de manos para prevenir contagios. Bajo la siguiente estructura:

1. El puesto de trabajo debe estar ordenado y limpio.
2. Distancia física: mantener un distanciamiento mínimo 2 metros.

3.9.Análisis económico y costos de implementación

El presupuesto para la generación de un nuevo proyecto se analiza entre los diferentes actores dueños del mismo, desarrolladores, propietarios, personal, mano de obra, etc., ya que esta información, permite determinar la relación costo beneficio del proyecto, y en base a esta decidir la conveniencia de su implementación.

Plan de Implantación

Dificultades previstas y efectos sobre la cultura organizacional

A la hora de tratar de implementar el servicio se pueden presentar problemas de desconocimiento, falta de colaboración por parte de las personas para poder llevar la acción de cambio, se debe tener en cuenta los problemas estructurales que pueden darse en cuanto a la infraestructura para la adaptación de equipos y adaptación de horario, se debe hacer entender a la gente que debe familiarizarse con este sistema porque va ser de uso diario y general y que estos cambios ayudan a la reducción de contagios por la pandemia.

El Costo Total de Propiedad (TCO) es el costo total de un producto (por ejemplo, un sistema de información) a lo largo de su ciclo de vida completo. El TCO toma en cuenta no sólo los costos directos sino también los indirectos y los recurrentes. Los costos directos pueden ser, por ejemplo, el costo de los equipos: los ordenadores, las infraestructuras de red o el costo del software (los costos de las licencias). Los costos

indirectos pueden ser los costos de mantenimiento, administración, formación del usuario o del administrador, los costos de desarrollo y de soporte técnico. Por último, los costos recurrentes pueden ser, por ejemplo, los productos consumibles, la electricidad, gastos de alquiler, etc.

Partiendo de la premisa que si un proceso no se mide no es posible controlarlo, para los procesos informáticos ocurre otro tanto; en otras palabras, es necesario medir lo que significa, para una organización, en términos de costo la utilización de los Sistemas de Información. Es evidente que la utilización de los sistemas informáticos se puede medir utilizando variables distintas al costo, pero éste es el que normalmente ocupan las empresas para evaluar sus actividades.

Un buen análisis TCO permite descubrir los costos “ocultos” o los costos no-obvios que podrían quedar fuera del proceso de compra o del proceso de planificación.

Costos ocultos de software:

Privativo

La implementación de soluciones privativas implica adicionalmente otros costos ocultos, muchas veces difíciles de cuantificar:

- Riesgo ante demandas / Costosas soluciones de administración de licencias.
- Protección contra virus.
- Caídas de sistemas por problemas de seguridad. (Microsoft es mundialmente el principal objetivo de los hackers).
- Falta de escalabilidad y flexibilidad.

Beneficios de la migración a SL:

- Flexibilidad
- Arquitectura

- Portabilidad
- Libertad
- Independencia del proveedor
- Opción de distribuciones (Linux)
- Soluciones a la medida
- Adaptación de código abierto
- Seguridad

El TCO no es un análisis de costo beneficio completa, porque de hecho no considera los beneficios para el negocio ni los ahorros de costos.

Costos directos

- **HARDWARE.** - Puede ser:

Inversiones en activos fijos y cuotas de leasing.

Puede incluir las estaciones de trabajo, redes, teléfonos y otras infraestructuras.

- **SOFTWARE:** Puede ser:

Inversiones en activos fijos y cuotas de leasing.

- **ADMINISTRACION DE SISTEMAS:** Puede ser:

Gastos por personal propio y pagos por servicios externos para la administración de la infraestructura IT.

- **SOPORTE:** Puede ser:

Gastos por personal propio y pagos por servicios externos para soportar a los usuarios.

- DESARROLLO: Pueden ser:

Gastos de mano de obra para diseño, testing, mantención y documentación.

- COMUNICACIONES: Puede ser:

Gastos anuales por arriendos de líneas, servicios de acceso remoto, WEB, WAN.

Costos indirectos:

- COSTOS DE USUARIOS: Puede ser:

Costos no determinados por autoaporte de usuarios, capacitación inusual de los usuarios, etc.

- DOWNTIME: Puede ser:

Pérdidas de productividad por tiempos planeados o no planeados de downtime.

- COSTOS DE OPORTUNIDAD: Puede ser:

Otros beneficios no realizados como resultados de esta inversión.

Costos recurrentes:

- Electricidad.
- Gastos de alquiler.
- Riesgo ante demandas / Costosas soluciones de administración de licencias.
- Protección contra virus.
- Falta de escalabilidad y flexibilidad.

El TCO calculado se refleja en las tablas 1 y 2.

TCO = SUMA (COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS + COSTOS RECURRENTES)

$$TCO = \$370 + \$45 + \$30$$

$$TCO = \$ 445,00$$

Estos costos incluyen hardware, software, servicios profesionales, costos de personal interno, etc.

Debemos tener en cuenta los costos de software (licenciamientos, alquiler, etc). Soporte y los costos indirectos como entrenamiento, integración y pruebas, personalización, análisis de datos, consultoría, personal y equipo de implementación.

No siempre un proyecto que es rentable para un particular es también rentable para la comunidad y viceversa (Ortega Castro & García Abad, 2014). Sin embargo, siempre se demostrará que, los proyectos de impactos social pesan mucha al momento de tomar decisiones sobre su implementación o no, en virtud de que su aporte no es para generar réditos económicos, sino más bien, para propulsar y mejorar la calidad de vida de las personas.

Tabla 1. Costos directos e indirectos del proyecto.

COSTOS DIRECTOS		COSTOS INDIRECTOS	
HARDWARE	\$ 150,00	COSTOS DE USUARIO	\$ 15,00
SOFTWARE	\$ 20,00	DOWNTIME	\$ 10,00
ADMINISTRACION DE SISTEMAS	\$ 15,00	COSTOS DE OPORTUNIDAD	\$ 20,00
SOPORTE	\$ 5,00		
DESARROLLO	\$ 150,00		
COMUNICACIONES	\$ 30,00		
TOTAL	\$ 370,00	TOTAL	\$ 45,00

Fuente. El Autor.

Tabla 2. Costos recurrentes.

COSTOS RECURRENTE	
Electricidad	\$ 20,00
Gastos de alquiler	\$ 0,00
Protección contra virus	\$ 10,00
Licencias	\$0,00
TOTAL	\$ 30,00

Fuente. El Autor.

CAPÍTULO IV

Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

Una vez culminado el trabajo de titulación denominado: Sistema de medición de temperatura corporal, a través de imágenes termográficas, como protocolo de bioseguridad en espacios de concurrencia masiva, se concluye:

El uso de sistemas manuales coadyuva a la solución de problemas de carácter social, sobre todo en esta época de pandemia, como un aporte de la electrónica e inteligencia artificial hacia la bioseguridad.

Los sistemas tradicionales utilizan equipos antiguos y obsoletos, lo que demuestra que el utilizar un prototipo de estas características influye directamente en el control adecuado de ingreso a espacios de concurrencia masiva.

Trabajar con tecnología de punta, acoplar IA y sistemas de detección de imágenes permitió cumplir con los objetivos de la tesis, el uso correcto de estas tecnologías y las herramientas de hardware y software fueron indiscutiblemente útiles para brindar una solución con altas prestaciones, además, las cámaras deben entregar imágenes correctas y el sensor medir la temperatura exacta del cuerpo humano.

En el desarrollo se identificaron problemas en la captación y medición de temperatura, lo que se logró corregir trabajando directamente en la cámara que realizaba este proceso, la cámara viene incluidos valores precisos, al ser un prototipo, sean lo más cercanos a la realidad. Esto se lograría mejorar utilizando equipos de mayores prestaciones, sin embargo, incrementarían el costo del equipo.

La termografía infrarroja, es una técnica mediante la cual se realizan inspecciones y mediciones de la temperatura no invasiva en las personas, y en base a este parámetro, el equipo alertara de posibles cambios o alteraciones en el comportamiento térmico, es

por eso que se utilizó un algoritmo de procesamiento de imágenes termográficas, escogiendo el uso de Microsoft Visual Basic con código de programación en OPEN CV.

La IA y el uso de dispositivos de medición no invasivos, fueron los que convirtieron este proyecto en innovado, la convergencia de tecnologías y la integración de visión artificial, permitieron obtener imágenes adecuadas para ser tratadas, analizadas, procesadas y almacenadas en la base de datos, para que, con esta correcta medición y fiabilidad en la información, generar las alarmas para cuando una persona presenta valores de temperatura superiores a los normales, programados en el sistema con antelación.

4.2.Recomendaciones

Una vez culminado el trabajo de titulación denominado: Sistema de medición de temperatura corporal, a través de imágenes termográficas, como protocolo de bioseguridad en espacios de concurrencia masiva, se recomienda:

El uso de tecnología, como el caso del desarrollo sobre Microsoft Visual Basic, con código de programación y librerías de OPEN CV, es recomendable, en virtud de que ofrecen un alto estándar de programación. Esto brinda la convicción de que al partir de un modelo sencillo se pueden ir incrementando variables en el programa, fortaleciéndolo y haciéndolo de fácil comprensión, tanto para un desarrollador con experiencia, así como para uno que recién se esté iniciando.

En base a las pruebas de funcionamiento realizadas para la validación del proyecto, se recomienda usar cámaras de alta definición, que sean autoajustables para que el equipo opere de una mejor manera, esto coadyuva a evitar posibles errores en la obtención de datos y el manejo de la información.

A los organismos e instituciones donde existe gran flujo de personas, la utilización de este método de toma de temperatura corporal, considerando que su funcionamiento no es complicado y que no requiere de personal sumamente capacitado para su manejo;

de esta manera, esta tecnología se convierte en un protocolo de bioseguridad altamente eficaz y confiable, detectando automáticamente uno de los síntomas que produce este virus, con la finalidad de evitar el contagio o propagación del COVID-19.

Bibliografía

- Acquah, F. (2011). No Title. *הגות עלון*, 66(July), 37–39.
- Akano, A. O., Dixon, A. G. O., Mba, C., Barrera, E., Fregene, M. A., Nägele, T., Henkel, S., Hörmiller, I., Sauter, T., Sawodny, O., Ederer, M., Heyer, A. G., Lokko, Y., Dixon, A. G. O., Offei, S. K., Danquah, E., Fregene, M. A., Listgarten, J., Lippert, C., ... Ferguson, M. E. (2015). No Title. *主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析*. *Nature Reviews Genetics*, 11(1), 1–14.
- Alfonso, A., & Larrea, C. (2016). *Registrador de datos de bajo coste y acceso remoto (Datalogger) Resumen Resum.*
- Automotrices, S. (2021). *Development of a thermographic device to identify body temperature in public*. *Desenvolvimento de um dispositivo termográfico para identificar a temperatura*. 6(5), 1032–1053.
<https://doi.org/10.23857/pc.v6i5.2727>
- Bertran Albertí, E. (n.d.). *Procesado digital de señales : fundamentos para comunicaciones y control*. Edicions UPC.
- Bertran Albertí, E. (2006). *Procesado digital de señales Fundamentos para comunicaciones y control - I*. 48.
- Briceño, D. P. (2021). *Artículo original Conocimiento , actitud y práctica sobre CoVID-19 en un barrio al suroeste de Guayaquil , Ecuador Knowledge , attitude and practice about CoVID-19 in a neighborhood southwest of Guayaquil , Ecuador*. 161–174.
- Cancelas, J. A., González, R. C., Álvarez, I., & Enguita, J. M. (2016). *Conceptos y Métodos en Visión por Computador*. In *Conceptos y Métodos en Visión Por Computador* (Vol. 1).
- Chauca, R. (2021). *La covid-19 en Ecuador: fragilidad política y precariedad de la salud pública*. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 28(2), 587–591.

<https://doi.org/10.1590/s0104-59702021005000003>

- Flores Calero, M. J. (2009). *Sistema avanzado de asistencia a la conducción mediante visión por computador para la detección de la somnolencia*. 219.
- Inca-Ruiz Patricio, I. L. A. C. (2020). Evolución de la enfermedad por coronavirus (COVID-19) en Ecuador | La Ciencia al Servicio de la Salud. *Revista Ciencia Al Servicio de La Salud y La Nutrición*, 11, 5–15.
<http://revistas.espoch.edu.ec/index.php/cssn/article/view/441>
- Instalar Visual Studio*. (2018).
- Javier, G., & Enzo, C. (2018). *Nspección Termográfica De Líneas Eléctricas Y Torres De Telecomunicaciones Implementado En Dron Dentro De La Ciudad De Guayaquil*.
- Leal, N., Leal, E., & Br, W. (2010). *técnicas de segmentación de imágenes Traffic surveillance systems base on image segmentation techniques*. 7(3).
- Lepton LWIR Micro Thermal Camera Module | Teledyne FLIR*. (n.d.).
- López Romero, W. L. (2016). SISTEMA DE CONTROL DEL ESTADO DE SOMNOLENCIA EN CONDUCTORES DE VEHÍCULOS Trabajo. *Universidad Técnica De Ambato*, 122.
- Moreno, R. J. (2011). *SISTEMA DE DETECCI ON CONDUCTORES MEDIANTE POR TECNICAS DE VISI ON*.
- Muñoz Quizhpi, A., Ortega, J. C., & Quevedo Sacoto, S. (2020). Adopción del teletrabajo en las empresas manufactureras de la ciudad de Cuenca. Primeros pasos. *I+D Tecnológico*, 16(1), 46–53. <https://doi.org/10.33412/idt.v16.1.2439>
- Novillo, C. (2014). Diseño E Implementación De Un Sistema De Seguridad Con Videocámaras, Monitoreo Y Envío De Mensajes De Alertas a Los Usuarios a Través De Una Aplicación Web Y/O Vía Celular Para Mejorar Los Procesos De Seguridad De La Carrera De Ingeniería En Sistemas Comp. *Universidad de*

Guayaquil, 5–173.

Núñez, A. (2020). Estrategias de bioseguridad en tiempos de COVID-19 Biosafety strategies in times of COVID-19 Resumen. *Bióloga, MSc Epidemiología. Docente Titular, Grupo Biociencias. Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia*, 1(1), 5. <https://hemeroteca.unad.edu.co/10484063-0fcd-4c28-9ab6-8cf40969c2f6>

Oliva Ramos, R. (2017). *Monitoreo, control y adquisición de datos con Arduino y Visual Basic .Net*. Marcombo.

OpenCV. (2016). *OpenCV*.

Ortega Castro, J., & García Abad, R. (2014). Medición de los niveles de contaminación de CO y CO₂, a través de un sistema electrónico basado en PLC's, para el monitoreo de la calidad del aire en la Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo - RIAT*, 10(2), 217–224. <https://doi.org/10.4067/riatvol10iss2pp217-224>

OVACEN. (2020). *Cámaras termográficas: Cómo detectar fiebre ante Coronavirus COVID 19*. OVACEN Periodismo Al Detalle.

Palacios, J. (n.d.). *Análisis Termográfico. Herramienta De Mantenimiento Predictivo*. www.juanpalacios.es

Reyes Mondragón, Á. (2018). Aplicación de cámara termográfica en la prevención de fallas del sistema eléctrico para mejorar la confiabilidad de unidades Komatsu 730E Bayovar – 2018. *Universidad César Vallejo*.

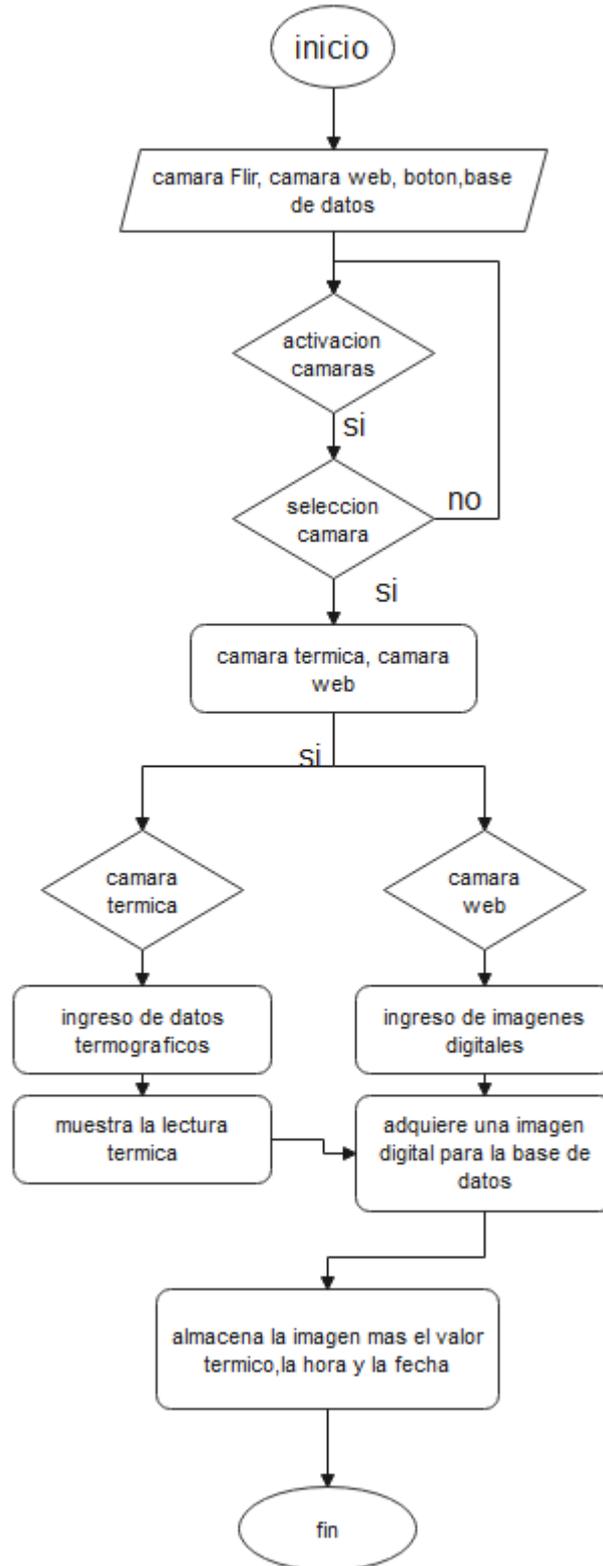
Rivera, C. A. R. (2015). Facultad De Ciencias E Ingeniería. *Pontificia Universidad Católica Del Perú*, 1–105.

Rodríguez, D. A. (2017). *Aplicación de la termografía infrarroja como método de inspección no destructivo para el mantenimiento predictivo del proceso de extrusión de tubería en PVC*.

- S. Bakhri. (2015). No Title空間像再生型立体映像の研究動向. *Nhk技研*, 151(1), 10–17.
- Salesiano, U. E. T., Fernández-Hernández, Ai., Educativos, S. D. E. F., 1234456487, Glosario, A. I., Posso, R., García Reyes, L. E., Autora, P., Pel, J., & Espinoza, J. (2021). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 6.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35612/1/Trabajo de Titulacion.pdf%0Ahttps://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GUIA-METODOLOGICA-EF.pdf>
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgo y Emergencias. (2020). Informe de situación COVID-19 Ecuador 16 de Marzo de 2020. *COE Nacional*, 008, 1–10.
- Sund-Levander, M., Grodzinsky, E., Loyd, D., & Wahren, L. K. (2004). Errors in body temperature assessment related to individual variation, measuring technique and equipment. *International Journal of Nursing Practice*, 10(5), 216–223. <https://doi.org/10.1111/j.1440-172X.2004.00483.x>
- Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi*. (n.d.).
- Unayta. (n.d.). Teoría del color: guía básica del color. 2018, 1(1), 1.

Anexos

Anexo 1. ALGORITMO



Anexo2. PROGRAMACIÓN

```
{
  "runtimeTarget": {
    "name": ".NETCoreApp,Version=v5.0",
    "signature": ""
  },
  "compilationOptions": {},
  "targets": {
    ".NETCoreApp,Version=v5.0": {
      "ControlTemperatura/1.0.0": {
        "dependencies": {
          "CsvHelper": "27.1.0",
          "Emgu.CV": "4.5.1.4349",
          "Emgu.CV.Bitmap": "4.5.1.4349",
          "Emgu.CV.runtime.windows": "4.5.1.4349",
          "LiteDB": "5.0.10",
          "LeptonUVC": "1.0.6809.28369"
        },
        "runtime": {
          "ControlTemperatura.dll": {}
        }
      },
      "CsvHelper/27.1.0": {
        "runtime": {
          "lib/net5.0/CsvHelper.dll": {
            "assemblyVersion": "27.0.0.0",
            "fileVersion": "27.1.0.0"
          }
        }
      },
      "Emgu.CV/4.5.1.4349": {
        "dependencies": {
          "System.Drawing.Primitives": "4.3.0",
          "System.Runtime": "4.3.1",
          "System.Runtime.InteropServices.RuntimeInformation": "4.3.0"
        },
        "runtime": {
```

```

    },
    "runtimes/win-x86/native/cvextern.dll": {
      "rid": "win-x86",
      "assetType": "native",
      "fileVersion": "4.5.1.4349"
    },
    "runtimes/win-x86/native/opencv_videoio_ffmpeg451.dll": {
      "rid": "win-x86",
      "assetType": "native",
      "fileVersion": "2020.9.0.0"
    }
  }
},
"Emgu.runtime.windows.msvc.rt.x64/19.28.29336": {
  "runtimeTargets": {
    "runtimes/win-x64/native/concrt140.dll": {
      "rid": "win-x64",
      "assetType": "native",
      "fileVersion": "14.28.29334.0"
    },
    "runtimes/win-x64/native/msvcp140.dll": {
      "rid": "win-x64",
      "assetType": "native",
      "fileVersion": "14.28.29334.0"
    },
    "runtimes/win-x64/native/msvcp140_1.dll": {
      "rid": "win-x64",
      "assetType": "native",
      "fileVersion": "14.28.29334.0"
    },
    "runtimes/win-x64/native/msvcp140_2.dll": {
      "rid": "win-x64",
      "assetType": "native",
      "fileVersion": "14.28.29334.0"
    }
  },
}

```

Anexo 3. INTEGRACIÓN DE ALARMAS DE TEXTO Y VOZ.

 Resources	25/08/2021 20:26	Carpeta de archivos	
 concrt140.dll	23/11/2020 1:01	Extensión de la ap...	302 KB
 ControlTemperatura.deps.json	25/08/2021 20:26	Archivo JSON	24 KB

-  nopase
-  pase
-  sensando

Abstract

DANIELA ANDREINA RONQUILLO RONQUILLO

The pandemic that we are currently experiencing has brought with it innumerable social, economic, environmental and health problems. The emergence of new strains has so far not allowed daily activities to return to the normality in which we were accustomed to live before this confinement. Under these circumstances, there are several ways to control the respect for biosafety regulations, most of them, carried out through manual activities, with unreliable equipment, where the presence of the individual determines whether a person can be admitted or not to enter different places. Therefore, the objective of this study is to propose a body temperature measurement system that can be used within the compliance of biosafety protocols. In its structure, it presents an adequate study of literature and state of the art, accompanied by a methodology for the acquisition of information and development of the system. It details the use of artificial vision and digital image processing, showing how to capture body temperature at face level, applying artificial intelligence, with the use of non-invasive and non-contact systems. The most relevant conclusion is that the use of automatic control systems contributes to the solution of social problems, especially in this time of pandemic, as a contribution of electronics and artificial intelligence towards biosecurity.

Keywords: Artificial intelligence, monitoring, open CV, body temperature, artificial visión.

Azogues, 7 de octubre de 2021

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA,
CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR
PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.

Abg. Liliana Rgiles Amoroso, Mgs.
COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES

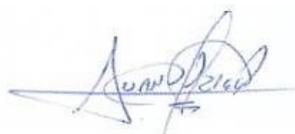


CERTIFICACION DE ANTIPLAGIO (TURNITIN)

Es menester informar además que el presente trabajo de titulación tiene una coincidencia del 9% de índice de similitud en contenidos con otras fuentes, 6% fuentes de internet, 0% publicaciones y 6% trabajos del estudiante, coincidencias excluidas <1%; según reporte del sistema anti plagio (Turnitin) de nuestra Universidad.

Por la atención que dé al presente suscribo de Ud. agradecido.

Atentamente:



**Ing. Juan Carlos Ortega
Castro. Mg Universidad
Católica de Cuenca UAIC**

TESIS_D_RONQUILLO

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Pedagogica y Tecnologica de Colombia Trabajo del estudiante	6%
2	repository.libertadores.edu.co Fuente de Internet	3%

Excluir citas Apagado Excluir coincidencias < 1%
Excluir bibliografía Apagado



El Bibliotecario de la Sede Azogues

CERTIFICA:

Que, **Daniela Andreina Ronquillo Ronquillo** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302962097** de la Carrera de **Ingeniería Electrónica**, Sede Azogues, Modalidad de estudios presencial no adeuda libros, a esta fecha.

Azogues, **05 de octubre del 2021**


Byron Alonso Torres Romo
Bibliotecario


Universidad
Católica
de Cuenca
SEDE AZOGUES
BIBLIOTECA

 <p>Universidad Católica de Cuenca</p>	<p>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</p>	<p>CÓDIGO: F – DB – 30</p> <p>VERSION: 01</p> <p>FECHA: 2021-04-15</p> <p>Página 65 de 72</p>
---	---	---

Daniela Andreina Ronquillo Ronquillo portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302962097**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Sistema de medición de temperatura corporal, a través de imágenes termográficas, como protocolo de bioseguridad en espacios de concurrencia masiva”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, **05 de octubre del 2021**



F:

Daniela Andreina Ronquillo Ronquillo

C.I. 0302962097



Byrón Alonso Torres Romo
Bibliotecario

