



**Universidad Tecnológica ECOTEC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Título del Trabajo:**

SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC

**Línea de Investigación:**

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

**Modalidad de Titulación:**

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**Carrera:**

INGENIERÍA EN SISTEMAS CON ÉNFASIS EN SISTEMAS

**Título a obtener:**

INGENIERO EN SISTEMAS

**AUTOR:**

Coronel Teanga, Erick Enrique

**TUTOR:**

Ing. Bustamante Chong, César, Mgs

Guayaquil 2021

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano. También está dedicado a mi esposa Victoria que fue mi mayor apoyo durante todo este proceso y también a toda su familia en especial a Cristina (la gorda) que fue una parte fundamental para cumplir con este objetivo.

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito.

A mis padres y a mi esposa por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Agradezco a mi director de tesis Ing. César Bustamante quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación.

Agradezco a todos los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Ecotec.

## CERTIFICACION DE REVISION FINAL

QUE EL PRESENTE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN TITULADO:

### SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC

ACOGIÓ E INCORPORÓ TODAS LAS OBSERVACIONES REALIZADAS POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL ASIGNADO Y CUMPLE CON LA CALIDAD EXIGIDA PARA UN TRABAJO DE TITULACIÓN, POR LO QUE SE AUTORIZA A: **(ERICK ENRIQUE CORONEL TEANGA)**, QUE PROCEDA A SU PRESENTACION.

Samborondón, 02-07-2021

Ing. César Bustamante Chong, Msc:



Firmado electrónicamente por:  
**CESAR ANTONIO  
BUSTAMANTE CHONG**

CESAR BUSTAMANTE CHONG

para mí +

Si: Mgr

Roberto Cascaño

DELEGADO TITULACIÓN DE LA FACULTAD

18:04 (hace 3 minutos) ☆ ↶ ⋮

Yo, César Bustamante Chong, docente de la universidad ECOTEC, en calidad de tutor, certifico que la tesis fue realizada en su totalidad por el señor Erick Coronel Teanga, y una vez revisada por mí persona, autorizo a ser almacenada en la carpeta de la universidad destinada para este propósito.

Saludos cordiales,

Ing. César Bustamante Chong, Msc  
Docente - Facultad de Ingenierías  
FIC: 64 3723480 Ext.: 514  
[www.ecotec.edu.ec](http://www.ecotec.edu.ec)

**CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS**

Habiendo sido nombrado CÉSAR BUSTAMANTE CHONG, tutor del trabajo de titulación SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC elaborado por ERICK ENRIQUE CORONEL TEANGA, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERIA EN SISTEMAS CON ÉNFASIS EN SISTEMAS.

Se informa que el mismo ha resultado tener un porcentaje de coincidencias (0%) mismo que se puede verificar en el siguiente link: (<https://secure.arkund.com/view/104987459-108789-705110>). Adicional se adjunta print de pantalla de dicho resultado.

**Original****Document Information**

Analyzed document	CORONEL TEANGA ERICK ENRIQUE FINAL.docx (D310134964)
Submitted	7/5/2021 4:40:00 AM
Submitted by	Cbustamante
Submitter email	cbustamante@ecotec.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	cbustamante.ecotec@analysis.arkund.com

**Ing. César Bustamante Chong, Msc:**

Firmado digitalmente por:  
**CESAR ANTONIO  
BUSTAMANTE CHONG**

CESAR BUSTAMANTE CHONG

para mí

Sr. Mgr

Roberto Cascaño

DELEGADO TITULACIÓN DE LA FACULTAD

Yo, César Bustamante Chong, docente de la universidad ECOTEC, en calidad de tutor, certifico que la tesis fue realizada en su totalidad por el señor Erick Coronel Teanga, y una vez revisada por mí persona, autorizo a ser almacenada en la carpeta de la universidad destinada para este propósito.

Saludos cordiales,

**Ing. César Bustamante Chong, Msc**

Docente - Facultad de Ingenierías

PEO: 64 3725400 Ext.: 514

[www.ecotec.edu.ec](http://www.ecotec.edu.ec)

18:54 (hace 3 minutos) ☆ ↶ ⋮

## RESUMEN

El reconocimiento facial es una tecnología biométrica de amplia utilización para control de personas, no solo en las organizaciones de cualquier tipo, sino también en el área educativa como medio de control de asistencia. La crisis sanitaria obligó a las instituciones educativas a impartir la educación de forma online, y no en todas se tiene un control preciso de la asistencia de los estudiantes, como lo es el caso de la Universidad Ecotec, cuyo control de asistencia no ofrece garantía total de comprobar la identidad del estudiante. Para tal efecto, se propuso el desarrollo de un prototipo a ser consumido como servicio web para registrar las asistencias online y presencial, utilizando un enfoque cualitativo y entrevistas para el levantamiento de información. Del análisis de la información obtenida se determinaron las herramientas para el desarrollo, escogiendo Python, OpenCv, *eigenfaces* y haarcascade para el diseño del prototipo. De las entrevistas se conoció que existen inconvenientes en el momento del registro de la asistencia, por lo que la implementación de un sistema que mejore el proceso actual sí sería adecuado. Para las pruebas de funcionalidad, se realizó la trazabilidad de los casos de prueba y los requisitos funcionales, que permitieron validar exitosamente el servicio web del prototipo, comprobándose que el registro de asistencia de los estudiantes se realizó de forma automática mediante el reconocimiento facial. Por último, se plantearon las conclusiones a las que se llegó luego de finalizado el proyecto y se presentaron algunas recomendaciones a considerar para futuros estudios.

*Palabras clave:* biometría, reconocimiento facial, registro de asistencia, Python, OpenCV, *eigenfaces*, haarcascade

## **ABSTRACT**

Facial recognition is a widely used biometric technology to control people, not only in organizations of any type, but also in the educational area as a means of attendance control. The health crisis forced educational institutions to provide education online, and not all of them have precise control of student attendance, as is the case of the Ecotec University, whose attendance control does not offer a full guarantee to verify the identity of the student. For this purpose, the development of a prototype was proposed to be consumed as a web service to record online and face-to-face assistance, using a qualitative approach and interviews to collect information. From the analysis of the information obtained, the development tools were determined, choosing Python, OpenCv, eigenfaces and haarcascade for the prototype design. From the interviews it was known that there are drawbacks at the time of registration of assistance, so the implementation of a system that improves the current process would be appropriate. For the functionality tests, the traceability of the test cases and the functional requirements was carried out, which allowed to successfully validate the prototype web service, verifying that the students' attendance record was carried out automatically through facial recognition. Finally, the conclusions reached after the end of the project were raised and some recommendations to be considered for future studies were presented.

*Keywords:* biometrics, facial recognition, attendance log, Python, OpenCV, eigenfaces, haarcascade

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	11
ÍNDICE DE FIGURAS .....	12
ÍNDICE DE ANEXOS .....	13
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO.....	6
1.1. Teorías y principios sobre el registro de asistencia estudiantil .....	7
1.1.1. Asistencia estudiantil .....	7
1.2. Introducción a la biometría y los Sistemas biométricos.....	9
1.2.1. Tipos de sistemas biométricos .....	10
1.3. Experiencias de la tecnología del reconocimiento facial .....	16
1.3.1. Experiencia Internacional .....	18
1.3.2. Experiencia Nacional .....	20
1.4. Visión artificial .....	21
1.5. Sistemas de reconocimiento facial.....	23
1.5.1. Métodos de reconocimiento facial .....	24
1.5.2. Detección facial .....	26
1.6. Algoritmos de reconocimiento facial.....	28
1.6.1. EigenFaceReconigzer .....	29
1.6.2. Biblioteca OpenCV .....	31
1.7. Modelo de desarrollo de software .....	32
1.8. Lenguajes de desarrollo.....	34
1.8.1. Python .....	34
1.8.2. C++.....	36
1.8.3. C#.....	37
1.9. Bases de datos .....	38
1.9.1. MySql .....	38
1.9.2. Oracle.....	39
1.9.3. Sql .....	40
1.10. Fundamento legal .....	41
CAPÍTULO II METODOLOGÍA DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN .....	46
2.1. Enfoque de la investigación .....	47

2.2.	Tipo de investigación .....	48
2.3.	Período y lugar donde se desarrolla la investigación .....	49
2.4.	Universo y muestra de la investigación .....	49
2.5.	Definición y comportamiento de las variables de estudio.....	49
2.5.1.	<i>Variable dependiente</i> .....	49
2.4.2.	<i>Variable independiente</i> .....	49
2.4.3.	<i>Operacionalización</i> .....	49
2.6.	Métodos de investigación.....	50
2.7.	Procesamiento y análisis de la información .....	51
2.8.	Modelo de desarrollo de software .....	51
2.8.1.	Modelo de Prototipos.....	51
CAPÍTULO III ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....		55
3.1.	Entrevista a los Coordinadores de Carrera .....	57
3.1.1.	<i>Conclusión de la entrevista</i> .....	60
3.2.	Entrevista a los docentes de la carrera de Sistemas .....	60
3.2.1.	<i>Conclusión de la entrevista</i> .....	63
CAPÍTULO IV PROPUESTA.....		65
4.1.	Comunicación .....	66
4.2.	Plan rápido.....	68
4.3.	Modelado de diseño rápido.....	68
4.3.1.	Elección del modelo de desarrollo.....	69
4.3.2.	Elección del lenguaje de desarrollo .....	69
4.3.3.	Elección de la base de datos.....	69
4.3.4.	Modelo Entidad-Relación .....	69
4.4.	Construcción del prototipo .....	70
4.4.1.	Reconocimiento y entrenamiento del modelo para identificación de rostro .....	70
4.4.2.	Implementación de <i>eigenfaces</i> .....	70
4.4.2.1.	Primer paso.....	70
4.4.2.2.	Segundo paso.....	70
4.4.2.3.	Tercer paso.....	70
4.4.3.	Clasificadores cascada de haar .....	71

4.4.4.	Captura y reconocimiento de rostros.....	71
4.4.5.	Desarrollo del modelo.....	72
4.4.5.1.	Creación de una página web para consumir servicios web ...	72
4.4.5.2.	Creación de servicios web para entrenamiento de reconocimiento de rostros .....	73
4.4.5.3.	Etapa de entrenamiento.....	75
4.4.5.4.	Etapa de identificación.....	75
4.4.6.	Identificación facial aplicada a la toma de asistencia .....	78
4.4.6.1.	Primer paso.....	78
4.4.6.2.	Segundo paso.....	78
4.4.6.3.	Tercer paso.....	78
4.5.	Despliegue, entrega y retroalimentación.....	81
4.5.1.	Despliegue del prototipo.....	81
4.5.2.	Entrega y retroalimentación del prototipo .....	87
CONCLUSIONES .....		89
RECOMENDACIONES .....		91
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA .....		92
ANEXOS .....		103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aplicaciones del reconocimiento facial.....	24
Tabla 2. Modelos y metodologías clásicas.....	33
Tabla 3. Comportamiento de las variables.....	49
Tabla 4. Resultados de entrevista a Coordinadores de Carrera .....	59
Tabla 5. Resultados de entrevista a Docentes de la Carrera de Sistemas .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición de una huella digital .....	12
Figura 2. Reconocimiento de retina .....	13
Figura 3. Verificación de voz .....	15
Figura 4. Relación entre la visión por computadora y otras áreas afines .....	22
Figura 5. Diagrama de las etapas del procesamiento de imágenes.....	26
Figura 6. Características de entrada especificada por Viola y Jones.....	27
Figura 7. Características Haar aplicadas en una imagen con cara .....	28
Figura 8. Índice TIOBE para junio de 2021 .....	38
Figura 9. Ranking de bases de datos.....	41
Figura 10. Paradigma de hacer prototipos .....	53
Figura 11. Proceso de registro .....	67
Figura 12. Diseño de la pantalla de registro de asistencia .....	68
Figura 13. Modelo Entidad-Relación .....	69
Figura 14. Ejemplo de consumo de servicio web de registro para registro de estudiantes.....	72
Figura 15. Ejemplo de registro de estudiantes con captura de imagen para entrenamiento .....	73
Figura 16. Ejemplo de módulo de entrenamiento en página web .....	74
Figura 17. Ejemplo de consumo de servicio de entrenamiento.....	74
Figura 18. Proceso de entrenamiento .....	75
Figura 19. Cambio de tonalidad de la imagen.....	76
Figura 20. Cambio de tonalidad de la imagen a escala de grises .....	76
Figura 21. Redes neuronales y su etapa de comparación .....	77
Figura 22. Procesando registro de asistencia online.....	79
Figura 23. Consumo de servicio web para registro de asistencia online.....	79
Figura 24. Registro de asistencia presencial.....	80
Figura 25. Consumo de servicio web para registro de asistencia presencial..	80

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formularios de entrevistas.....	103
Anexo 2. Pantallas del proceso de registro de asistencia estudiantil .....	105
Anexo 3. Pruebas.....	109
Anexo 4. Codificación en Python .....	120
Anexo 5. Documento de aceptación del prototipo.....	123
Anexo 6. Manual de usuario.....	124

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el avance de la tecnología ha evolucionado de tal forma que ha permitido, tanto a empresas como a usuarios de todo tipo, la adopción de nuevas herramientas para la gestión de sus actividades. Uno de estos adelantos es el reconocimiento facial, que se ha convertido en un instrumento que tiene múltiples aplicaciones y acceso a lugares o dispositivos. También se ha transformado en un área de investigación muy interesante ya que involucra redes neuronales y reconocimiento de patrones para toma de decisiones.

Reconocer las actividades del hombre por medio de imágenes o videos se ha transformado en tema que se investiga activamente en lo relacionado a la visión artificial. Su importancia es tal en aplicaciones “como sistemas de vigilancia inteligente, casas inteligentes, robots, interfaces hombre-computadora, indexación de datos de video y recuperación, análisis de eventos deportivos y realidad virtual” (Tejeda et al., 2020, p. 3).

El objetivo de estos sistemas es un reconocimiento facial por medio de un test en tiempo real comparando un conjunto de imágenes previamente tomadas llamadas imágenes de entrenamiento, ya que la identidad de una persona es difícil de copiar o imitar. Por tal motivo el reconocimiento facial es una herramienta muy útil al momento de brindar accesos o realizar una verificación sin tocar las cosas alrededor de una persona y más aún en este tiempo de emergencia sanitaria mundial, en que el distanciamiento social se ha impuesto en la vida de las personas.

La emergencia sanitaria que se vive en el mundo entero ha cambiado por completo el desarrollo de las normales actividades de cada una de las personas. La educación no es la excepción, la misma que se ha visto en la necesidad de realizarse de forma virtual para salvaguardar la vida de los estudiantes, aunque con algunos problemas en su desempeño. Uno de estos inconvenientes es el control de asistencias.

La asistencia a las distintas asignaturas en las carreras que se imparten en las universidades es un factor a considerarse, ya que la inasistencia resulta en un bajo rendimiento académico y esto influye en la formación de los estudiantes. En

la Universidad Tecnológica ECOTEC se ha considerado que es un tema preocupante y se requiere tomar acciones al respecto.

El control de la asistencia la realizan los docentes, requisito exigido por el Consejo de Educación Superior (CES). El registro de las asistencias consume el tiempo hora-clase cuando el curso es bastante concurrido: los estudiantes no responden inmediatamente o simplemente no llegan al curso, tiempo que se podría aprovechar en impartir los temas de la clase para ese día. Todo esto sucede en un día normal de clases, pero en la modalidad virtual el control de asistencias es totalmente distinto y hasta defectuoso.

Uno de los problemas que arrastraría la enseñanza virtual en las universidades en cuanto al control de asistencias sería la suplantación de identidad, ya que, para rendir un examen virtual, las validaciones que se realizan del estudiante son deficientes, y si el profesor no conoce previamente al alumno o éste no cuenta con una foto en las plataformas digitales de la universidad, podría darse el caso de una suplantación.

Este problema se puede presentar en cualquier universidad y en el momento menos esperado, ya sea para un examen de ingreso o en una clase virtual, por lo que identificar a los estudiantes de forma automática cuando se registre su asistencia sería la propuesta para la Universidad Ecotec, con el desarrollo de un sistema inteligente de identificación facial mediante imagen/video para el registro de asistencias, que se lo aplicaría a un grupo de prueba de seis personas, para lo que se pretende desarrollar una aplicación que en tiempo real registre la asistencia de una clase a todos los estudiantes de una determinada asignatura, luego de esperar los 15 minutos reglamentarios que es el tiempo de espera máximo para la llegada de un estudiante a su respectiva clase. La aplicación contará con la opción de verificar a los estudiantes en los exámenes o lecciones de la modalidad virtual cuando estén frente a la cámara, emitiendo una alerta si alguno no pertenece a esa clase o a la universidad.

Por lo antes señalado, se **justifica** el desarrollo de este prototipo como servicio web puesto que, al contar con una herramienta de reconocimiento facial para registro de asistencias, será más fácil para el docente identificar a los estudiantes

que asisten a clases, tanto en la modalidad virtual como presencial. Esta herramienta ayudará no solamente a evitar posibles suplantaciones de identidad, sino que también permitirá que el docente no ocupe los minutos iniciales de su clase tomando asistencia, sino que pasará a impartir su cátedra inmediatamente para un mejor proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para el desarrollo de este proyecto se requiere el planteamiento de la **pregunta de investigación**: ¿cuáles son los beneficios que se obtendrían al desarrollar un sistema de identificación facial de estudiantes para el registro de asistencias?

Junto al planteamiento del problema se necesita determinar la **hipótesis de la investigación**: el desarrollo de un sistema inteligente de identificación facial beneficiará a los docentes de la Universidad Tecnológica Ecotec para el registro de asistencia estudiantil en las modalidades virtual y presencial.

Además, es indispensable establecer los objetivos que sustentarán el estudio, es decir, general y específicos. Como **objetivo general** se señala: *Desarrollar un prototipo web de identificación facial por medio de imagen/video para registro automático de estudiantes de la universidad Ecotec.*

Como **objetivos específicos** se nombran los siguientes:

- Identificar los aspectos relacionados a las tecnologías disponibles de reconocimiento facial y la conveniencia de su utilización para el registro de asistencias.
- Analizar la aplicación del uso del reconocimiento facial y los beneficios logrados mediante esta tecnología para adoptar buenas prácticas que pudieran ser empleadas en la universidad Ecotec.
- Diseñar los rasgos biométricos para el reconocimiento facial de la imagen/video a través de algoritmos.
- Diseñar el prototipo del sistema de reconocimiento facial como servicio web para el registro de asistencias de los estudiantes y su validación mediante pruebas de imagen/video desde cualquier plataforma tecnológica.

Para un mejor conocimiento del proyecto, se lo ha dividido en cuatro capítulos. En el capítulo I se presentan todos los referentes teóricos que sustentan el trabajo, haciendo énfasis en los sistemas de reconocimiento facial y sus algoritmos, los lenguajes de desarrollo, bases de datos y el sustento legal.

En el capítulo II se menciona la metodología de la investigación, señalando el enfoque y tipo de investigación, el período y muestra de la investigación, universo y muestra, las variables y métodos de investigación y el procesamiento y análisis de la información.

En el capítulo III se presenta el análisis de los resultados del levantamiento de la información, con un análisis del proceso actual de registro de asistencia estudiantil y, en el capítulo IV se presenta el prototipo de sistema de reconocimiento facial.

Por último, se mencionarán las conclusiones a las que se llegó luego de realizado el proyecto y se pondrán en conocimiento algunas recomendaciones que podrían ser de utilidad a la Universidad Ecotec.



**CAPÍTULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

## **1.1. Teorías y principios sobre el registro de asistencia estudiantil**

El registro de estudiantes es una tarea tan importante como delicada, tomando en consideración que son los alumnos quienes complementan la ejecución del proceso educativo, puesto que son aquellos junto a los docentes quienes lo llevan a cabo. Por tal motivo, es elemental referirse en primera instancia al registro de estudiantes, para luego analizar lo relacionado con la utilización del reconocimiento facial para registro de asistencia estudiantil, cerrando con la identificación y explicación de las herramientas tecnológicas que sustentan el diseño de la propuesta de este proyecto.

### **1.1.1. Asistencia estudiantil**

Los servicios que ofrece toda Institución de Educación Superior IES tienen relación con “docencia, investigación y vinculación con la sociedad como un todo dinámico e integral cuyo fin último es la formación profesional, la producción científica y el aporte a la solución de problemas de la sociedad” (Barreno-Freire et al., 2019, p. 45) siendo la docencia la que tiene prioridad en la acción universitaria, ya que será a través del conocimiento que se formen profesionales con firmes bases científicas, técnicas y humanísticas que sean un aporte al avance de toda sociedad.

Para que el servicio de docencia se lleve a cabo, se necesita la presencia regular de los estudiantes. Esta asistencia influiría en su rendimiento académico, puesto que éste será el determinante fundamental para la aprobación o no de un período académico de clases, cursos o módulos de estudio, como también para el grado de éxito final al término de un período de formación, aunque en este contexto Gabalán & Vásquez (2017) manifestaron que no existen estudios contundentes que afirmen que el rendimiento académico está directamente relacionado con la asistencia a clases.

La asistencia estudiantil en las IES se refiere a la presencia diaria o regular de los estudiantes a clases, y tiene obligatoriedad en la modalidad presencial; esto obliga al alumno a asistir puntualmente y participar de forma activa en todas las actividades exigidas en las materias en las cuales tiene su matrícula. *Asistencia regular* significa, según la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (2020, p.

1) “la asistencia diaria del alumno a las clases durante el primer y segundo semestre del curso”.

El sistema tradicional de enseñanza en las IES involucra como medios para impartir el conocimiento, las conferencias o clases presenciales, por lo que asistir a éstos significaría que el proceso educativo que implica a los estudiantes en un aula de clases es garantía de éxito en la formación de aquellos; esto ha originado que surjan políticas obligatorias o autónomas en cuanto a la asistencia a clases (Gabalán & Vásquez, 2017).

En las IES ecuatorianas, el cumplimiento de determinado número de horas-clase está regido por el Reglamento de Régimen Académico emitido por el Consejo de Educación Superior CES (2013), en el que se especifican las horas de clase dependiendo de la formación académica que el estudiante se encuentre cursando. Es así que la carga horaria dependerá de la carrera, cuyo nivel de formación puede ser de “nivel técnico superior, tecnológico superior y equivalentes; y, de grado” (Consejo de Educación Superior CES, 2013, p. 9).

En el caso de las carreras de tercer nivel, dependiendo del tipo de carrera y área de estudio, como lo serían las ingenierías, se deberá cumplir un número de 8000 horas y diez períodos académicos ordinarios. En la Universidad Tecnológica Ecotec se exige como mínimo el 75% de las asistencias de los alumnos para la aprobación de las materias (Universidad Ecotec, 2019).

Tanto las notas obtenidas por el estudiante en las asignaturas como la asistencia a clases durante los semestres académicos, son definitivos para su promoción al ciclo de nivel superior de su carrera.

Es necesario acotar que, en los tiempos actuales en que se vive la crisis sanitaria por la Covid-19, el confinamiento forzó a la humanidad a realizar cambios educativos y sociales drásticos, los que forjaron escenarios nuevos y formas de vivir que exigieron la utilización de la tecnología como medio para realizar actividades que antes se las realizaba presencialmente, puesto que las aulas de clase y cualquier espacio físico antes frecuentado por miles de personas, se cambiaron por espacios virtuales (Aguilar, 2020).

El estado de la educación a nivel global fue uno de los retos a los que debieron hacer frente tanto los gobiernos como la comunidad educativa, puesto que nadie estuvo preparado para afrontar dichos desafíos. La humanidad se vio obligada a pasar de su trabajo presencial al teletrabajo y la educación tradicional y presencial a la teleeducación o educación virtual (Aguilar, 2020), por lo que la presentación de la cédula de identidad es el requisito para que el docente registre la asistencia del estudiante a su clase.

## **1.2. Introducción a la biometría y los Sistemas biométricos**

La interacción que el ser humano tiene en el actual mundo digital, lo obliga a un constante tráfico de datos con otras personas. Esto significa que mucha información personal deberá ser conocida por otros individuos u organizaciones, llegando a descubrirse, incluso, datos confidenciales (aspectos políticos, raza, datos médicos, etc.).

Según Becker & Garrido la biometría definida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE (2004) se refiere a “características únicas y medibles de rasgos en los seres humanos que sirven para automáticamente reconocer o verificar una identidad” (2017, p. 69). Su importancia en los tiempos actuales se sustenta en el aumento de sistemas de identificación de personas, tanto para gobiernos como para organizaciones privadas. En el mismo contexto se mencionan otros aspectos importantes en cuanto a la biometría: además de registrar características físicas de las personas, también buscan algún tipo de comportamiento para identificarlas.

Las características de los datos biométricos son:

- Se los obtiene mediante métodos automatizados para verificación de las personas o para su identificación, mediante rasgos fisiológicos o de conducta.
- El dato biométrico explora particularidades fisiológicas o físicas, esto es mediciones a una o varias partes del cuerpo de la persona (revisión de huellas dactilares, escáner de retina, patrones del rostro, entre otros), y de conducta o psicológicas, es decir, determinadas actitudes que se

derivan directamente o no de las particularidades del cuerpo de la persona (Becker & Garrido, 2017).

Santi Pereyra (2017) coincide con lo antes mencionado, puesto que mencionó que los sistemas biométricos en la actualidad consisten en un

Sistema de identificación que se nutre de indicadores estáticos, principalmente de datos biológicos estables (tales como características faciales, del iris, huellas digitales, mapeo vascular, etc.) y/o de patrones dinámicos, como ciertos datos del comportamiento de las personas (regularidades en la escritura y firma, la forma de caminar, etc.), autenticados por medio de procesos digitales. (Santi Pereyra, 2017, p. 250).

Al decir de Quintanilla (2020) el avance de los sistemas de identificación biométricos han tenido su auge debido a la evolución de las tecnologías de la información TIC y los ordenadores, tendiendo como meta principal la identificación de personas cuando se encuentran en movimiento y en entornos indistintos. Estos sistemas se sustentan en reconocer patrones distintivos de las personas como características físicas, conductuales, psicológicas para de este modo conseguir la identificación de la persona, comparando dichos patrones con otros que se encuentran almacenados y son referenciales de las personas a identificar. En el momento en que las características del individuo coinciden con las que se tienen guardadas de la misma persona, se concede la autorización.

### **1.2.1. Tipos de sistemas biométricos**

En palabras de Cortés et. al, (2010) existen algunos tipos de sistemas biométricos. En los párrafos a continuación se analizan dichos sistemas.

#### ***Por huella digital***

Técnica de bastante utilización en el mundo como identificador personal. De forma general, una huella se encuentra formada de un conjunto de líneas oscuras que conforman el relieve, con superficie de crestas irregulares y una serie de líneas claras o espacios en blanco (valles), que conforman un único patrón para cada persona. “La identificación con huellas dactilares está basada

principalmente en la ubicación y dirección de las terminaciones de crestas, bifurcaciones, deltas, valles y crestas” (Cortés et al., 2010, p. 100).

De acuerdo a Giraldo & Gómez:

Entre estas crestas aparecen como espacio en blanco y están en bajo relieve, la porción subyacente de las crestas de fricción. La identificación por medio del patrón de huella dactilar se obtiene a través de las minucias, la ubicación y dirección de la final cresta y una bifurcación (separaciones) de las crestas a lo largo su trayectoria. (2017, p. 25).

En palabras de Del Barrio (2019) las propiedades de una huella dactilar y que la hacen única para cada persona son:

- *Perennes*, es decir que se encuentran de forma continua y sin cambios en la piel de la persona mientras vive, y conservan “el mismo número, forma y dirección” (Del Barrio, 2019, p. 25).
- *Inmutables*, es decir que no se la puede cambiar desde la perspectiva fisiológica. Si existiese algún cambio por alguna lesión, se pueden presentar dos escenarios: la regeneración de la huella de forma natural o la no regeneración (en caso de que la lesión sea profunda); en tal caso no serviría para el reconocimiento.
- *Diversiformes*, no existen dos huellas iguales y cuyo origen sea distinto.
- *Originales*, esto es, que cada persona tiene sus propias huellas digitales, únicas y que pueden ser identificadas.

En la Figura 1 se presenta la composición de una huella digital, como uno de los sistemas biométricos de reconocimiento que se ha venido utilizando a nivel mundial.

**Figura 1.**  
*Composición de una huella digital*



**Fuente:** Sites Google (s/f)

### ***Por geometría o palma de la mano***

Se combina con “imágenes individuales de algunos dedos, extrayendo datos como las longitudes, anchuras, alturas, posiciones relativas y articulaciones” (Delgado, 2012, p. 3). El reconocimiento por medio de esta técnica se fundamenta en que “la forma de la mano de una persona difiere de la forma de la mano de otra persona y no cambia después de cierta edad (Sánchez, 2020, p. 46) y se realiza tomando una foto “de la mano del usuario mientras se coloca sobre una superficie, y después de una detección de contorno, encontrar puntos singulares y tomar medidas entre ellos” (Sánchez, 2020, pp. 46–47).

Las aplicaciones de este sistema de reconocimiento están orientadas hacia la seguridad, puesto que facilita la identificación o verificación de personas que ingresan a algún sitio y son usuarios previamente registrados y su aplicación data de fines de los años 60 y la más notable aplicación fue en los Juegos Olímpicos de 1996 para el acceso a la Villa Olímpica (Sánchez, 2020).

### ***Patrón de iris***

Sistema de reconocimiento de mayor confiabilidad, puesto que es un método biométrico que:

Emplea técnicas matemáticas para el reconocimiento de patrones en imágenes de video del iris de los ojos de un individuo. Estos patrones aleatorios son únicos y pueden verse a cierta distancia. Utiliza tecnología de cámara con una sutil iluminación infrarroja para adquirir imágenes de la estructura del iris. Las matrices digitales codificadas de esos patrones mediante algoritmos matemáticos y estadísticos permiten la identificación positiva de un individuo. (Tornos, 2021, p. 29).

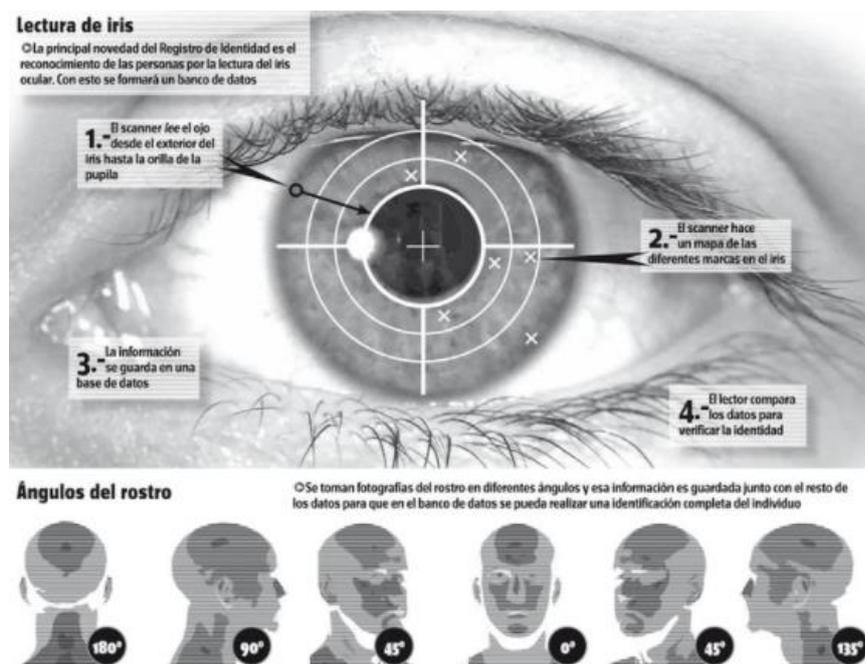
Cortés et al. (2010) por su parte señaló que el uso de la cámara sirve para el análisis de los colores de los surcos de la parte de color de los ojos

Entre las ventajas que tiene este sistema de reconocimiento facial se mencionaron:

- Amplia resistencia a aparentes similitudes
- “Estabilidad del iris como órgano ocular interno, protegido, y pese a ello, visible externamente” (Tornos, 2021, p. 29).

En la Figura 2 se muestra el reconocimiento de retina, por patrones en el iris, que es otro sistema biométrico de identificación de personas.

**Figura 2.**  
*Reconocimiento de retina*



**Fuente:** Departamento de Informática y Sistemas (2013)

### ***Reconocimiento por voz***

Según mencionó Yagual los laboratorios de AT&T y Bell en los años 40 desarrollaron un mecanismo que permitía reconocer la voz, lo que facilitó descubrir que “esta tecnología dependería de la habilidad que tendría para captar la información de una manera muy precisa y constante” (2019, p. 17).

De acuerdo a Ruiz et al., (2017, p. 997):

El reconocimiento de la voz es el proceso de reconocer automáticamente quién está hablando utilizando la información dada por las ondas de sonido emitidas. En general, los sistemas de reconocimiento de voz tienen dos módulos principales: extracción de características y comparación de características. La extracción de características es el proceso por el cual extraemos una pequeña cantidad de datos de la señal de voz que puede ser usada para representar a cada persona.

El análisis de las características implica realizar la identificación del individuo que se desconoce y comparar las particularidades que se han obtenido de su voz con las que inicialmente se han obtenido de otras personas y que son conocidas por el sistema (Ruiz et al., 2017).

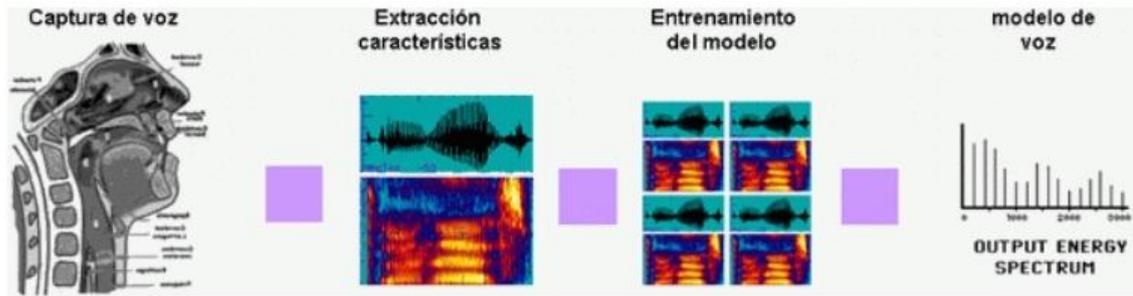
Entre las características de este tipo de sistemas biométricos se mencionan:

- *Desempeño*: precisión en la recepción de los datos y rapidez en el procesamiento de los mismos.
- *Adaptabilidad*: facilidad de adaptación a la jornada de trabajo de la persona
- *Confianza y seguridad*: garantiza a la persona el acceso para el reconocimiento (Yagual, 2019).

Para adquirir datos de voz se utilizan “un sistema que capta las ondas sonoras, luego son filtradas y se extraen los patrones característicos para finalmente digitalizarlas y guardarlas en una base e ir comparando cuando un usuario haga uso del sistema (Niola & Sanango, 2019, p. 8).

En la Figura 3 se presenta el proceso de la verificación de voz, como sistema de reconocimiento.

**Figura 3.**  
*Verificación de voz*



**Fuente:** Misfud (2012)

### ***Mediante firma***

En palabras de Manzano

La firma manuscrita es un rasgo biométrico que tiene unas ventajas aprovechables para desarrollar un sistema de verificación. En primer lugar, tiene un alto nivel de aceptabilidad ya que la firma ha sido comúnmente utilizada como método de validación y autenticación de documentos financieros y legales durante muchos años. (2019, p. 9).

Así mismo, esta tecnología biométrica es bastante cuantificable, puesto que en la actualidad las formas de conseguir una firma son variados, por ejemplo, documentos firmados y escaneados; del mismo modo, los medios para implementar un sistema de reconocimiento a través de firma pueden ser dispositivos móviles (tabletas o smartphones) (Cortés et al., 2010; Manzano, 2019).

A pesar que la firma puede presentar variaciones, la forma del movimiento de la mano en el momento de realizar la firma y la cantidad de repeticiones que de ella se hagan, permite establecer y reconocer un patrón determinado. Esta técnica es adecuada cuando se desea comprobar la validez de mensajes, cheques o transacciones bancarias y, a pesar que es la de mayor utilización, es el más intrusivo, ya que indispone a la persona ya que necesitará capturar las huellas digitales (Giraldo & Gómez, 2017, p. 33).

### ***De reconocimiento facial***

Se basa en “los rasgos fisiológicos del usuario como método de autenticación. Se pueden tomar como referencia diferentes rasgos de la cara: tamaño de la nariz, distancia entre los ojos o contorno de la cara” (Del Barrio, 2019, p. 27).

Es una de las técnicas menos invasivas que realizan una clasificación de la “apariencia de la persona e intenta medir algunos puntos nodales del rostro como la distancia entre los ojos, el ancho de la nariz, la distancia del ojo a la boca, o la longitud de la línea de la mandíbula” (Cortés et al., 2010, p. 99). Actualmente se dispone de una gran cantidad de códigos fuente para reconocimiento facial de fácil comprensión.

De la clasificación antes mencionada, para este proyecto se utiliza el reconocimiento facial, como una técnica para registro de estudiantes, a ser aplicada en un prototipo ofrecido como servicio web, debido a la necesidad existente de una educación virtual por la crisis sanitaria mundial

### **1.3. Experiencias de la tecnología del reconocimiento facial**

Los sistemas de reconocimiento de identidad de un individuo han tenido su rápida evolución y desarrollo. A partir de Alphonse Bertillon se establecieron las bases de los sistemas de reconocimiento facial, ya que se utilizaban gran cantidad de “un sinnúmero de medidas antropométricas como: la distancia de los ojos, la simetría o los diferentes rasgos faciales de un individuo” (Cadena et al., 2017, p. 144), que fueron utilizados en el área forense y que además ha cobrado bastante interés, llegando a ser una opción en las cortes de justicia para la comprobación de la inocencia o no de un acusado que tenga antecedentes penales (Cadena et al., 2017).

Actualmente se puede verificar la identidad de una persona a través de señales como “imágenes de las huellas digitales, el iris de los ojos, la palma de la mano, el rostro, o por señales como la voz de una persona o su firma manual” (Arguello, 2011, p. 7). Aunque el reconocimiento a través de estas técnicas es altamente eficiente, ninguna tiene el 100 % de confiabilidad; Arguello manifestó que los sistemas de verificación a través del rostro tienen elevadas tasas de

“falsa aceptación y falso rechazo” (2011, p. 7), no obstante poseer características atrayentes para usarse como forma para autenticar, como lo son la fácil instalación de la cámara digital y la tolerancia que tienen de las personas puesto que menos invasión realizan a la privacidad.

En palabras de Jiménez, los sistemas de reconocimiento facial se los consideraría como técnicas modernas, siendo uno de sus precursores Woodrow Bledsoe el que, con un equipo investigativo, “desarrolló una técnica que fue denominada *reconocimiento facial hombre-máquina*, a mediados de los años 60. Esta técnica requería una clasificación de las fotografías de las caras que eran digitalizadas manualmente” (2019, p. 3). La técnica requería el envío de las coordenadas que indicaban las señas faciales ubicadas en las imágenes, destacando ojos, nariz y línea de cabello. Luego se registraba la información recopilada y el nombre del sujeto en un almacenamiento de datos y, por último, con una foto de un rostro diferente, la herramienta de reconocimiento facial haría uso de un método sustentado en distancias euclídeas para buscar en la base de datos la imagen que tenga mayor aproximación a la foto de referencia.

Un avance significativo sobre el reconocimiento facial sucedió en la década de los años 80 cuando se aplicó la técnica de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés), del que luego aparecería otro método, el de Eigenfaces, en 1991 (Jiménez Silva, 2018).

A pesar de que no siempre se consiguieron avances en el área del reconocimiento facial, fue en los 90 que creció esta actividad motivada por la investigación comercial y por la utilización de los clasificadores que se basaban en redes neuronales en tiempo real. A partir de estos hechos, la aparición de algoritmos y sus variantes han convertido al reconocimiento facial como una técnica muy utilizada (Jiménez Silva, 2018).

Muchos entendidos formularon técnicas que extraigan características y reduzcan las particularidades y magnitud del problema puesto que, por lo general, “debido a que normalmente una imagen de un rostro de sólo 50 píxeles de ancho y 50 de alto tendría una dimensionalidad de 2500. Esto hace el problema de

reconocimiento de rostros altamente costoso desde el punto de vista computacional (Arguello, 2011). Entre las técnicas de mayor utilización están:

- Análisis de componentes principales (PCA),
- Análisis de discriminantes lineales de Fisher o Fisherfaces,
- Conservación de proyecciones locales (LPP por sus siglas en inglés) o Laplacianfaces,
- Proyecciones aleatorias o Randomfaces
- Redes Neuronales Artificiales (RN)
- Análisis de componentes independientes (ICA por sus siglas en inglés)
- Características locales o análisis de subregiones
- Correlación (CORR) y DCT
- Combinaciones de dos o más técnicas antes mencionadas.

Estas técnicas se basan en “imágenes fijas del individuo que se desea reconocer” (Arguello, 2011, p. 7), aunque actualmente se han hecho estudios sobre sistemas soportados en modelos 3D de la cabeza del individuo y del mismo modo “esquemas que trabajan con señales de vídeo y no con imágenes fijas” (Arguello, 2011, p. 7).

### **1.3.1. Experiencia Internacional**

Muchas son las aplicaciones del reconocimiento facial, siendo una de ellas la seguridad a través de sistemas informáticos. De acuerdo a lo manifestado por Guzmán et al. (2019) se llevó a cabo un proyecto en Puebla, México, a través del cual se diseñó una herramienta informática de reconocimiento facial mediante cámaras de video vigilancia utilizando uno algoritmo de detección de objetos, a través del cual se realizaba la “comparación entre las intensidades luminosas de regiones rectangulares de las imágenes denominadas Haar-like features que calcula empleando una imagen integral” (Guzmán et al., 2019, p. 964).

Otro estudio en Guanajuato, México, señaló “el desarrollo de un sistema de reconocimiento facial a partir del análisis de rostros digitalizados en tres dimensiones” (Vázquez, 2014, sec. Resumen) que consiste en una aplicación biométrica basada en “el reconocimiento de patrones, la óptica, la visión artificial,

geometría diferencial y la estadística” (Vázquez, 2014, sec. Resumen). Este trabajo aporta:

La aplicación de técnicas de proyección de luz estructurada para el cálculo de la nube de puntos relacionada al rostro, el uso de la fase de la señal demodulada para realizar el reconocimiento, la alineación del rostro a partir del perfil de un rostro modelo y la tolerancia de reconocimiento frente a gestos y expresiones faciales. El cálculo de la información tridimensional del rostro se lleva a cabo mediante un sistema de proyección de luz estructurada el cual despliega un conjunto de patrones de franjas con la técnica de desplazamiento de fase, los descriptores del rostro se obtienen con el método de eigenrostros o Análisis de Componentes Principales (PCA), finalmente la clasificación e identificación se realiza con la técnica de Análisis Discriminante Lineal (Vázquez, 2014, sec. Resumen).

De acuerdo a Rayas (2019) en Colombia se implementó un sistema que permitió detectar y notificar la somnolencia para conductores de vehículos, ya que ésta es uno de los motivos más comunes que provocan accidentes de autos, por lo que para determinar la somnolencia de los conductores se utilizó un sistema de reconocimiento facial, que detectaba las expresiones del rostro de los conductores.

El mismo autor señaló un proyecto presentado para crear una herramienta que utiliza el reconocimiento facial autentique los usuarios por medio de imágenes que se toman en tiempo real a través de una webcam y el documento de identificación. El registro de imagen del rostro se la realizó por medio del algoritmo Cascade Haar Classifier, que permite detección del rostro; para el registro de imagen del documento se utilizaron tecnologías para detectar y describir las imágenes y reconocimiento óptico de los caracteres para obtener datos del documento. El sistema se basó en la creación y entrenamiento de una red neuronal convolucional para autenticar a los usuarios mediante el reconocimiento en tiempo real (M. Martínez, 2018; Rayas, 2019).

### 1.3.2. Experiencia Nacional

En el Ecuador, Lara-Jacho et al. (2020) se refirió al diseño de un prototipo de reconocimiento facial que ayude en la automatización del registro de asistencia estudiantil y docente en la Universidad UNIANDES de Quevedo, a las clases de la materia de computación, permitiendo que esta tarea se realice rápidamente y con mayor exactitud. El funcionamiento de este prototipo permite al docente colocarse enfrente de la cámara ubicada fuera del aula de clases y mediante el reconocimiento activar un dispositivo para la apertura de la puerta, el encendido del aire acondicionado y las lámparas; seguidamente, el alumno se coloca enfrente de la cámara, se detecta el rostro y se lo compara con los que se encuentran en la base de datos.

A través de este proyecto se buscó el mejoramiento de la seguridad interna, además del perfeccionamiento de las aptitudes de los profesionales con la elaboración de una herramienta en la que los participantes pudieron aplicar sus conocimientos adquiridos en sus clases, para la solución de problemas.

El estudio utilizó la tecnología del reconocimiento facial Eigen-faces con algoritmos estructurados que se enlazan a la base de datos, además el dispositivo Raspberry Pi 4 y software Python por los beneficios económicos proporcionados a los investigadores y a la necesidad de la universidad en la resolución del problema de la seguridad interna. Esta solución permitió que el registro de la asistencia tanto de docentes como de alumnos se visualicen en la página web (Lara-Jacho et al., 2020).

Otro proyecto que utilizó el reconocimiento facial es el que desarrolló un aplicativo de seguridad para detectar por reconocimiento facial en situaciones controladas como, la que facilitó evidenciar la identidad de un individuo con base en sus rasgos faciales. Se la realizó en una imagen de prueba, “con otras que han sido guardadas en una base de datos” mediante los algoritmos de Viola-Jones y PCA Eigenface, que son técnicas dependientes entre sí.

Para realizar el proyecto se investigó acerca de los sistemas de seguridad que se basan en la biometría, entre las cuales se encuentra el reconocimiento facial, junto con los algoritmos antes mencionados, seguido de la elaboración de la

base de datos utilizando el algoritmo de Viola-Jones (para detección y enmarcación del rostro) con fotografías en ambiente controlado, que arrojaron las imágenes faciales y que se preprocesaron con el fin de que el número de aciertos se aumente y el software tenga un mejor rendimiento.

El reconocimiento facial se lo realizó con el algoritmo PCA Eigenface y, a través de pruebas llevadas a efecto en diferentes entornos, se comprobó su funcionamiento. Escenario 1: se reconocieron fotos y usuarios registrados en la base de datos; escenario 2: usuarios que están en la base, pero no su foto; escenario 3: verificación de fotos y usuarios que no se encuentran en la base; y, escenario 4: se añadieron usuarios nuevos a la base para su reconocimiento posteriormente. La interacción del sistema con el usuario final, se la efectuó a través de “una interfaz gráfica que contiene todos los procesos de detección y reconocimiento facial combinados, incluyendo otros procedimientos que mediante interfaces secundarias permiten ingresar nuevos usuarios a la base de datos existente” (Niola & Sanango, 2019, sec. Resumen).

Como se ha visto en la descripción de los estudios llevados a cabo tanto a nivel internacional como en el ámbito local, se puede apreciar que la utilización de los sistemas de reconocimiento facial está ampliamente extendida como medio de seguridad. Con varias clases de algoritmos y técnicas a aplicar, dependiendo del proyecto y su finalidad, los proyectos de reconocimiento facial se los podría considerar de mucha importancia en la actualidad, en que el distanciamiento social se ha impuesto por la crisis sanitaria y las actividades de los seres humanos han cambiado drásticamente, actividades que podrían requerir identificar y registrar individuos, de acuerdo a la necesidad.

#### **1.4. Visión artificial**

En la opinión de Juárez (2018) la visión artificial es una ciencia mediante la cual se adquieren, procesan, analizan y comprenden todo tipo de imágenes reales, de las cuales se puede originar información o datos numéricos o símbolos que posteriormente se los manipule a través de un ordenador.

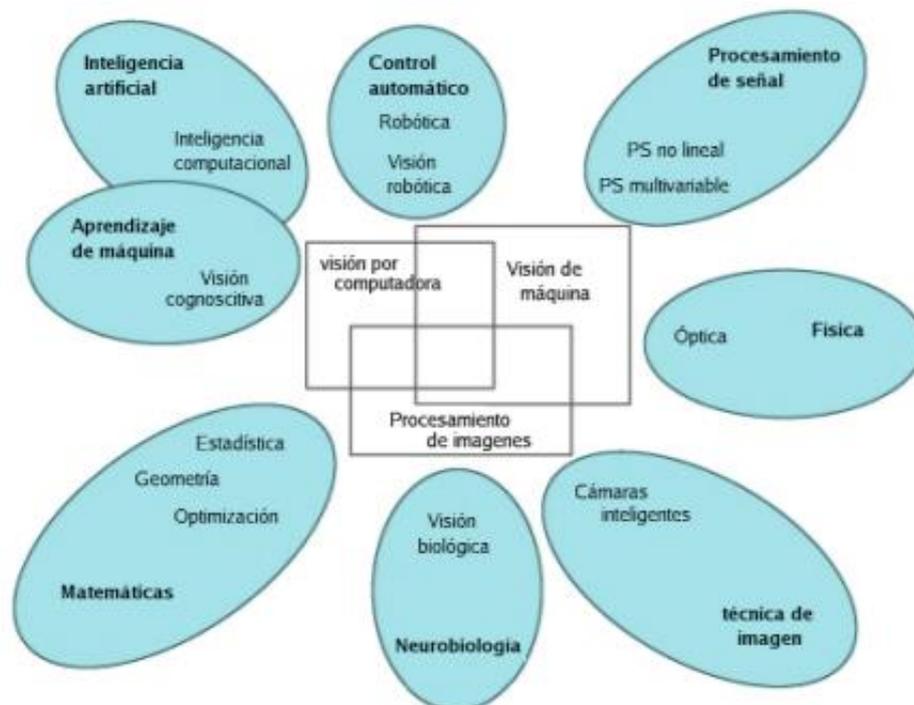
Así como el ser humano utiliza la vista y el cerebro para descifrar el entorno, el objetivo de la visión artificial es tratar de simular el mismo resultado con el fin de

que el ordenador también reciba y entienda imágenes o una secuencia de ellas y actuar de acuerdo a como se presente la situación. El entendimiento de las imágenes a través de la visión artificial se lo puede conseguir a través de la geometría, estadística, física y otras áreas del conocimiento, obteniéndose la información a través de la secuencia de imágenes que se ven desde algunos medios como video cámaras o escáneres médicos.

Existen tecnologías que emplean la visión artificial, como lo son “el reconocimiento de objetos, la detección de eventos, la reconstrucción de una escena (mapping) y la restauración de imágenes” (Juárez, 2018, p. 6).

En la Figura 4 se presenta el vínculo que existe entre la visión por ordenador y algunas áreas que se relacionan con dicha visión, permitiendo un mayor aprovechamiento de las mismas.

**Figura 4.**  
*Relación entre la visión por computadora y otras áreas afines*



**Fuente:** Juárez (2018)

En la Figura 4 se muestra la relación entre la visión artificial y otras áreas del conocimiento.

## **1.5. Sistemas de reconocimiento facial**

En la opinión de Bravo et. al, (2018) los sistemas de reconocimiento facial se refieren a la tecnología que, para ponerse en funcionamiento, necesitan de la presencia de individuos como sujetos a vigilar y un sistema informático como el elemento que vigila.

El reconocimiento facial es una tecnología que la está utilizando en distintas áreas como lo es “el análisis de imagen, extracción de características de archivos digitales etc. (...) debido a que este proceso tecnológico puede emular la capacidad del ser humano de reconocer personas siguiendo un patrón específico” (Castaño & Alonso, 2019, p. 41), que se encuentra en el cerebro de la persona.

El mencionado autor mencionó que estudios llevados a cabo sobre neuroimágenes han descubierto que existen zonas de la contextura de un frijol que se encuentran ubicados en el sitio del cerebro que se encuentra bajo la sien se especializan en reconocer una cara y se las conoce como áreas faciales y receptan algunas particularidades de la faz del individuo que se va a reconocer (color de piel, ojos, nariz y otros rasgos) siendo una labor semi inconciente puesto que a veces el cerebro reconoce a la persona sin que se dé cuenta. La tecnología del reconocimiento facial busca repetir el reconocimiento que realiza el cerebro a través de un proceso (detección facial, estudio de características, comparación de las imágenes con bases de datos).

Por lo tanto, un sistema de reconocimiento facial es una aplicación que la maneja un computador que ha realizado la identificación de una persona de forma automática por medio de una imagen digital. Este proceso se consigue luego de analizar los rasgos distintivos de un rostro que se obtiene de una imagen o foto proveniente de una video cámara y se los contrasta con la información almacenada en una base de datos (Castaño & Alonso, 2019).

Algunas de las áreas de aplicación del reconocimiento facial se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.**  
*Aplicaciones del reconocimiento facial*

Áreas	Aplicaciones
Seguridad	Inicio de sesión, desbloqueo de dispositivos móviles y ordenadores, seguridad en aplicaciones, cifrado de información.
Cumplimiento de la ley y vigilancia	Video vigilancia, control de circuitos cerrados, control de acceso a instalaciones o vehículos, hurtos, seguimiento de sospechosos.
Entretenimiento	Videojuegos, realidad virtual, interacción humano-robot, interacción humano-computadora.
Identidad	Carnet de identificación, carnet de conducir, pasaportes, inmigración, acceso a aeropuertos.

**Fuente:** Costa (2020)

### 1.5.1. Métodos de reconocimiento facial

Un inconveniente que se presenta cuando se identifica un rostro, es su detección a través de las imágenes. Un algoritmo de identificación será eficiente cuando detecte con precisión las imágenes cuando capture o reconozca el rostro, por lo que deberá considerar algunas posibles limitaciones que se interpondrían en la detección, como lo son:

- Ubicación y pose del rostro
- Dimensiones del rostro
- Ruido
- Iluminación tanto interior como exterior
- Gestos del rostro
- Obstrucciones que limitan el reconocimiento por complementos usados como lentes, gafas, gorras, etc.
- Condiciones de la imagen
- Vello facial
- Número desconocido de rostros en la imagen
- Envejecimiento de la persona (Cajas & Viri, 2017; Gimeno, 2010, p. 10).

Según Costa (2020) el proceso que sigue un sistema de reconocimiento facial tiene cinco pasos.

### ***Toma de la imagen***

Se realiza la captura, que puede ser de una foto o de un fotograma de video.

### ***Detección del rostro***

Se revelan los rostros que existen en la imagen.

### ***Preparación de la imagen***

A través de este paso se busca que las imágenes que sirven de base para el reconocimiento presenten similares características. Por lo general “se utiliza la rotación para que los rasgos faciales estén alineados, además de la ecualización del histograma para eliminar contrastes excesivos y defectos de iluminación” (Costa, 2020, p. 10). Pueden aplicarse técnicas de eliminación de ruido de la imagen, o de recorte. Las imágenes se convierten a escala de grises.

### ***Separación de las características***

Se realiza el procesamiento de la imagen con el fin de conseguir separar los rasgos que hacen diferente un rostro de otro.

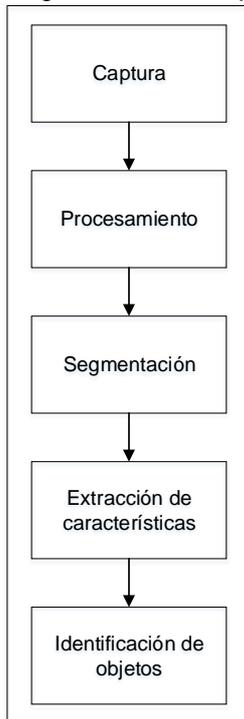
### ***Aplicación del algoritmo de reconocimiento***

Mediante el uso de un algoritmo, se realiza la comparación de los resultados con la información de la base de datos y así conseguir identificar a la persona que se requiere (Costa, 2020).

A continuación, en la Figura 5, se muestran las etapas del procesamiento de imágenes que se utilizan para el método de reconocimiento facial.

**Figura 5.**

*Diagrama de las etapas del procesamiento de imágenes*



**Fuente:** Castaño & Alonso (2019)

### 1.5.2. Detección facial

Al decir de Costa la detección facial tiene como objetivo principal la determinación de los rostros que puedan existir “en una imagen sin identificarlas, proporcionando su localización y su tamaño. Cuando se trata de un video, se habla del seguimiento de una cara” (2020, p. 11).

En la actualidad, esta es una técnica para “clasificación de cascada definida por Viola y Jones más conocido como método (...) **Haar Cascades**. (...) se basa en la concatenación de varios clasificadores débiles, cada uno analizando una porción diferente de una imagen o frame en el caso de vídeo” (Jeremías, 2020, p. 66). Se les dice débiles debido a que pueden presentar probabilidades altas de presentar un falso positivo, aunque que en el momento en que pueden combinar los resultados, tienen mucha potencia.

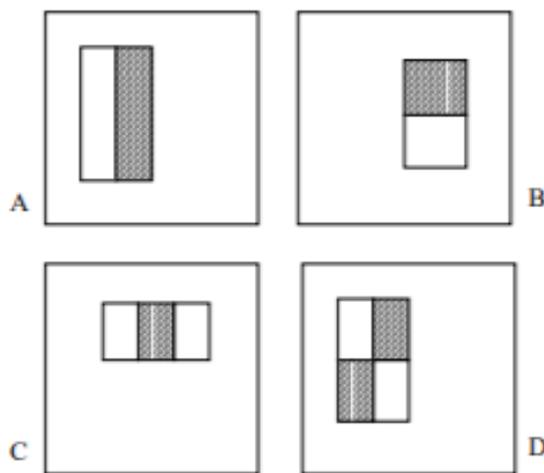
Según Jeremías (2020)

El objeto de clasificación organiza la imagen según el valor de las features, que refiere al rectángulo o bloque de píxeles encontrados en

una ventana de detección cerrada. En este sentido, manifiestan que existen muchas motivaciones para usar features en vez de píxeles directamente en función de la intensidad. El algoritmo utiliza ventanas del mismo tamaño con 2, 3 y 4 rectángulos también con igual dimensión. En cada una de esas ventanas aplica la función Haar que se calcula como la suma de los píxeles que se encuentran dentro de los rectángulos blancos y se resta con la suma de los píxeles del rectángulo sombreado. (Jeremías, 2020, p. 66).

Lo antes mencionado se lo puede apreciar en la Figura 6.

**Figura 6.**  
*Características de entrada especificada por Viola y Jones*



**Fuente:** Viola & Jones (2001)

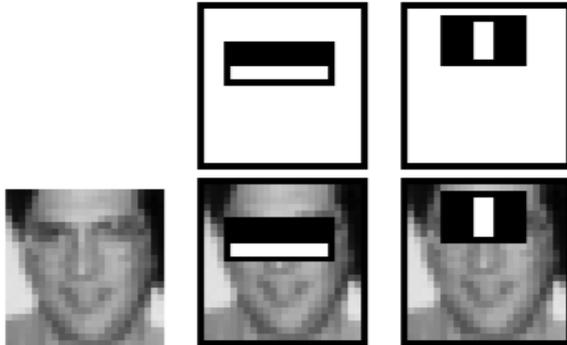
Como se puede observar en la Figura 6, en la fila superior la primera característica hace referencia a los ojos, mientras que en la segunda hace referencia a la nariz. Estas referencias sirven para realizar los cálculos para encontrar los píxeles de los rectángulos blanco y negro.

En palabras de Xicali (2019)

La primera característica seleccionada parece centrarse en la propiedad de que la región de los ojos suele ser más oscura que la región de la nariz y las mejillas. La segunda característica seleccionada se basa en la propiedad de que los ojos son más oscuros que el puente de la nariz. Pero las mismas ventanas que se aplican en las mejillas o en cualquier otro lugar son irrelevantes. (Xicali, 2019, p. 9).

Lo antes mencionado se puede apreciar en la Figura 7.

**Figura 7.**  
*Características Haar aplicadas en una imagen con cara*



**Fuente:** Viola & Jones (2001)

### **1.6. Algoritmos de reconocimiento facial**

Entre los métodos que se utilizan para el reconocimiento facial se encuentran: a) *basados en rasgos faciales*, es decir que se los utiliza para encontrar particularidades que puedan existir en cualquier parte del rostro de las personas, sea en los ojos, cejas, contornos, etc., y, b) *basados en imágenes*, a través de herramientas que permiten el reconcomiendo de patrones y simplificar un modelo que resulta de un grupo de imágenes de entrenamiento. Su trabajo lo realizan sobre la totalidad de la imagen o una parte de ella, sin considerar rasgos faciales focalizados (Cajas & Viri, 2017).

Según Caballero et al., 2018 y J. Martínez & Linares (2012) algunos de los métodos de reconocimiento facial son:

- Eigenfaces o método de Análisis de Componentes Principales (PCA)
- Fisherfaces o método de Análisis Lineal Discriminante (LDA - Linear Discriminant Analysis)
- Métodos Kernel
- Métodos de reconocimiento facial 3D
- Método de Gabor Wavelets
- Modelos ocultos de Markov
- Modelos de Apariencia Activa
- , Subespacio de Aprendizaje Multilineal

- La Contrapartida de Enlace Dinámico

### 1.6.1. EigenFaceReconigzer

Es una técnica que se basa en la herramienta matemática Análisis de Componentes Principales (PCA) a través de la cual se pueden comprimir imágenes y para desarrollar aplicaciones de reconocimiento facial y se la considera como la técnica base que permite comprender esta tecnología, siendo a la vez elemento de otras técnicas modernas (Granja et al., 2020).

Según Esparza et al.

El PCA toma una cantidad menor de los vectores entregados por las imágenes de la base de datos, pero con información necesaria para la reconstrucción de los rostros de las imágenes ingresadas. Gracias a esto, se logra disminuir el costo computacional del procesamiento de datos. (2017, p. 146).

Esta técnica consta de dos fases: entrenamiento y clasificación. La fase de *entrenamiento*, a través del PCA

Se forma un espacio de facciones, más conocido como *eigenspace*, a partir del uso de imágenes faciales de entrenamiento. El espacio de facciones es la matriz formada por una serie de vectores propios (eigenvectores o *eigenfaces*), que contienen la información de la variación de los valores de gris de cada píxel del conjunto de imágenes utilizadas al realizar el PCA. (Granja et al., 2020, pp. 170–171).

Esparza et al. mencionaron que los *eingenfaces*

Son un conjunto de vectores representados gráficamente, convirtiéndose en una especie de mapa de las variaciones entre imágenes. Estos vectores son el resultado de la aplicación de PCA a la matriz de covarianza de un conjunto de imágenes de rostros los cuales son denominados eigenvectores, siendo una imagen tratada como un vector en un espacio multidimensional. (2017, p. 146).

Esta técnica determina “mediante la ortogonalidad dimensional, qué vectores ofrecen más información a un conjunto de datos de dimensión N” (Esparza et al., 2017, p. 146).

En el momento de generar los *Eigenfaces*, imágenes de rostros que se han digitalizado y que se encuentran en igual contexto de iluminación, “se normalizan a la línea de los ojos y la boca” (Granja et al., 2020, p. 171) para formar un conjunto, las que se derivan del estudio estadístico de una gran cantidad de imágenes de rostros; “cualquier rostro humano puede considerarse una combinación de estos estándares” (Granja et al., 2020, p. 171).

Las imágenes que se han utilizado para la ejecución del PCA “se proyectan en el espacio de facciones. La proyección caracteriza la imagen facial de un individuo como la suma de los diferentes pesos del espacio de imágenes” (Granja et al., 2020, p. 171).

En cuanto a la fase de *clasificación*, se proyecta una imagen de un rostro no conocido frente al espacio que se ha creado de las facciones y, a través de la distancia euclídea, se procede a realizar la búsqueda de la imagen del rostro que se proyecta lo más semejante a la que se desconoce. No obstante, puesto que se basa en la valoración del brillo que poseen las imágenes, esta técnica tiene mucha sensibilidad a la presencia de alteraciones en la iluminación, siendo indispensable que se la controle. Además, hay que tener presente que, en el momento de adicionar otras imágenes o personas que no fueron consideradas en el entrenamiento inicial, se deberá llevar a cabo nuevamente el PCA y proyectar otra vez el grupo de imágenes (Granja et al., 2020).

De acuerdo a la opinión de Freire (2016) *Eigenfaces* tiene algunas ventajas:

- De fácil implementación, puesto que es un algoritmo desarrollado de manera simple.
- Tiene eficiencia en cuanto al tiempo de procesamiento de las imágenes y almacenamiento, puesto que PCA disminuye el tamaño de las dimensiones en tiempos cortos.

Como desventajas se pueden mencionar:

- Sensible a la iluminación porque se fundamenta en la descomposición de sus principales elementos. Tiene el factor luminoso como el de mayor variabilidad, esto significa que como el “componente lumínico forma parte de los componentes principales en los que se descompuso la imagen, el proceso de encontrar la semejanza entre los rostros de una misma persona se dificulta mucho” (Freire, 2016, p. 19).
- Precisa que el volumen y la ubicación de las imágenes tengan mucha similitud, por lo que se hace indispensable, en ocasiones, pre-procesar las imágenes.

### 1.6.2. Biblioteca OpenCV

En la opinión de Pardo, OpenCV es una librería utilizada para visión artificial “que permite la captura y procesamiento de imágenes desde una video cámara, compara imágenes, realiza seguimiento de objetos en movimiento, detecta rasgos faciales y hace modelamiento 3D entre otras funciones” (2020, p. 20).

A través de esta librería se captan las imágenes de la cámara web del ordenador que creará, en la base de datos, un rostro nuevo que será identificado por el sistema cuando se requiera; además, complementa hora y fecha del reconocimiento gráficamente (Pardo, 2020).

OpenCV es una “biblioteca de visión por computadora, de código abierto con licencia BSD que incluye varios cientos de algoritmos de visión por computadora. (...) tiene una estructura modular, lo que significa que el paquete incluye varias bibliotecas compartidas o estáticas” (OpenCV, 2021, párrs. 1–2). Tiene algunos módulos:

***Funcionalidad principal (núcleo):*** (...) define las estructuras de datos básicas, incluida la densa matriz multidimensional Mat y las funciones básicas utilizadas por todos los demás módulos.

***Procesamiento de imágenes (imgproc):*** (...) incluye filtrado de imágenes lineales y no lineales, transformaciones geométricas de imágenes (cambio de tamaño, deformación afín y perspectiva,

reasignación genérica basada en tablas), conversión de espacio de color, histogramas, etc.

**Análisis de video (video):** (...) incluye algoritmos de estimación de movimiento, sustracción de fondo y seguimiento de objetos.

**Calibración de cámara y reconstrucción 3D (calib3d):** algoritmos básicos de geometría de múltiples vistas, calibración de cámara única y estéreo, estimación de pose de objeto, algoritmos de correspondencia estéreo y elementos de reconstrucción 3D.

**Marco de características 2D (features2d):** detectores de características destacadas, descriptores y comparadores de descriptores.

**Detección de objetos (objdetect):** detección de objetos e instancias de las clases predefinidas (por ejemplo, caras, ojos, tazas, personas, automóviles, etc.).

**GUI de alto nivel (highgui):** una interfaz fácil de usar para **funciones de IU** simples.

**E/S de video (videoio):** una interfaz fácil de usar para captura de video y códecs de video.

**Otros módulos auxiliares:** contenedores de prueba de FLANN y Google, los enlaces de Python y otros. (OpenCV, 2021, párr. 3).

Es una librería multiplataforma, con versiones para GNU/Linux, Mac OS X y Windows y más de 500 funciones para gran número de áreas durante el proceso de visión, “como reconocimiento de objetos (reconocimiento facial), calibración de cámaras, visión estérea y visión robótica” (Juárez, 2018, p. 7).

### **1.7. Modelo de desarrollo de software**

En palabras de Zumba & León (2018) es indispensable diferenciar entre modelo y metodología. Un *modelo* de proceso desarrollo de software según Sommerville (2011, p. 29) “es una representación simplificada de este proceso. Cada modelo del proceso representa a otro desde una particular perspectiva y, por lo tanto, ofrece sólo información parcial acerca de dicho proceso”. Una *metodología*, al decir de Cendejas et al. (2014, p. 137) “es un enfoque estructurado para el

desarrollo de software que incluye modelos de sistemas, notaciones, reglas, sugerencias de diseño y guías de procesos”. Estos conceptos se aplicaron a partir de 1960, cuando surgieron los modelos y metodologías clásicas de desarrollo de software.

Según Zumba & León (2018) realizó una recopilación de los principales modelos y metodologías que se utilizaron entre los años 70 y 90 (ver Tabla 2).

**Tabla 2.**  
*Modelos y metodologías clásicas*

<b>Modelos</b>	<b>Metodologías</b>
Modelo de Cascada	RUP (Rational Unified Process)
Modelo Cascada en “V”	RAD (Rapid Application Development)
Modelo de Desarrollo Evolutivo (Espiral)	MSF (Microsoft Solution Framework)
Modelo de Desarrollo Evolutivo por Prototipos	Win-Win Spiral Model
Desarrollo Evolutivo por etapas o Incremental	Iconix
Desarrollo Evolutivo Iterativo	Desarrollo de sistemas de Jackson (JSD).
Modelo Basado en Componentes	Structured System Analysis and Design Method (SSADM).

**Fuente:** Zumba & León (2018)

A partir de 1990 con el uso masivo de internet y los cambiantes requerimientos para el desarrollo de proyectos, se dio origen a las *metodologías ágiles* ya que las clásicas o tradicionales no ofrecían resultados eficientes puesto que se invertía demasiado tiempo en el diseño del software y en los controles antes que enfrentar los eventuales cambios en los requisitos; éstos eran contrarios con el análisis y la documentación, lo que hacía que el desarrollo del sistema se convirtiera en un proceso sin eficiencia ni productividad.

Ante estos inconvenientes surgen las metodologías ágiles, que se centran en el software mas no en la arquitectura o documentación, las que “con un enfoque iterativo dan la bienvenida a los requerimientos cambiantes y entregas funcionales desde etapas tempranas con la participación del cliente” (Zumba & León, 2018, p. 29).

Según los autores antes mencionados, las metodologías ágiles se podrían clasificar en:

- Adaptative Software Development
- Agile Modeling
- Agile Model Driven Development
- Agile Project Management
- Agile Unified Process
- Crystal Methods
- Dynamic Systems development methods
- Evolutionary Project Management
- Extreme Programming
- Feature Driven Development
- Internet Speed Development
- Lean development
- Mobile-D
- Open Unified Process
- Pragmatic programming
- Scrum
- Story cards driven development
- Test Driven Development
- Win Win Spiral
- X-Breed (Zumba & León, 2018, p. 30)

## **1.8. Lenguajes de desarrollo**

Entre los lenguajes de programación se pueden mencionar los descritos en los párrafos a continuación.

### **1.8.1. Python**

Lenguaje de desarrollo de fácil aprendizaje. Sus estructuras de datos tienen eficiencia y su enfoque simple lo hace adecuado para la programación orientada a objetos; “la elegante sintaxis y la escritura dinámica de Python, junto con su naturaleza interpretada, lo convierten en un lenguaje ideal para la creación de

scripts y el rápido desarrollo de aplicaciones en muchas áreas en la mayoría de las plataformas (Python, 2021, párr. 1).

Es multiplataforma y multiparadigma, puesto que tiene un código fácil de leer y limpio, pudiendo ser utilizado en plataformas de alto tráfico. Su licencia es de código abierto para su uso en escenarios diversos, gratuitamente (Capacitarte, s/f).

Tiene como meta principal la automatización de procesos, para que la ejecución de las tareas tenga mayor simplicidad, ahorrando tiempo, que es lo más importante para cualquier desarrollador. Por esto, Python

Crea un código con gran legibilidad, que ahorra tiempo y recursos. Uno de sus puntos fuertes es que *comprueba los errores sobre la marcha* para solucionarlos cuando afectan a la memoria, lo que mantiene la integridad de la matriz y evita las complicaciones a la hora de escribir el código (Capacitarte, s/f, párr. 3).

Python tiene algunas aplicaciones (Capacitarte, s/f; Universia, 2020):

- Ciencia de los datos, por sus poderosas bibliotecas para visualización de datos.
- *Machine learning*, con su biblioteca *TensorFlow*.
- Desarrollo web, para la construcción del back-end de las aplicaciones y menor utilización de líneas de código.
- Educación en ciencias de la computación, como herramienta de enseñanza por su facilidad de aprendizaje.
- Visión por ordenador y procesamiento de imágenes, por la sencillez en la integración de funciones de detección de visión.
- *Big Data*, con sus bibliotecas para extracción y análisis de información
- Frameworks de Pruebas, apropiado en la validación de ideas o productos, por sus frameworks que permiten la depuración de código.
- Creación de juegos.
- Medicina y farmacología, por las aplicaciones en el ámbito médico que facilitan diagnósticos más precisos.

- Biología y bioinformática, para “procesamiento de secuencias de ADN, la simulación de dinámica y genética de poblaciones y el modelado de estructuras bioquímicas” (Universia, 2020, párr. 11).
- Neurociencia y psicología, “para la adquisición y análisis de datos, la automatización y la prueba de hipótesis a través del modelado y simulación” (Universia, 2020, p. 12).
- Astronomía.
- Otras: “robótica, vehículos autónomos, negocios, meteorología y desarrollo de interfaces gráficas de usuario” (Universia, 2020, párr. 14).

### 1.8.2. C++

Al decir de Olivares, C++ se lo creó “como extensión del lenguaje C. (...) abarca tres paradigmas de la programación: programación estructurada, programación genérica, programación orientada a objetos. (...) versátil, potente y general. Su éxito (...) le ha llevado a ocupar el primer puesto como herramienta de desarrollo de aplicaciones” (2008, p. 3).

Entre sus características se pueden mencionar:

- Sintaxis heredada de C
- Estándar ANSI-C
- Lenguaje fuertemente tipado
- Programación orientada a objetos:
  - Abstracción
  - Encapsulado
  - Herencia y polimorfismo
- Sobrecarga de operadores
- Soporte de funciones anónimas
- Control de excepciones
- Biblioteca estándar que, por lo general viene en el compilador. Pueden ser:
  - Plantillas de clases para vectores, listas, mapas, colas, pilas, etc.
  - Soporte multihilo

- Compatibilidad con C. Un compilador de C++ puede compilar código escrito en C, o usar librerías de c con poca modificación de código
- Uso de punteros
- Es portátil, tiene un gran número de compiladores en diferentes plataformas y sistemas operativos.
- Eficiencia con el hardware, al ser un lenguaje compilado. Además, se acerca bastante a un lenguaje de bajo nivel. (Lenguajes de Programación, 2021, párr. 8).

Como desventaja se puede mencionar lo complejo del lenguaje, puesto que ha sido creado para desarrolladores que tienen experiencia en la programación (Lenguajes de Programación, 2021).

### 1.8.3. C#

Es un lenguaje moderno, que se basa en objetos “que permite a los desarrolladores crear muchos tipos de aplicaciones seguras y sólidas que se ejecutan en el ecosistema de .NET” (Microsoft, 2021, párr. 1). Se origina de la familia C, y para quienes desarrollan en de C, C++, Java y JavaScript será conocido.

Se orienta a componentes y a objetos. Algunas de las características de este lenguaje permiten crear aplicaciones consistentes y perdurables:

- La *recolección de elementos no utilizados* reclama de forma automática la memoria ocupada por objetos no utilizados inalcanzables
- Los tipos que aceptan valores NULL ofrecen protección ante variables que no hacen referencia a objetos asignados
- El *control de excepciones* proporciona un enfoque estructurado y extensible para la detección y recuperación de errores
- Las *expresiones lambda* admiten técnicas de programación funcional
- La sintaxis de Language Integrated Query (LINQ) crea un patrón común para trabajar con datos de cualquier origen
- La compatibilidad del lenguaje con las operaciones asincrónicas proporciona la sintaxis para crear sistemas distribuidos

- Permite la asignación dinámica de objetos y el almacenamiento en línea de estructuras ligeras.
- Admite métodos y tipos genéricos, que proporcionan una mayor seguridad de tipos, así como un mejor rendimiento.
- Proporciona iteradores, gracias a los que los implementadores de clases de colecciones pueden definir comportamientos personalizados para el código de cliente. (Microsoft, 2021, párr. 3).

## Top 5 de los lenguajes de desarrollo más utilizados

De acuerdo al Índice Tiobe (2021) los lenguajes de mayor utilización para el desarrollo de aplicaciones se muestran en la Figura 8. En el informe se mencionó que Python está próximo a ubicarse en el primer lugar, existiendo como brecha entre éste y C un 0.7% (Tiobe, 2021, párr. 1).

**Figura 8.**  
Índice TIOBE para junio de 2021

Jun 2021	Jun 2020	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	1		 C	12.54%	-4.65%
2	3	▲	 Python	11.84%	+3.48%
3	2	▼	 Java	11.54%	-4.56%
4	4		 C++	7.36%	+1.41%
5	5		 C#	4.33%	-0.40%

**Fuente:** Adaptado de Tiobe (2021)

## 1.9. Bases de datos

### 1.9.1. MySql

Sistema gestor de base de datos relacional más popular, al igual que Microsoft SQL Server y Oracle. En la actualidad, MySql está patrocinado por Oracle y su comercialización es mediante “sistema de licencias dual. Asimismo, además de la edición Enterprise propietaria, Oracle ofrece una versión de código abierto con una licencia GPL” (IONOS, 2020, párr. 2), que facilita a las organizaciones poder crear aplicaciones propias en base en MySql, sin que se vean afectadas por la licencia *open source*. Una de sus características es la “rapidez en las operaciones y su buen rendimiento, posee una baja probabilidad de corromper

los datos” (Flores, 2018, p. 61), además de ser multihilo y multiusuario y se utiliza en la mayoría de páginas web (Marín, 2019).

MySQL se escribió en C y C++ y “está provisto de un analizador sintáctico de SQL basado en Yacc con un tokenizador (escáner léxico) propio. Asimismo, el sistema de gestión de bases de datos se destaca por su amplio soporte de sistemas operativos” (IONOS, 2020, párr. 4).

Dentro de sus principales características se encuentran:

- Para la creación y manejo de bases de datos relacionales
- De fácil utilización y excelente rendimiento
- Se puede instalar, configurar y mantener fácilmente
- Soporte multiplataforma
- Soporte SSL. (Marín, 2019, párr. 9).
- Utiliza motores de almacenamiento con características y velocidades distintas
- Arquitectura cliente / servidor y la instalación proporciona tanto el programa de cliente (por línea de comandos) como el del servidor (sistema gestor de la base de datos en sí)
- Es robusto y seguro (DesarrolloWeb, s/f, párr. 7).

### **1.9.2. Oracle**

Sistema Administrador de Base de Datos Objeto-Relacional (ORDBMS) de mucha utilización en la creación de aplicaciones, que admite la concurrencia de gran cantidad de usuarios. Las innovaciones que añade esta base de datos en sus distintas versiones son debido a los nuevos requerimientos del ámbito informático, como lo es el tema de la nube en su versión 12C, sin olvidar todo lo relacionado a la orientación a objetos “que permiten la reutilización de código, la compatibilidad con interfaces orientada a objetos y la creación de tipos de datos complejos” (Lovato, 2017, p. 19).

Es más completo en cuanto a:

Soporte de transacciones, estabilidad, escalabilidad y soporte multiplataforma, basándose en una arquitectura cliente servidor para la gestión de bases de datos relacionales desarrollada por Oracle Corporación, con una interfaz comprensible, siendo capaz de administrar bases de datos, crear tablas, vistas y otros objetos de bases de datos, importar, exportar y visualizar datos de tablas, ejecutar scripts de SQL y generar informes. (Moyano, 2019, p. 25).

Su arquitectura está formada por la base de datos (estructuras físicas y lógicas) y la instancia de la base de datos (estructuras de memoria y procesos) (Moyano, 2019). Una base de datos Oracle “consta de una capa física que consiste en un conjunto de archivos que se encuentran en el disco y una capa lógica son las estructuras que mapean los datos hacia los componentes físicos” (Moyano, 2019, p. 25).

### **1.9.3. Sql**

Sistema gestor de bases de datos relacional, cuyo lenguaje tiene algunas funciones propias y sirve para la creación de procedimientos que permitirán la ejecución de instancias de SQL Server (Gil, 2020).

Entre sus características se pueden mencionar las siguientes:

- Soporte de transacciones.
- Escalabilidad, estabilidad y seguridad.
- Soporta procedimientos almacenados.
- Incluye también un potente entorno gráfico de administración, que permite el uso de comandos DDL y DML gráficamente.
- Permite trabajar en modo cliente-servidor, donde la información y datos se alojan en el servidor y los terminales o clientes de la red sólo acceden a la información.
- Puede administrar información de otros servidores de datos (EcuRed, s/f-a, párr. 3).

En la Figura 9 se muestra el ranking IONOS de bases de datos, en donde se muestran las cinco de mayor utilización en 2020.

**Figura 9.**  
*Ranking de bases de datos*

371 systems in ranking, June 2021

Rank			DBMS	Database Model	Score		
Jun 2021	May 2021	Jun 2020			Jun 2021	May 2021	Jun 2020
1.	1.	1.	Oracle +	Relational, Multi-model	1270.94	+1.00	-72.65
2.	2.	2.	MySQL +	Relational, Multi-model	1227.86	-8.52	-50.03
3.	3.	3.	Microsoft SQL Server +	Relational, Multi-model	991.07	-1.59	-76.24
4.	4.	4.	PostgreSQL +	Relational, Multi-model	568.51	+9.26	+45.53
5.	5.	5.	MongoDB +	Document, Multi-model	488.22	+7.20	+51.14

Fuente: Adaptado de IONOS (2020)

### 1.10. Fundamento legal

Los documentos legales en que se sustenta este proyecto se encuentran en la **Constitución de la República**, que menciona en el *artículo 26* que la educación es un derecho de todas las personas y un deber del estado el proporcionar a toda la población. “Las personas, las familias y la sociedad tienen el derecho y la responsabilidad de participar en el proceso educativo” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p. 17).

En cuanto a la **Ley Orgánica de Educación Superior (LOES)** en su *artículo 5* literal a) señala que los estudiantes tienen derecho a “acceder, movilizarse, permanecer, egresar y titularse sin discriminación conforme sus méritos académicos (...)” (Asamblea Nacional Constituyente, 2010, p. 8).

El **Reglamento de Régimen Académico** emitido por Consejo de Educación Superior CES en su *artículo 17* señala la “carga horaria y duración de las carreras en la formación de nivel técnico superior, tecnológico superior y equivalentes; y, de grado...” (2013, p. 9). La carga horaria, de acuerdo al numeral **3** señala que el alumno deberá cumplir la cantidad de horas y períodos académicos de acuerdo a la titulación respectiva. En el inciso **b** se especifica que para las ingenierías, arquitectura y carreras en ciencias básicas se necesitan “8.000 horas, con una duración de diez períodos académicos ordinarios. (...) Estos estudios sólo podrán realizarse a tiempo completo y bajo modalidad presencial” (Consejo de Educación Superior CES, 2013, p. 10).

El **Consejo de Educación Superior CES** emitió la *Normativa transitoria para el desarrollo de actividades académicas en las Instituciones de Educación Superior*, debido al estado de excepción decretado por la emergencia sanitaria ocasionada por la pandemia de COVID-19 (Consejo de Educación Superior CES, 2020) en la que se menciona el *artículo 12c* sobre la flexibilidad de horarios y control de asistencias, por medio del cual las Instituciones de Educación Superior IES tendrán la facultad de flexibilizar el horario de clases y control de asistencia, sin que se apliquen sanciones a los alumnos por faltas o atrasos.

Sobre el *Reglamento Interno* emitido por el **Consejo Superior Universitario de la Universidad Tecnológica Ecotec** (Universidad Ecotec, 2019, pp. 3–4) en su *artículo 5*

a) *De la asistencia* La universidad requiere de la asistencia y puntualidad de sus estudiantes; por ello exige un mínimo del 75% de asistencia sobre el total de horas de cada asignatura. La ausencia a una clase no excusa al estudiante de cumplir sus obligaciones académicas y rendir los exámenes en las fechas establecidas. Quien no alcance el mínimo de asistencia exigidos, reprueba la materia por inasistencia. Ninguna autoridad o docente universitario, por causa alguna justificará las inasistencias.

(...)

Para el cálculo del mínimo de inasistencia exigido a los estudiantes por materia se les contabilizarán las asistencias desde el momento del inicio de clases y, no desde que el estudiante se haya registrado.

El estudiante cuyo porcentaje de asistencia sea inferior al exigido, obtendrá como nota reprobatoria “Y”, es decir, reprobado por inasistencia. Esta calificación no afectará el promedio global acumulativo.

El profesor controlará la asistencia en cada período académico y llevará el registro respectivo en la Plataforma tecnológica que la universidad disponga para el efecto. Ningún profesor o directivo, podrá hacer enmiendas en el control de asistencia o en el acta de calificaciones (Universidad Ecotec, 2019, pp. 3–4).

En el mencionado Reglamento, se debe considerar el *artículo 6 De la Puntualidad*: Tanto el profesor como el estudiante deberán estar en el aula, a la hora indicada en el horario, para el inicio puntual de clase.

*a) De los estudiantes*: El estudiante deberá esperar al profesor en el aula, para de esa manera iniciar puntualmente la clase. Si por algún motivo el estudiante no pudiera llegar a tiempo a la clase, podrá ingresar hasta diez minutos después de la hora de inicio de la misma. Transcurridos los diez minutos, el profesor registrará en la Plataforma Tecnológica establecida para el efecto, la asistencia de todos los estudiantes que se encuentren en el aula. Luego de este tiempo, podrá autorizar el ingreso del estudiante sólo en calidad de oyente...

*b) De los profesores*: Todo profesor deberá llegar puntual en la hora establecida para dictar su cátedra. Si por algún motivo tuviera que llegar retrasado, deberá comunicar por lo menos con una hora de anticipación a la Secretaría de la facultad, para que los estudiantes esperen hasta 10 minutos después de la hora fijada para el inicio de clases; si no llegare en el plazo antes mencionado, el Decano de la facultad o su Delegado, verificará los estudiantes presentes y esa asistencia será utilizada por el estudiante para su beneficio (...) (Universidad Ecotec, 2019, p. 5).

Al finalizar la investigación de este capítulo, se conoció acerca de la asistencia estudiantil, que es el propósito inicial del proyecto que se plantea a la universidad, puesto que el control de asistencia que se realiza debido a la crisis sanitaria mundial es vía online, y no ofrece mucha seguridad en cuanto a la identificación de los estudiantes.

Además, se ha logrado ofrecer una explicación clara sobre todo lo relacionado con los sistemas biométricos, que son el punto de partida para abordar el reconocimiento facial y todo lo concerniente a este tema, que es la base de este proyecto. Los referentes de estudios previos permiten tener un mayor conocimiento de la utilización de la tecnología de reconocimiento facial, permitiendo una mayor comprensión de los usos que tiene y las herramientas y algoritmos que se utilizan para la creación de sistemas que permiten la

identificación de personas, y que tienen diversas aplicaciones en las distintas organizaciones.

La investigación también analizó los lenguajes de desarrollo y bases de datos de mayor utilización a nivel mundial, que se pueden utilizar para el desarrollo del prototipo de un sistema inteligente para registro de asistencias en la Universidad Tecnológica Ecotec. Por último, se consideró el marco legal, dentro del cual se sustenta este proyecto.



**CAPÍTULO II**  
**METODOLOGÍA DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se hace referencia a la elección de la metodología, tanto de la investigación como de desarrollo, que sirve de fundamento para la construcción de este proyecto.

En cuanto a la *metodología de la investigación*, se analiza el enfoque metodológico, el tipo de investigación, la muestra, las variables y su operacionalización, los métodos de investigación, el procesamiento y análisis de los datos.

En lo relacionado con la *metodología de desarrollo*, se consideran los aspectos de mayor relevancia sobre el modelo de prototipos, que es el utilizado para el sistema de registro de asistencia estudiantil, sus beneficios y sus fases.

### **2.1. Enfoque de la investigación**

Para encontrar la verdad científica, entendidos en la ciencia se interesaron por crear corrientes de pensamiento y métodos para ser utilizados tanto en el descubrimiento de la manera en que se maneja la naturaleza, como las particularidades del ser humano y sus constructos, con los cuales se pueda llegar al conocimiento. Tales corrientes y métodos se confluyeron en dos aproximaciones de la investigación, los enfoques cualitativo, cuantitativo y mixto (cualitativo y cuantitativo) (Gallardo, 2017; Hernández et al., 2014).

El enfoque metodológico *cualitativo*, según Gallardo (2017) es un paradigma interpretativo, en donde el investigador trata de investigar, paso a paso, la realidad propia de los actores sociales, esto significa que el investigador buscará la forma cómo otorgarle un significado a las cosas. Desde el punto de vista de Hernández et al. (2014) este enfoque se basa en recopilar y analizar información con el fin de mejorar las preguntas de investigación o descubrir otras nuevas durante el desarrollo investigativo, sin realizar medición numérica.

El enfoque metodológico *cuantitativo* también se lo conoce como “tradicional, experimental, positivista, hipotético-deductivo, empiricista empírico-analista o racionalista” (Gallardo, 2017, p. 21). Es un paradigma que busca verificar hipótesis por medio de la observación empírica, medición numérica, análisis estadístico y el experimento en muestras de amplio alcance, para verificar teorías

y leyes. Tiene como fin la explicación, predicción, verificación y control de hechos o fenómenos (Gallardo, 2017; Hernández et al., 2014).

El enfoque *mixto*, de acuerdo a Hernández et al. (2014) no busca sustituir a los métodos cualitativo y cuantitativo, sino aprovechar los puntos fuertes de estos dos tipos de investigación para que, mediante su combinación, se disminuyan sus posibles debilidades.

De acuerdo a las definiciones anteriores y para la aplicación en este estudio, el enfoque que se aplicó fue el **cualitativo**, por cuanto se realizó un levantamiento de información directamente de las personas involucradas para así determinar las necesidades de implementación de un prototipo que facilite el proceso de registro de asistencia estudiantil a las diferentes clases en la Universidad Tecnológica Ecotec.

## **2.2. Tipo de investigación**

Este proyecto es exploratorio y descriptivo. La investigación *exploratoria* se la lleva a cabo a algún tema o hecho que no es conocido o poco investigado, de manera que sus resultados reflejen conceptos aproximados del tema o hecho, es decir, un conocimiento no profundo del mismo (Arias, 2012). Por lo tanto, este proyecto fue exploratorio, puesto que se trató de acercar al investigador al proceso de registro de asistencia estudiantil para conocer cómo se desarrolla y poder proponer una solución.

Por otro lado, la finalidad de la investigación *descriptiva* es la descripción del problema o hecho motivo de estudio, estudiando sus partes y todo lo a ellas relacionado incluyendo la relación que pueda tener con otros hechos u objetos, para descubrir una verdad, afirmar un enunciado o confirmar hipótesis. Describir es un proceso que permite la representación, a través de palabras, de las particularidades de hechos, sucesos, fenómenos, individuos, de forma que la persona que los revise o explique, los reconstruya en su mente (Niño, 2011). Por tal motivo, este proyecto es descriptivo puesto que se realizó la caracterización de cada una de las partes del proceso de registro de asistencia estudiantil de la Universidad Tecnológica Ecotec.

### 2.3. Período y lugar donde se desarrolla la investigación

El lugar en donde se presentó el problema motivo de estudio fue la Universidad Tecnológica Ecotec, en el período académico Titulación 1 de 2021 (meses marzo-julio).

### 2.4. Universo y muestra de la investigación

El universo estuvo constituido por docentes de la Universidad Tecnológica Ecotec y para la selección de la muestra se utilizó el *muestreo intencional u opinático*, mediante el cual los elementos se los elige de acuerdo a juicio del investigador (Arias, 2012).

Por lo tanto, la muestra seleccionada estuvo conformada por tres Coordinadores de carrera y cinco docentes de la carrera de Sistemas de la Universidad Ecotec.

### 2.5. Definición y comportamiento de las variables de estudio

Se definen las variables dependiente e independiente y su posterior operacionalización.

#### 2.5.1. Variable dependiente

Asistencia estudiantil.

#### 2.4.2. Variable independiente

Prototipo de identificación facial para registro de asistencia estudiantil.

#### 2.4.3. Operacionalización

**Tabla 3.**  
*Comportamiento de las variables*

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos y/o métodos
Asistencia estudiantil	Proporción de la población (...) que asiste a algún establecimiento educativo (CELADE, s/f, párr. 2).	Porcentaje de asistencia registrada a través del reconocimiento facial	Base de datos de estudiantes inscritos en la materia
Prototipo de identificación facial	Es una simulación del producto final. (...) cuyo objetivo principal es probar si el flujo de interacción es el correcto o si hace falta corregirlo (Universia, 2016, párr. 3).	Reconocimiento de los estudiantes que asisten a clases	Base de datos de estudiantes inscritos en la materia

## 2.6. Métodos de investigación

El desarrollo del proyecto requirió la aplicación de *métodos empíricos* que ayudaron en la recolección de la información y de esta forma conocer las características del problema a investigar. El método utilizado fue la *entrevista*, siendo los *informantes* los Coordinadores de las carreras de Ingeniería Industrial y Agronomía, y docentes de la carrera de Sistemas.

La entrevista a los Coordinadores de Carrera estuvo orientada a conocer su opinión sobre la implementación de un sistema de reconocimiento facial para el registro de asistencia estudiantil, mientras que la entrevista a los informantes de la carrera de Sistemas se la realizó para determinar la viabilidad del proyecto.

Las preguntas para las entrevistas se las puede apreciar en los párrafos a continuación.

### ENTREVISTA A COORDINADORES DE CARRERA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC

**Objetivo:** Conocer la opinión de Coordinadores de Carrera de la Universidad Ecotec para la implementación de un sistema de reconocimiento facial mediante imagen/video para el registro de asistencia estudiantil.

1. Antes de la crisis sanitaria mundial, que obligó a la adopción de la educación virtual, ¿cómo registraba la asistencia de los estudiantes a la materia que impartió?
2. ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de registro de asistencia de los estudiantes, con la educación virtual actual?
3. ¿Qué deficiencias y problemas ha detectado en el proceso de registro de asistencia para las clases virtuales?
4. ¿Ha detectado alguna suplantación de identidad en el momento de registrar la asistencia a los estudiantes?
5. ¿Cómo cree Ud. que se debería mejorar el registro de asistencia estudiantil en la universidad?

6. ¿Estaría de acuerdo con que se implemente en la universidad un sistema de registro automático de estudiantes mediante reconocimiento facial para control de asistencia?

## **ENTREVISTA A DOCENTES DE LA CARRERA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC**

**Objetivo:** Conocer la opinión de docentes de la carrera de Sistemas de la Universidad Ecotec sobre la implementación de un sistema de reconocimiento facial mediante imagen/video para el registro de asistencia estudiantil.

1. ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de registro de asistencia estudiantil, con la educación virtual actual?
2. ¿Qué deficiencias ha detectado en el proceso de registro de asistencia estudiantil para las clases virtuales?
3. En su opinión, ¿sería posible y conveniente desarrollar e implementar un sistema de registro de asistencia estudiantil por reconocimiento facial mediante imagen/video para mejorar el proceso actual?
4. ¿Qué requisitos debería tener el sistema de registro de asistencia estudiantil por reconocimiento facial mediante imagen/video (requisitos funcionales y no funcionales)?
5. ¿Qué beneficios aportaría a la universidad la implementación de un sistema de registro de asistencia estudiantil?

### **2.7. Procesamiento y análisis de la información**

La elaboración de las entrevistas a los *informantes* se las realizó a través de la herramienta de encuestas Google Forms (ver Anexo 1) para ser enviada por correo electrónico, y posteriormente realizar el correspondiente análisis e identificar los aspectos de mayor relevancia y concordancias que se encontraron en las respuestas receptadas.

### **2.8. Modelo de desarrollo de software**

#### **2.8.1. Modelo de Prototipos**

Se lo conoce también como “desarrollo con prototipación o modelo de desarrollo evolutivo, se inicia con la definición de los objetivos globales para el software,

luego se identifican los requisitos conocidos y las áreas del esquema en donde es necesaria más definición” (EcuRed, s/f-b) y se lo utiliza para que el usuario final del sistema tenga de primera mano un preliminar del software, de manera que aquel pueda revisarlo, se corrijan errores y el aplicativo quede a su entera satisfacción.

El modelo evolutivo por prototipos permite la identificación de los requisitos del usuario final del sistema a través del desarrollo de un prototipo que simula la funcionalidad del aplicativo para que, en caso de no responder a las necesidades del cliente, se construya otro mejorado (posiblemente desde cero), por lo que el diseño va cambiando hasta que se clarifican todos los requerimientos y se cumple toda la funcionalidad en el último prototipo (Cervantes & Gómez, 2012; Zumba & León, 2018).

Antes de construir un prototipo, se deberá tener algunas consideraciones:

- Profundidad de la funcionalidad requerida en el prototipo
- Elección de la herramienta de prototipado y consideración de sus limitaciones
- Criterios de conclusión para el ciclo de iteración
- Composición del equipo (usuarios, desarrolladores y otros implicados)
- Nivel de fidelidad requerido en el prototipado
- Longitud máxima de un ciclo de iteración
- Propósito del prototipo
- Formas de manejar los conflictos entre miembros del equipo de diseño y establecimiento de consenso. (Sidar, 2000, párr. 10).

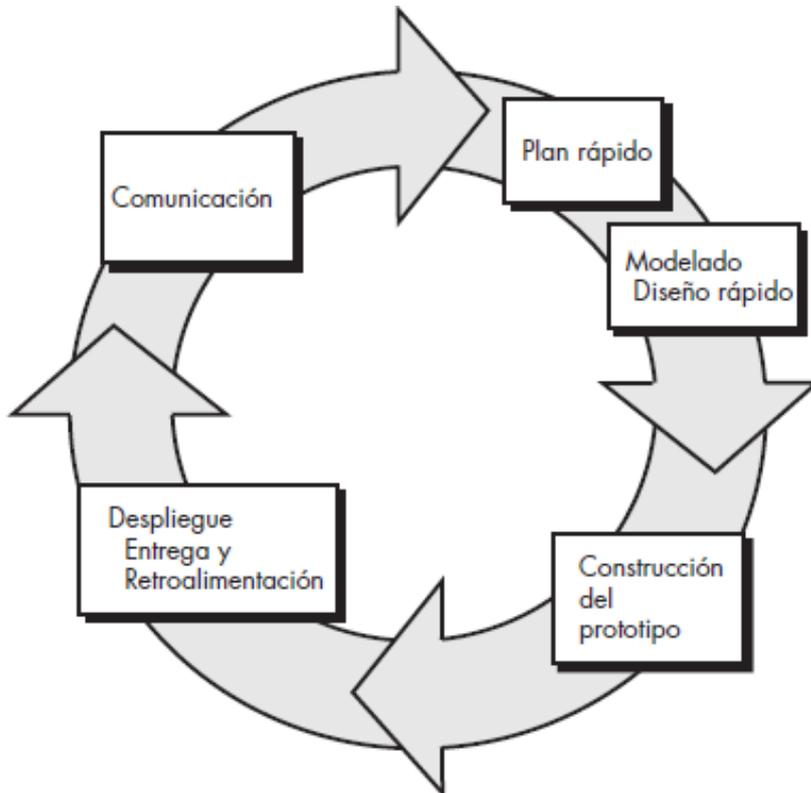
Durante la construcción de un prototipo se pueden presentar algunas situaciones:

- La revisión de los requerimientos del usuario final del sistema requiere de su revisión en una sesión JAD (Joint Application Design), aunque queda incompleta su interpretación
- La construcción del prototipo será de fidelidad baja, puesto que se requiere esclarecer los requisitos iniciales

- Se requieren las iteraciones, esto es especificar nuevamente, realizar el rediseño y evaluar otra vez, hasta que todos los involucrados en el proyecto (equipo de desarrollo y usuarios finales) hayan llegado a un consenso sobre la fidelidad y que el prototipo tenga un nivel de acabado bastante elevado
- Las especificaciones anteriores se fijan
- El producto final se lo construye de acuerdo al diseño del prototipo (Sidar, 2000).

En la Figura 10 se muestran los pasos del paradigma de hacer prototipos.

**Figura 10.**  
*Paradigma de hacer prototipos*



**Fuente:** Pressman (2013)



**CAPÍTULO III**  
**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA**  
**INVESTIGACIÓN**

Como se manifestó en el capítulo anterior, Metodología de la investigación, este estudio fue exploratorio, descriptivo y cualitativo. A través de la investigación *exploratoria* se conoció el proceso de registro de asistencia de los estudiantes y su funcionamiento, el mismo que se lo realiza a través de la plataforma virtual de la universidad. De esta forma se pretende proponer la solución de un prototipo para registro de asistencia estudiantil, con el fin de que dicho proceso tenga mayor efectividad para los docentes, no solamente para las clases virtuales que actualmente se llevan a cabo, sino cuando se retorne a la normalidad de las clases presenciales.

En cuanto a la investigación *descriptiva*, se explicaron las características del proceso de registro de asistencia estudiantil para tener un conocimiento más claro sobre su ejecución.

Para el análisis cualitativo del proyecto, se utilizó como técnica de recolección de información la *entrevista* a través de un muestreo intencional, de acuerdo al juicio del investigador, dando como resultado el planteamiento de dos grupos de preguntas: uno orientado a dos Coordinadores de Carrera y otro a cuatro docentes de la Universidad Tecnológica Ecotec.

La entrevista a los *Coordinadores de carrera*, tuvo como objetivo conocer su opinión para la implementación de un sistema de reconocimiento facial, ya que este proyecto podría ser de beneficio para toda la institución puesto que el registro de asistencias es uno de los requisitos importantes para la promoción del estudiante a la siguiente asignatura de su pensum académico, y es parte de la responsabilidad de los Coordinadores velar por el desempeño académico de los estudiantes.

La entrevista a los Coordinadores dependió de su disponibilidad puesto que, por la crisis sanitaria mundial y el ejercicio virtual de la educación, las labores educativas y administrativas demandan mayor atención y ocupación de parte de directivos y docentes de las instituciones educativas, por lo que se torna en una dificultad poder contar con mayor número de *informantes*.

Algo similar sucedió con la entrevista a los *docentes de la carrera de Sistemas* de la universidad, ya que se dependió de la disponibilidad de cada uno de ellos para conseguir su opinión en cuanto al desarrollo del prototipo.

En los párrafos siguientes se presenta el análisis de los resultados de las entrevistas realizadas.

### **3.1. Entrevista a los Coordinadores de Carrera**

La entrevista a los Coordinadores de carrera constó de cinco preguntas relacionadas con posibles inconvenientes del registro de asistencia en la universidad, las mismas que están descritas en el capítulo II. A continuación, se muestran los resultados.

Se preguntó a los Coordinadores sobre cómo se realizaba el proceso de registro de asistencia estudiantil antes de la crisis sanitaria, a lo que uno de los entrevistados respondió que, por disposición de las autoridades de la universidad, se la debió realizar de forma manual a través de la plataforma. El otro entrevistado supo manifestar que el registro de asistencia se lo realizó de forma visual, es decir el docente observaba al estudiante físicamente en el aula y lo registraba en la lista de asistencia.

En el mismo contexto y con la educación virtual que actualmente se imparte en las instituciones educativas, se preguntó a los Coordinadores cómo es actualmente el registro de asistencias, a lo que los dos entrevistados respondieron que se la realiza de la misma forma como en las clases presenciales, exceptuando lo visual.

A la pregunta relacionada con los posibles problemas y deficiencias en el proceso de registro de asistencia estudiantil para las clases virtuales, los entrevistados manifestaron que los problemas comunes son la lentitud por el número de estudiantes, que resta tiempo de clases, y problemas de conexión ambas partes (docente-estudiante), que extendería el período de registro de asistencias.

Sobre posibles problemas de suplantación de identidad en el momento de realizar el registro de estudiantes, los Coordinadores manifestaron que hasta el

momento no se han encontrado con esa situación, aunque no sería raro que suceda, puesto que la asistencia del alumno al decir *presente* no garantiza que sea quien dice ser, sino que podría ser cualquier otra persona. Además, la ocupación de mayor ancho de banda implicaría problemas de conexión y causarían otros inconvenientes.

En cuanto al tema relacionado a una posibilidad de mejorar el registro de asistencia estudiantil actual de la universidad, uno de los Coordinadores de carrera manifestó que sería adecuada la implementación de un sistema en el que el docente no emplee su tiempo en registrar a todos y cada uno de los estudiantes, sino que el proceso se lo realice de forma automática en la plataforma, para que los tiempos de aprendizaje sean aprovechados de la mejor manera. Por su parte, el otro director sugirió que el registro de asistencias de la plataforma se mantenga abierto hasta el final de la hora de clase.

Al preguntar a los Coordinadores si estarían de acuerdo que en la universidad se implemente un sistema de registro automático de estudiantes mediante reconocimiento facial, ambas autoridades señalaron como punto a favor la optimización del tiempo de la hora-clase, ya que los estudiantes se registrarían inmediatamente y se procedería a recibir la clase; se menciona además que el sistema de registro de asistencias debería ser independiente del docente y transcurridos 10 minutos de haber empezado la clase, aquel reciba una lista pequeña de los estudiantes que no asistieron para tener un control de quienes asiduamente faltan.

Como observación a la posibilidad de implementar un sistema de registro de asistencias, se mencionó que podrían presentarse posibles inconvenientes en estudiantes cuya conexión a internet no sea óptima o su ordenador no tenga cámara, lo que sería negativo para el estudiante en el momento de cumplir el porcentaje de asistencias para aprobar la materia o rendir un examen.

En la Tabla 4 se presentan las respuestas a las preguntas de la entrevista realizada a los Coordinadores de Carrera.

**Tabla 4.***Resultados de entrevista a Coordinadores de Carrera*

<b>Preguntas</b>	<b>Entrevistado 1</b>	<b>Entrevistado 2</b>
Antes de la crisis sanitaria mundial, que obligó a la adopción de la educación virtual, ¿cómo registraba la asistencia de los estudiantes a la materia que impartió?	A través del Atrium de manera manual. Fue disposición de las autoridades.	Visual y lista
¿Cómo se lleva a cabo el proceso de registro de asistencia de los estudiantes, con la educación virtual actual?	Era la misma forma que se realizaba en modalidad presencial. De manera manual	Lista
¿Qué deficiencias y problemas ha detectado en el proceso de registro de asistencia para las clases virtuales?	1) Proceso lento por el número de estudiantes (a mayor número más tiempo de lista). 2) Problemas de conexión de lado y lado pueden terminar propagando el tiempo total de toma de asistencia	Ninguno
¿Ha detectado alguna suplantación de identidad en el momento de registrar la asistencia a los estudiantes?	No, pero no se descarta; el sistema solo contempla la asistencia a través de solicitar que el alumno diga presente y puede ser cualquiera. Prender la cámara para verificar rostros implica mayor tiempo y mayor ocupación de ancho de banda, lo cual con problemas de conexión puede ser causal de muchos problemas.	No
¿Cómo cree Ud. que se debería mejorar el registro de asistencia estudiantil en la universidad?	Implementar un sistema el cual el profesor no tenga que tomar lista, sino que el control sea de manera automática con el acceso del estudiante a la plataforma de enseñanza.	Debería permanecer abierto hasta el final
¿Estaría de acuerdo con que se implemente en la universidad un sistema de registro automático de estudiantes mediante reconocimiento facial para control de asistencia?	Totalmente, pero que sea independiente del profesor. El alumno debe de entrar y ser reconocido por rostro. El profesor no tomaría asistencia, sino que esta se daría de manera automática. Sería bueno que el profesor después de 10 minutos de clases reciba una lista de los alumnos que faltaron (lista pequeña) para así tener una idea de quienes son los que siempre faltan. No hace falta que se envíe la lista de los presentes dado que el profesor interactúa con los alumnos en la clase a través del blackboard; sin embargo, con la lista de los que han faltado, ya el profesor puede darse una idea de aquellos que no están en clase y su frecuencia de faltas.	No sé si esto podría resultar realmente útil en el caso de los estudiantes que tienen problemas de conexión o no tiene cámaras, por lo que no sería una manera realmente efectiva de control de asistencia y perjudicaría a estos estudiantes, que en ese caso no cumplirían con los estándares de asistencia mínimos requeridos para presentarse a examen. El lado positivo es que podría ser una forma de optimizar el tiempo en las clases para poder proceder con otras actividades o facilitar al docente a la hora de tomar de realizar el control de asistencia porque evitaría ausencias o retrasos o supuestas suplantaciones de identidad en las clases

### **3.1.1. Conclusión de la entrevista**

De lo que se pudo observar, el registro de asistencia estudiantil en la Universidad Tecnológica Ecotec en época de crisis sanitaria, se lleva a cabo de forma manual, utilizando la plataforma, tal como se realizaba antes que la enseñanza se vea forzada a impartirse vía online.

Dicho registro presenta algunos inconvenientes y, aunque no se han reportado casos, no se podría descartar en algún momento una suplantación de identidad, puesto que registrar al estudiante con sólo pronunciar *presente* no sería garantía de confiabilidad en cuanto a su identificación.

Por tales motivos, si se sugeriría implementar un sistema que registre a los estudiantes de forma automática para que el período de clase sea aprovechado de la mejor forma tanto por docentes como por estudiantes, para que se facilite el control de los que son recurrentes en sus faltas a clases, además de permitir comprobar su identidad y evitar mayores problemas.

### **3.2. Entrevista a los docentes de la carrera de Sistemas**

La entrevista a los docentes de la carrera de Sistemas tuvo como objetivo conocer su opinión sobre la implementación de un sistema de reconocimiento facial mediante imagen/video para el registro de asistencia estudiantil y se les solicitó indicar las asignaturas que imparten en el semestre actual de clases. A continuación, se presentan los resultados.

En cuanto a la pregunta relacionada con la manera de registrar la asistencia estudiantil, hubo unanimidad en las respuestas, puesto que se la realiza por medio de la plataforma Atrium.

Sobre los problemas o deficiencias que se pudieron haber detectado en el proceso de registro de asistencias a las clases virtuales, los entrevistados respondieron que no todos los estudiantes que se conectan atienden a la clase, tampoco encienden su cámara, por lo que el docente no conoce realmente si el estudiante se encuentra asistiendo a clases; a este último inconveniente se añade el problema de la interacción entre dos plataformas diferentes, Atrium y Blackboard, para la confirmación del estudiante en la clase.

Sobre la posibilidad y conveniencia de desarrollar e implementar un sistema de registro de asistencia estudiantil por reconocimiento facial para mejorar el proceso actual, todos los entrevistados estuvieron de acuerdo, sugiriendo que se monitoree cada cierto tiempo para comprobar si en realidad se encuentran conectados. La implementación sería automática sin que exista la necesidad de llamar, uno por uno, a los estudiantes, además que el sistema procure reducción de los tiempos en el registro de asistencia.

Entre los requerimientos que debería tener el sistema, se mencionó:

- Gestionar el registro de usuarios, registro de imagen del rostro y datos personales del estudiante. Captura por webcam o celular.
- Las imágenes y datos deben ser almacenados en una base de datos.
- Debe emplearse una técnica para el reconocimiento del rostro.
- La imagen debe estar asociada con un id único
- Reconocimiento automático masivo de los estudiantes presentes en sala.
- Garantizar más del 90% de efectividad en el reconocimiento de los estudiantes presentes en sala.
- Reducción de tiempo a la toma de asistencia actual.
- Captura de imagen o vídeo de todos los estudiantes presentes en la sala, sin tener que llamar uno a uno los estudiantes.
- Integrado a la misma plataforma de aula virtual.
- Validar la captura de imagen o vídeo corresponda con cada estudiante registrado en ese paralelo.

Entre los beneficios que se obtendrían se mencionaron:

- Comprobar que efectivamente el estudiante esté conectado en la clase virtual.
- Aprovechamiento del tiempo en la clase virtual, para tratamiento de contenidos de la materia.
- Optimizar el tiempo efectivo de clase, al minimizar los tiempos en la toma de asistencia.

En la Tabla 5 se presentan las respuestas de la entrevista.

**Tabla 5.**

*Resultados de entrevista a Docentes de la Carrera de Sistemas*

Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4
¿Cómo se lleva a cabo el proceso de registro de asistencia estudiantil, con la educación virtual actual?	En la plataforma	Vía Atrium	A través del ATRIUM	Por medio del Atrium
¿Qué deficiencias ha detectado en el proceso de registro de asistencia estudiantil para las clases virtuales?	Tener que mover la barra vertical	Que los estudiantes se conectan pero no están atendiendo, tampoco activan su cámara por lo cual no se sabe si están realmente ahí	Tener que interactuar con dos plataformas diferentes	El intercambiar entre Atrium y Blackboard para confirmar que el estudiante este presente
En su opinión, ¿sería posible y conveniente desarrollar e implementar un sistema de registro de asistencia estudiantil por reconocimiento facial mediante imagen/video para mejorar el proceso actual?	Si	Sería conveniente que se monitoree cada cierto tiempo para comprobar si efectivamente están ahí conectados	Si se trata de una captura automática, sí. Es decir sin necesidad de ir llamando a estudiante por estudiante	Sería conveniente siempre y cuando procure la reducción de los tiempos en la toma de asistencia.
¿Qué requisitos debería tener el sistema de registro de asistencia estudiantil por reconocimiento facial mediante imagen/video?	Que se pueda gestionar el registro de usuarios, que se registre la imagen del rostro y datos personales del estudiante. Esa imagen debe ser capturada x webcam o celular. Las imágenes y datos deben ser almacenados en una base de datos Debe emplearse una técnica para el reconocimiento del rostro La imagen debe estar asociada con un id único	No sé	Reconocimiento automático masivo de los estudiantes presentes en sala, que registre la asistencia a través de un solo evento. Garantizar más del 90% de efectividad en el reconocimiento de los estudiantes presentes en sala. Reducción de tiempo a la toma de asistencia actual	A nivel funcional: Captura de imagen o vídeo de todos los estudiantes presentes en la sala, sin tener que llamar uno a uno los estudiantes. Integrado a la misma plataforma de aula virtual. A nivel no funcional: Validar la captura de imagen o vídeo corresponda con cada estudiante registrado en ese paralelo.
¿Qué beneficios aportaría a la universidad la implementación de un sistema de registro de asistencia estudiantil?	Comprobar que efectivamente el estudiante esté conectado	Muchos	Aprovechamiento del tiempo en la clase virtual, para tratamiento de contenidos de la materia.	Optimizar el tiempo efectivo de clase, al minimizar los tiempos en la toma de asistencia. Confirmación de que el estudiante está presente en la clase virtual

### **3.2.1. Conclusión de la entrevista**

La entrevista reveló algunos inconvenientes en cuanto a la toma de asistencia de los estudiantes, para lo que si sería adecuada la implementación de un sistema que permita el mejoramiento del proceso actual, con el fin de mejorar los tiempos de registro y de esta forma aprovechar la hora de clase. Cada uno de los docentes propuso algunos requisitos que debería tener el sistema, de manera que se optimice el tiempo en el registro de la asistencia, validando la identidad del estudiante que se ha conectado a la clase virtual, con la captura de la imagen del estudiante.



## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA**

El desarrollo de este prototipo se lo llevó a cabo siguiendo las fases del *modelado por prototipos* realizada por Pressman (2013) y cuya descripción se la realizó en el capítulo II. Las fases de este modelo son: a) comunicación, b) plan rápido, c) modelado del diseño rápido, d) construcción del prototipo, e) despliegue, entrega y retroalimentación, cuyo detalle se presenta en los párrafos siguientes.

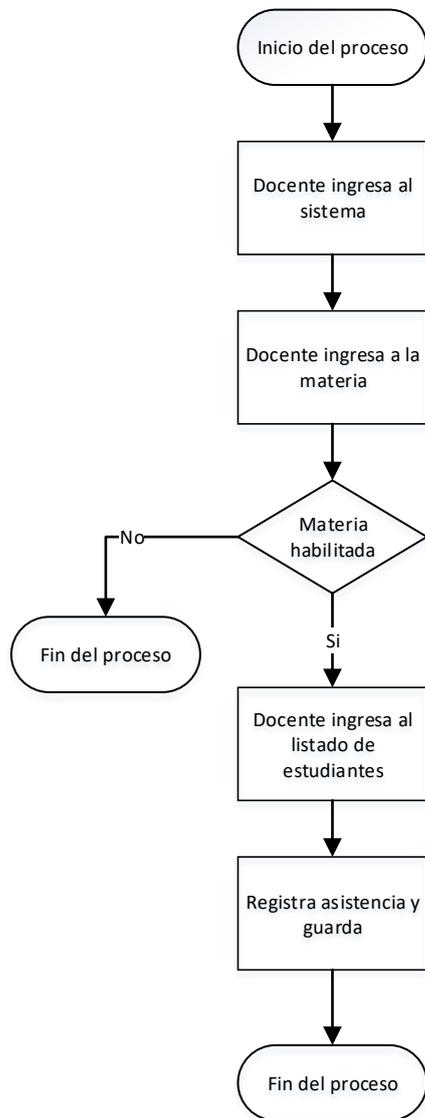
#### **4.1. Comunicación**

El primer paso para el desarrollo de este proyecto, siguiendo la definición de Pressman (2013) fue la *comunicación*, la que se inició con el levantamiento de la información, la misma que se llevó a cabo a través de las entrevistas a los Coordinadores de carrera y docentes de la carrera de Sistemas de la universidad, a través de las cuales se conoció la necesidad de implementación de este prototipo, además de plantearse los requisitos que éste debería tener para un correcto registro de asistencias. Estos requerimientos se los puede revisar en el capítulo III, Conclusión de la entrevista a los docentes de Sistemas.

Además, se obtuvo la descripción del proceso actual de registro de asistencia estudiantil a través de la plataforma utilizada en la universidad, el mismo que se lo puede visualizar en el Anexo 2, y que presenta las pantallas de acceso al sistema para el registro de asistencia estudiantil que es realizado por los docentes.

Por otro lado, en la Figura 11 se puede apreciar un diagrama que muestra el proceso de registro de asistencia que se ejecuta en la plataforma de la universidad.

**Figura 11.**  
*Proceso de registro*



El proceso de registro de asistencia es el siguiente:

- El docente ingresa al sistema de la universidad (Atrium) con su usuario y contraseña.
- Elige la materia que va a impartir para registrar la asistencia de los estudiantes. Si el docente ingresa antes de la hora de clases no podrá realizar el proceso, porque el listado de los alumnos no estará disponible; si ingresa a la hora correspondiente, la materia estará habilitada.
- Accede al listado y llena con un visto la casilla respectiva y guarda los cambios.

- La asistencia queda registrada en el sistema.

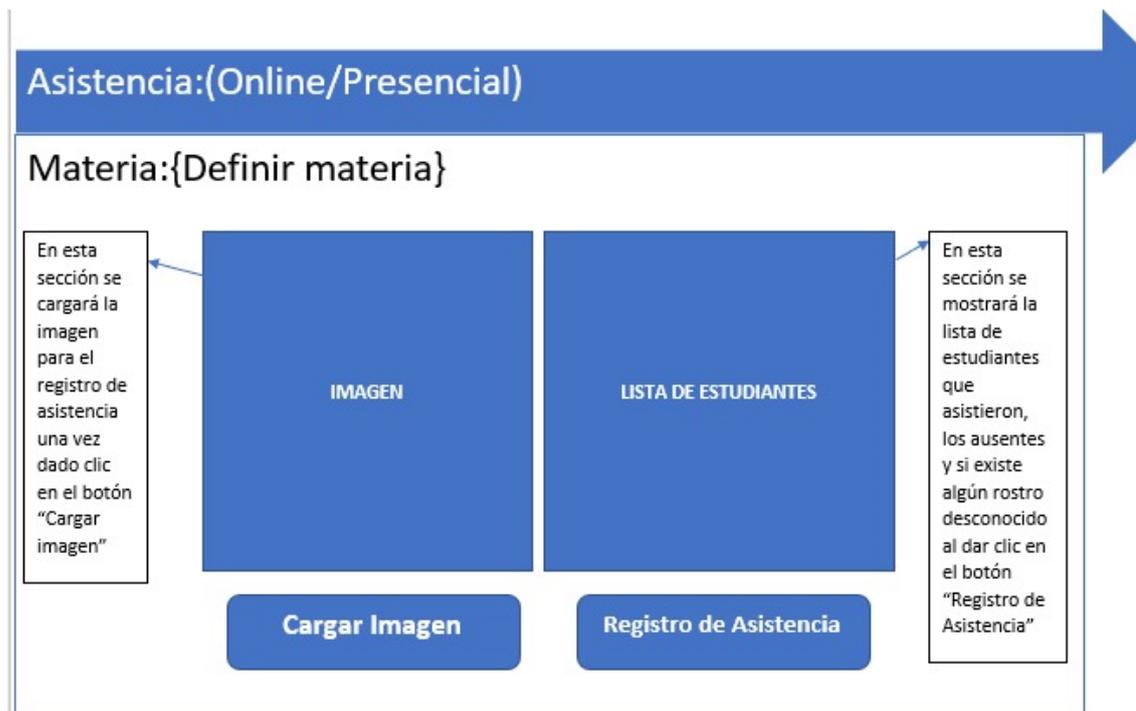
#### 4.2. Plan rápido

Luego de reconocer los requerimientos del sistema, se pasó al plan rápido, el que consistió en un modelo de diseño rápido de lo que sería la interfaz de registro de asistencia del prototipo, para que el usuario final del producto de software lo conozca y pueda ser evaluado y, a través de su retroalimentación pueda mejorar los requerimientos iniciales.

La Figura 12 representa el diseño básico de la pantalla para el registro de asistencia del prototipo tanto virtual como presencial, puesto que los dos tipos de asistencia tienen el mismo diseño.

**Figura 12.**

*Diseño de la pantalla de registro de asistencia*



#### 4.3. Modelado de diseño rápido

En esta fase se especifican el modelo de desarrollo, el lenguaje de programación, la base de datos y el modelo entidad relación.

### 4.3.1. Elección del modelo de desarrollo

Para efectos de este proyecto, como se ha mencionado se definió el *modelo de prototipos* como el más idóneo para el desarrollo del sistema de registro de asistencia. Dicha descripción se la puede revisar en el capítulo II.

### 4.3.2. Elección del lenguaje de desarrollo

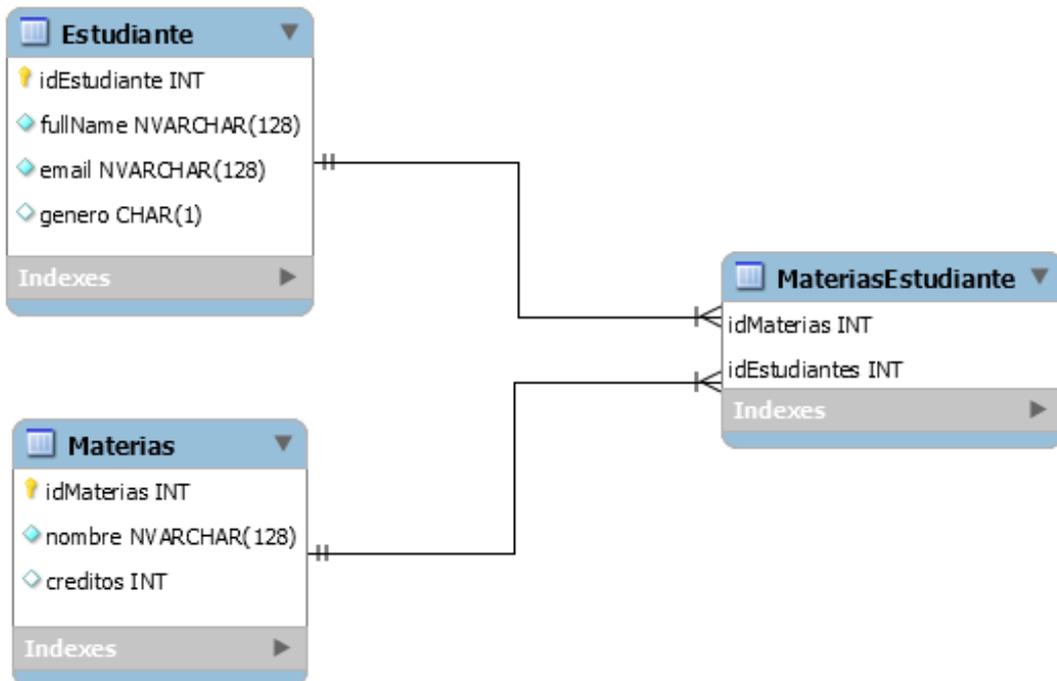
Para este proyecto se eligió Python como lenguaje de desarrollo, por su calidad de *open source*, por su versatilidad para adaptarse a otros lenguajes de desarrollo como JQuery, HTML 5, entre otros, y porque cuenta con la librería OpenCV que es una de las mejores en el mercado para la identificación de rostros.

### 4.3.3. Elección de la base de datos

Se utilizó MySQL, que es uno de los gestores de base de datos más utilizados en el mundo, por su fácil manejo e instalación, además de ser *open source*.

### 4.3.4. Modelo Entidad-Relación

Figura 13.  
Modelo Entidad-Relación



## **4.4. Construcción del prototipo**

### **4.4.1. Reconocimiento y entrenamiento del modelo para identificación de rostro**

Para la identificación de los rostros se utilizó el módulo *eigenfaces* de la librería OpenCV de Python y para la detección del rostro se hizo uso del clasificador cascada de haar.

### **4.4.2. Implementación de *eigenfaces***

La implementación de *eigenfaces* en el proyecto de registro de asistencia estudiantil para la Universidad Tecnológica Ecotec sigue los pasos descritos por Caballero (2018).

#### **4.4.2.1. Primer paso**

Se preparó un grupo de imágenes de rostros para el entrenamiento que se las tomó del registro de estudiantes de la aplicación web que se desarrolló como prototipo. Dichas imágenes se las tomaron considerando condiciones equivalentes de iluminación y se normalizaron con el fin de realizar una alineación de los ojos y boca a todas las imágenes. En el proceso de registro de los rostros para el entrenamiento, se cambia el tamaño a una resolución común para todas las imágenes (150x150 píxeles). Las imágenes se tratan como un vector simplemente concatenando las filas de píxeles en la imagen original, resultando en una sola columna con elementos  $rx$ . Todas las imágenes del conjunto de entrenamiento se almacenan en una sola matriz, donde cada columna de la matriz es una imagen.

#### **4.4.2.2. Segundo paso**

Luego de realizar las capturas de las imágenes, se ejecuta el proceso de entrenamiento, donde se obtienen todos los vectores que conforman el archivo para el reconocimiento de rostros.

#### **4.4.2.3. Tercer paso**

Se eligen los puntos clave para el reconocimiento de un rostro. se ordenan los valores propios en orden descendente y en consecuencia se organizan los

vectores propios. Estos *eigenfaces* ahora se pueden utilizar para representar caras existentes.

Mientras más imágenes se tengan almacenadas, el reconocimiento facial será más preciso y tendrá un porcentaje mayor de éxito al reconocer el rostro.

#### **4.4.3. Clasificadores cascada de haar**

Las aplicaciones desarrolladas para detectar personas hacen uso de:

Clasificadores de cascada de haar, de distribución y uso libre desarrolladas por OpenCV quienes implementan los métodos correspondientes. La librería proporciona una gran variedad de clasificadores para detectar (extensión \*.xml), por ejemplo:

Rostro: "haarcascade\_frontalface\_alt\_tree" y

"haarcascade\_frontalface\_alt"

Cuerpo completo: "haarcascade\_fullbody".

Boca: "haarcascade\_mcs\_mouth".

Nariz: "haarcascade\_mcs\_nose".

Sonrisas: "haarcascade\_smile".

Ojos con o sin lentes: "haarcascade\_eye\_tree\_eyeglasses".

Otras características faciales específicas. (Caballero et al., 2018, p. 72).

Para este proyecto se hace uso del clasificador *haarcascade\_frontalface\_default.xml* que detecta el rostro.

#### **4.4.4. Captura y reconocimiento de rostros**

El sistema de reconocimiento facial lleva a cabo un estudio de las particularidades faciales que se las obtiene de una imagen que luego se la comparará con las imágenes almacenadas en la base de datos de manera que se pueda realizar la identificación del rostro. Esto requiere de la utilización de algoritmos de detección, siendo el *eigenfaces* el que se utilizó en este proyecto.

El aplicativo consta de dos partes. La primera realiza la detección del rostro, lo almacena en la base de datos y se crea un archivo que luego permitirá la lectura de las imágenes que se han guardado en la ruta establecida; la segunda, lee los

rostros que están almacenados en la base y utiliza el algoritmo de reconocimiento facial. OpenCV tiene la clase *Facerecognizer* para facilitar el reconocimiento e “implementa tres algoritmos: *Eigenfaces*, *FisherFases* y *LBHP*” (Caballero et al., 2018, p. 73) implementándose el que se acople al proyecto. Estos algoritmos se los declara en el programa y se realizará la identificación de los rostros que están almacenados en la base de datos.

#### 4.4.5. Desarrollo del modelo

En esta etapa el proceso que se siguió se lo describe a continuación, en donde se indican cada uno de los servicios web que se crearon y que pueden ser utilizados en cualquier plataforma.

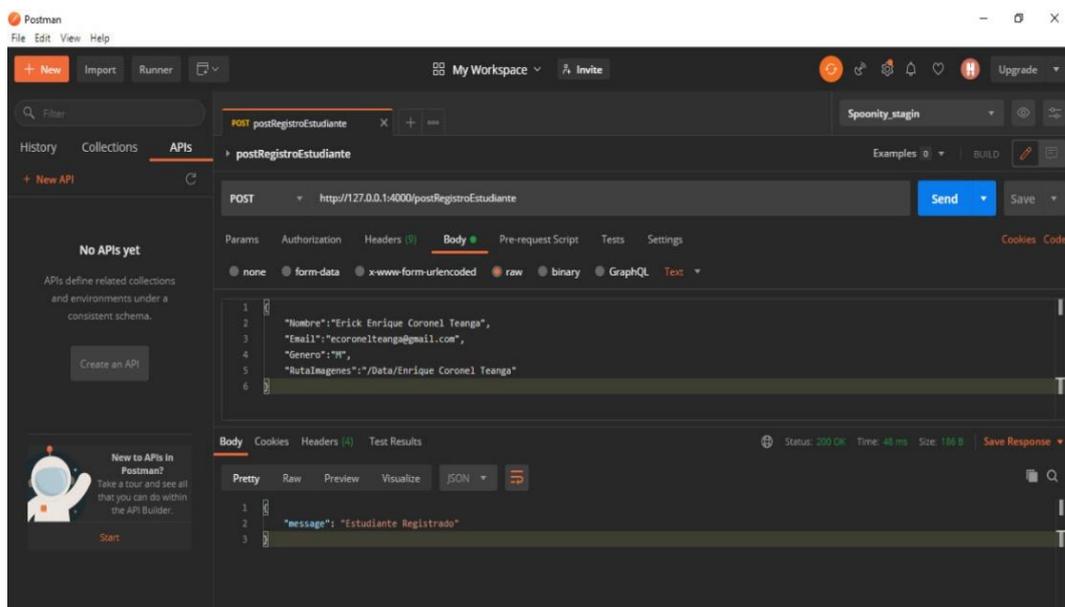
##### 4.4.5.1. Creación de una página web para armado de base de datos de rostros

Se inicia con la creación de un servicio web para el registro de estudiantes, el cual es consumido desde una aplicación web. Dicho servicio es el encargado de capturar las imágenes de entrenamiento de los rostros a identificar.

El servicio web está nombrado `/postRegistroEstudiante`, como se muestra en la Figura 14.

**Figura 14.**

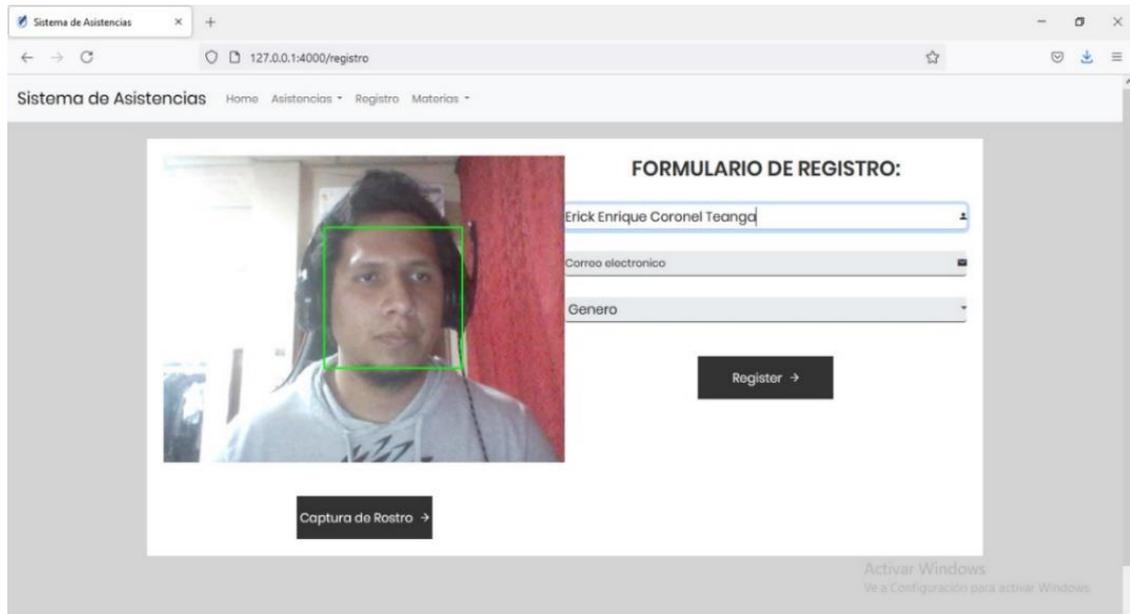
*Ejemplo de consumo de servicio web de registro para registro de estudiantes*



En la Figura 15 se presenta la página web en donde se realiza la captura de los rostros para el registro de estudiantes y la formación de la base de datos.

**Figura 15.**

*Ejemplo de registro de estudiantes con captura de imagen para entrenamiento*

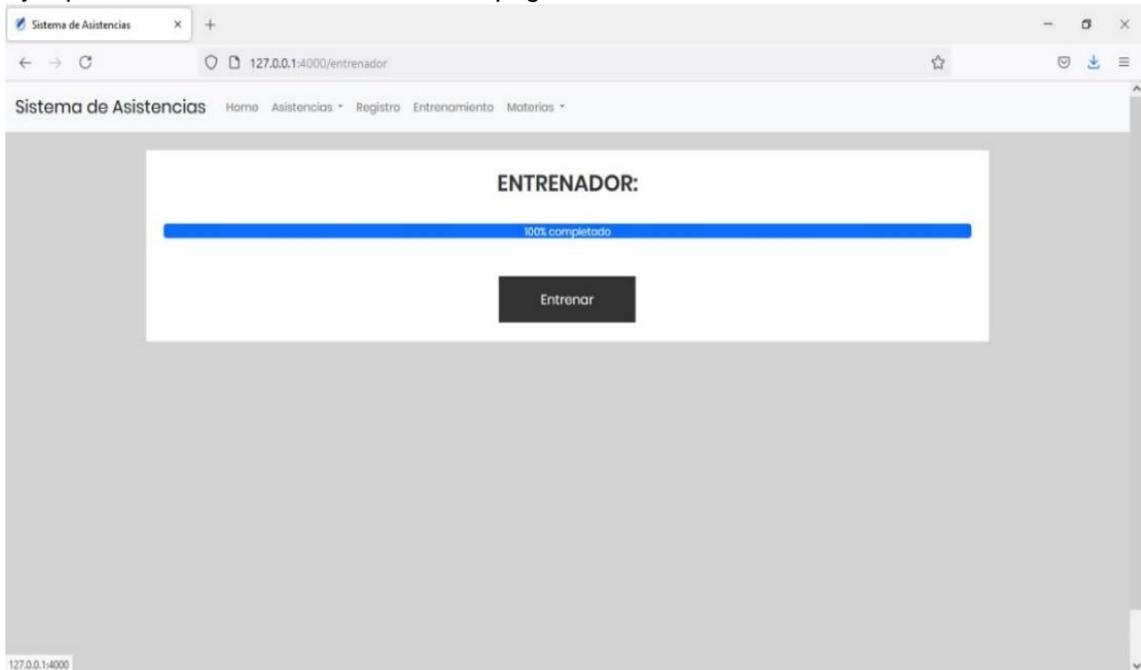


**4.4.5.2. Creación de servicios web para entrenamiento de reconocimiento de rostros**

Una vez realizado el registro de un estudiante con sus respectivos datos y fotos para el entrenamiento se debe ingresar en el módulo de entrenamiento y pulsar en el botón *entrenar* para que se cree un archivo con las matrices de las fotos subidas en el registro, el cual formará una matriz de vectores que ayudará en la identificación del rostro, por medio del método *eigenfaces.train*.

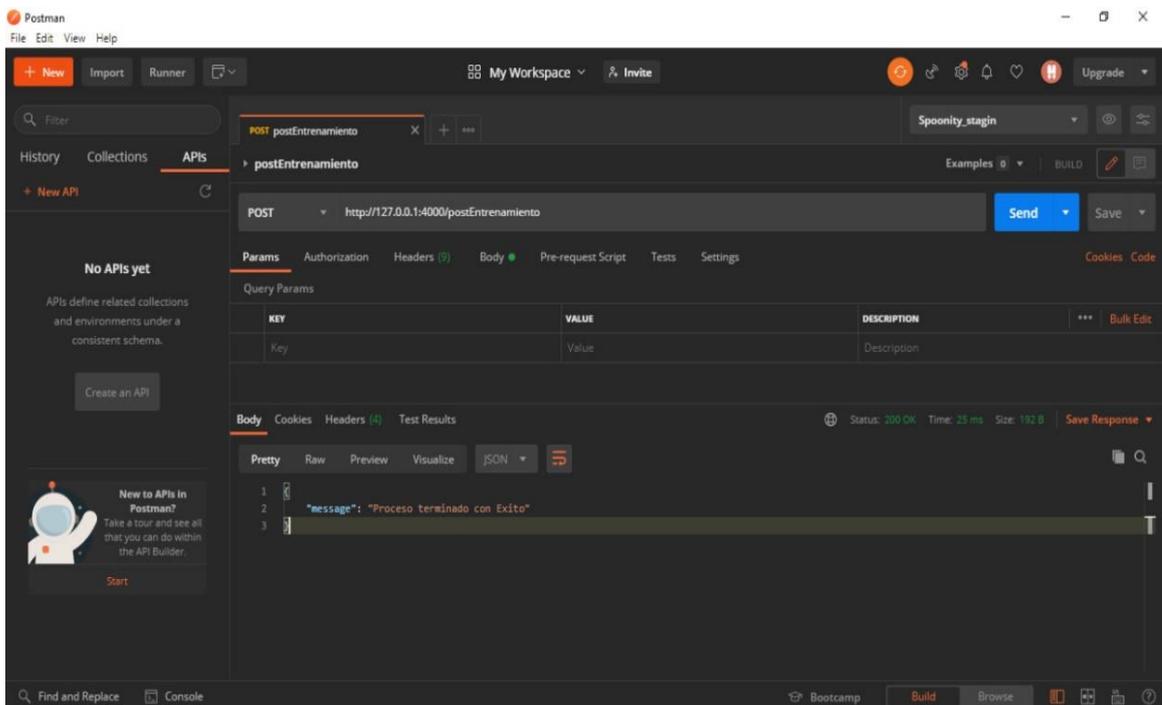
En la Figura 16 se presenta la página web en donde se ejecuta el proceso de entrenamiento para la identificación facial.

**Figura 16.**  
*Ejemplo de módulo de entrenamiento en página web*



El servicio web está nombrado /postEntrenamiento y es llamado como se muestra en la Figura 17.

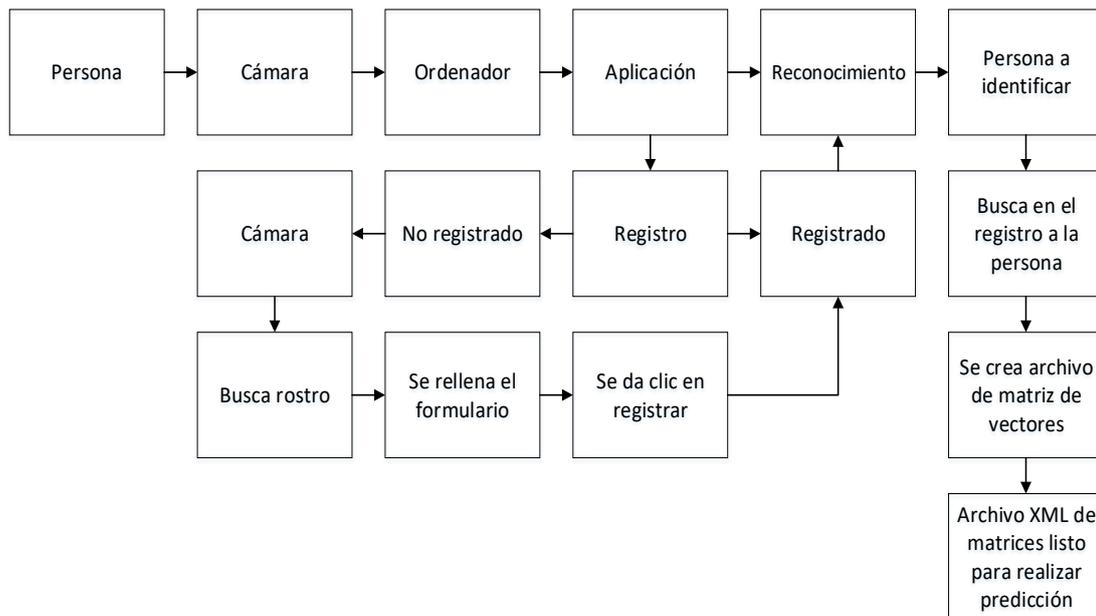
**Figura 17.**  
*Ejemplo de consumo de servicio de entrenamiento*



### 4.4.5.3. Etapa de entrenamiento

La etapa de entrenamiento sigue el esquema que se presenta en la Figura 18, que sirve para que la identificación facial tenga un mayor porcentaje de efectividad.

**Figura 18.**  
*Proceso de entrenamiento*



**Fuente:** Adaptado de Caballero (2018)

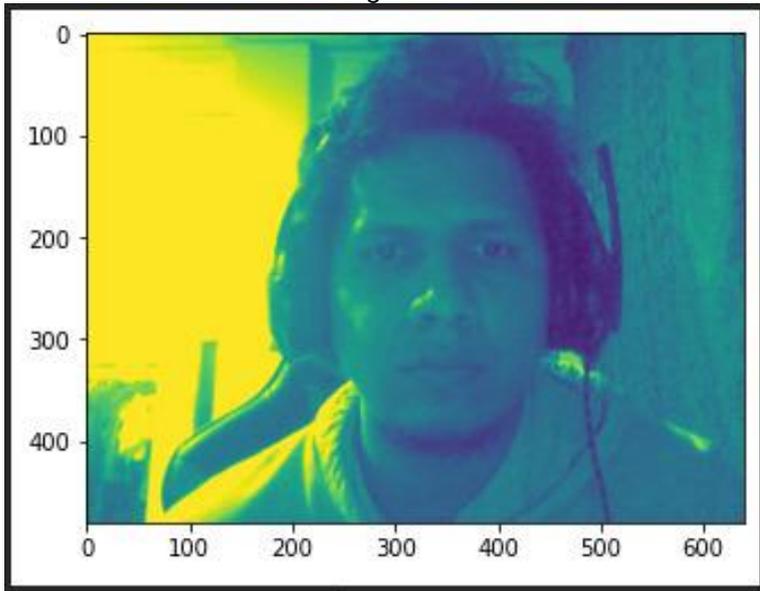
### 4.4.5.4. Etapa de identificación

#### *Procesamiento de la información*

En esta etapa se manipulan los datos de tal manera que queden listos para ser enviados a los métodos que ayudarán en la identificación facial. Como se muestra en la Figura 19, se cambia la tonalidad de la imagen (cv2.COLOR\_BGR2GRAY), lo que es necesario para un buen procesamiento del proceso de identificación.

**Figura 19.**

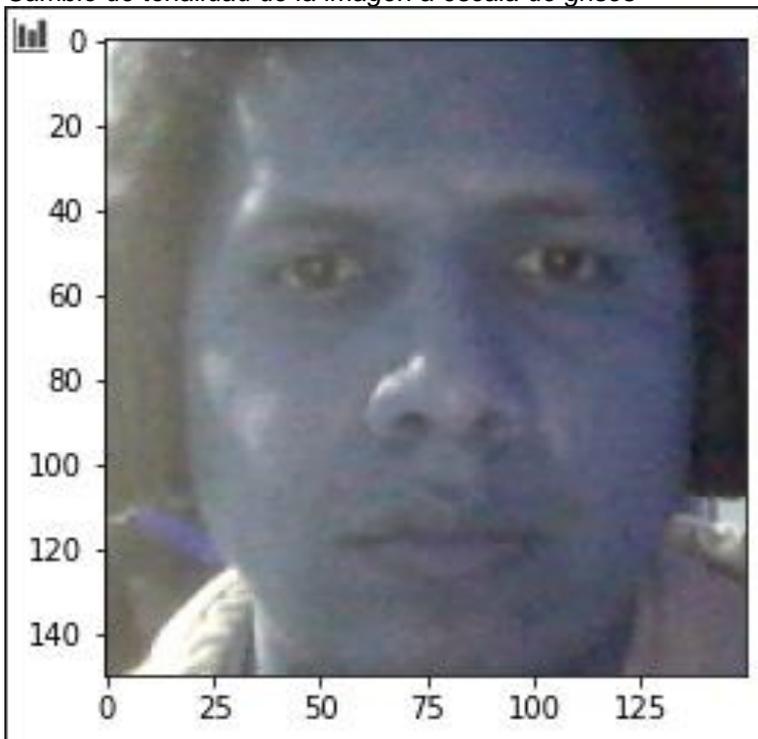
*Cambio de tonalidad de la imagen*



A todas las imágenes a las que se realizará la identificación, se cambiará a escala de grises, puesto que así lo requiere *eigenfaces* (ver Figura 20).

**Figura 20.**

*Cambio de tonalidad de la imagen a escala de grises*

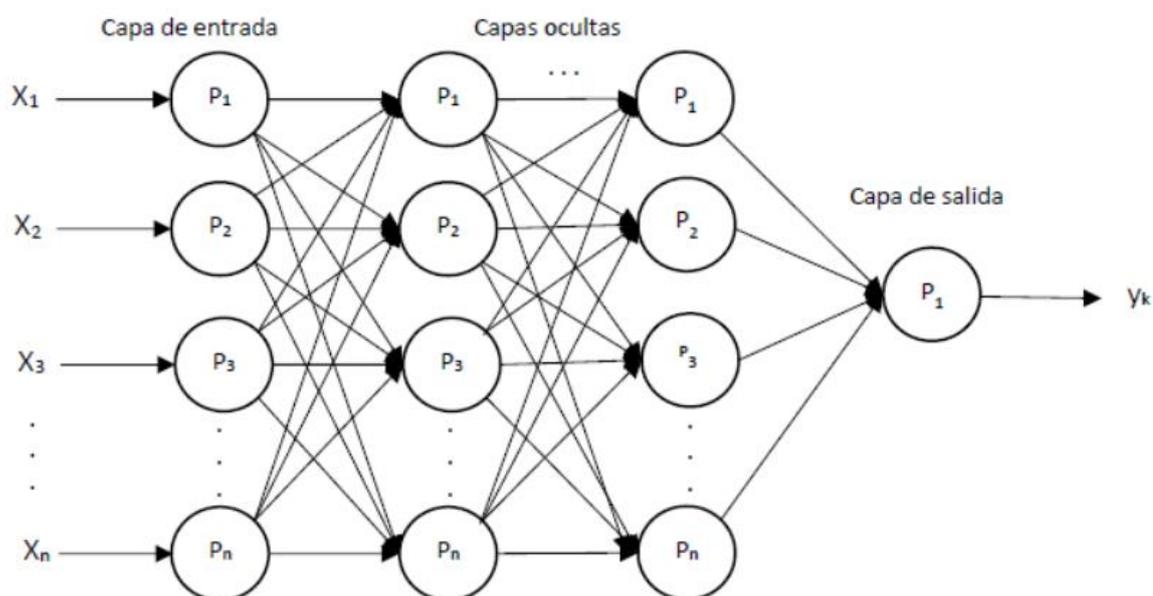


Una vez realizados los procesos previos de registro y entrenamiento ya se puede ubicar en el módulo de asistencia. En la página web se muestran las distintas materias en las que se va a llevar a cabo el registro de asistencia para luego, por

medio de una foto, un video previamente grabado o uno en vivo, realizar la identificación de los rostros que se muestran en los mismos, comparando las imágenes que se encuentran almacenadas a través de una red neuronal recurrente, cuyo método predictivo es `_faceRecognizer.Predict(" ")` “de tiempo discreto en la que a partir de la historia pasada de una o más variables, la red neuronal debe proporcionar una predicción lo más correcta posible de su valor futuro” (Caballero et al., 2018, p. 77), se implementa con los argumentos del objeto `face_recognizer.read('modeloEigenFace.xml')` y realizando varios tipos de comparaciones con el fin de descubrir a la persona que se quiere identificar.

En la Figura 21 se presenta el diseño de una red neuronal y su etapa de comparación.

**Figura 21.**  
Redes neuronales y su etapa de comparación



**Fuente:** Galindo et. al., (2020)

Según Caballero (2018) sería conveniente la utilización de una red neuronal de tres capas: la capa de entrada contiene todas las imágenes de las caras de las personas, la capa media recoge “valores de las *eigenfaces* tal, que esa capa corresponde al producto punto de la imagen de entrada y las *eigenfaces*. La capa de salida produce la proyección espacial de la imagen de entrada con su peso correspondiente a cada *eigenfaces*” (Caballero et al., 2018, p. 77).

En la etapa de identificación el programa detecta al usuario a través de la cámara y comparará con los registros que tiene (capa de entrada), en la capa media u oculta el programa hace las relaciones de las características que se tienen de todas las personas y elimina a los que no son similares con el individuo que se busca reconocer. Finalmente, en la capa de salida, la red neuronal responde al usuario y al sistema mediante la identificación de la persona (Caballero et al., 2018).

#### **4.4.6. Identificación facial aplicada a la toma de asistencia**

Luego de haber cumplido con las etapas previas de registro de imágenes de entrenamiento y ejecutado el entrenador, se siguen los siguientes pasos para la toma de asistencia.

##### **4.4.6.1. Primer paso**

Se selecciona el modo de registro de asistencia, sea presencial u online.

##### **4.4.6.2. Segundo paso**

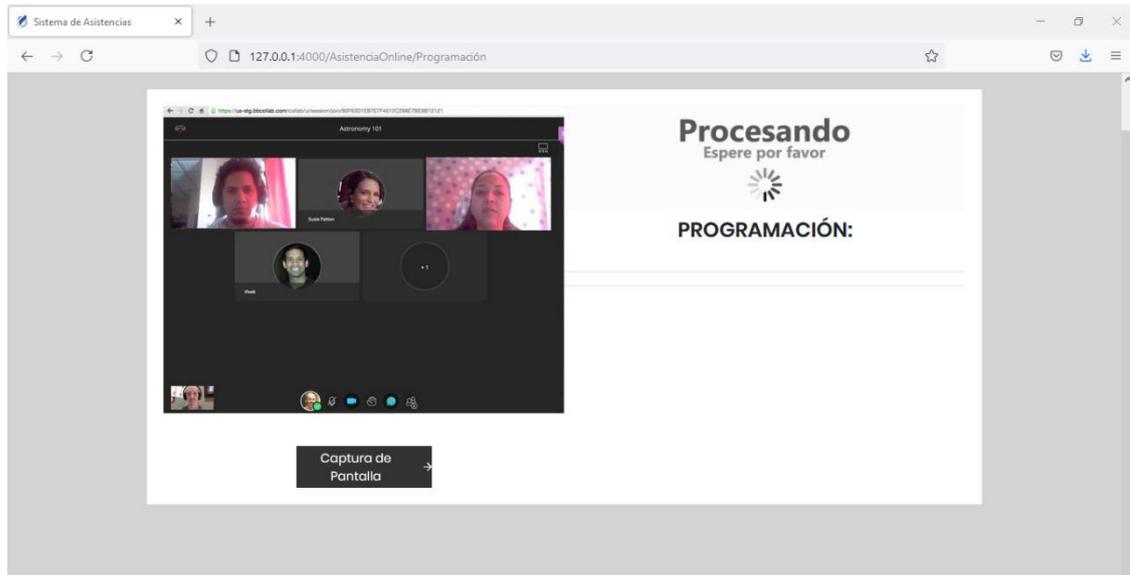
Se elige la materia y se da clic en tomar asistencia.

##### **4.4.6.3. Tercer paso**

Dependiendo del modo de registro de asistencia, se ejecutará de forma automática el proceso de identificación.

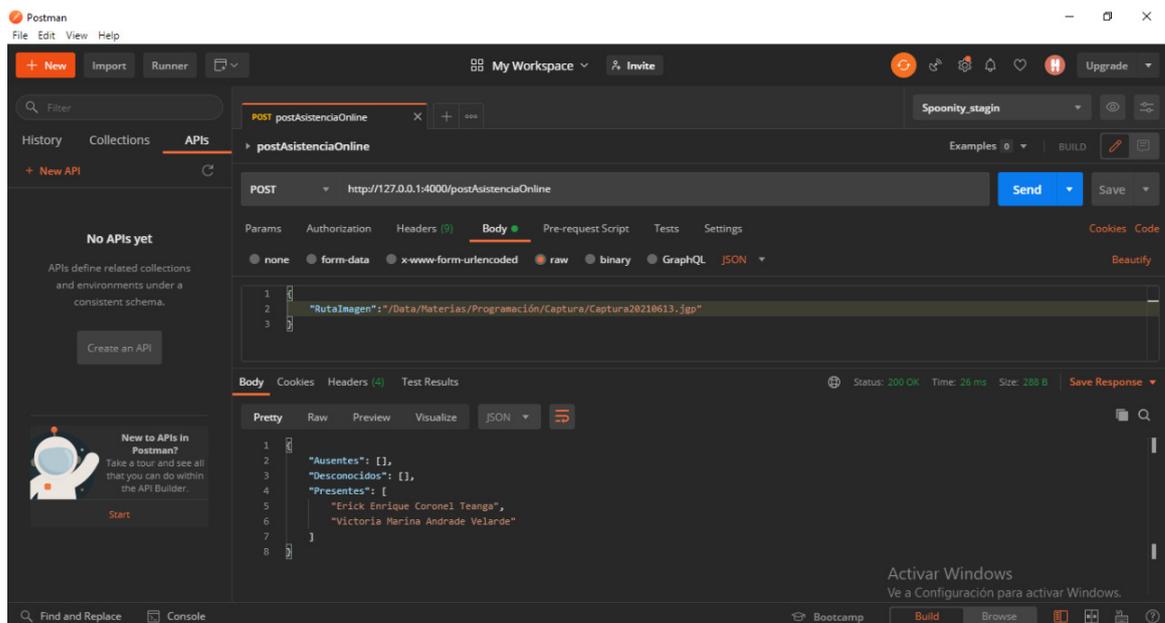
En la Figura 22 se presenta cómo se registra la asistencia en la modalidad virtual, realizando una captura de pantalla.

**Figura 22.**  
*Procesando registro de asistencia online*



Para realizar el proceso de registro de asistencia online se deberá dar clic en el botón *capturar pantalla*. Una vez realizado dicho proceso, el servicio web (/postAsistenciaOnline) proporcionará una lista de todos los rostros identificados, como se muestra en la Figura 23.

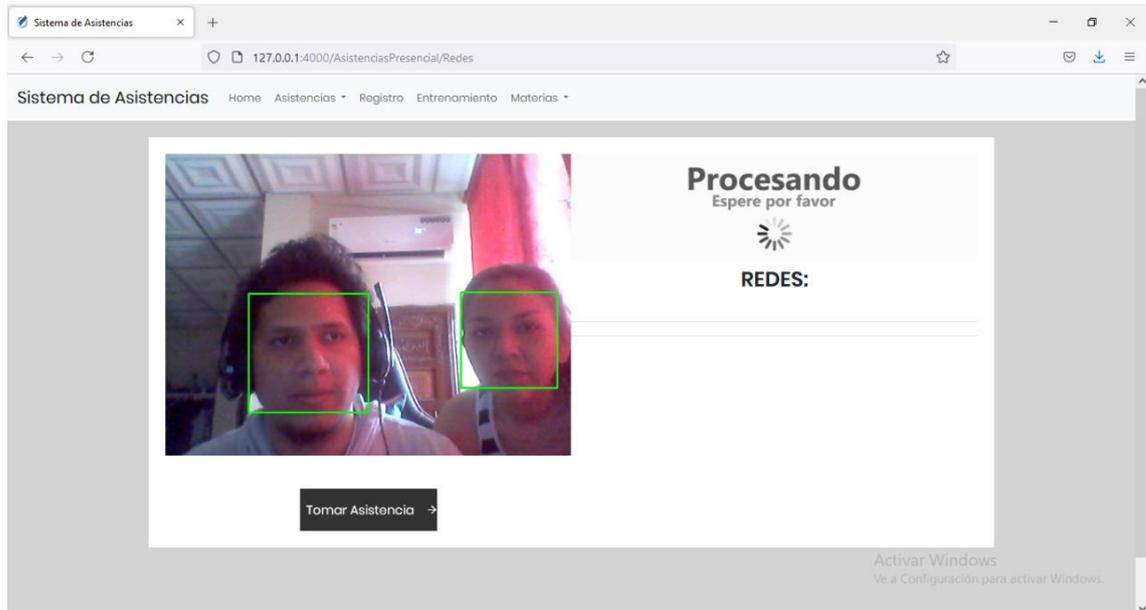
**Figura 23.**  
*Consumo de servicio web para registro de asistencia online*



Se envía como parámetro en formato json la ruta donde se encuentra la imagen de la captura de pantalla.

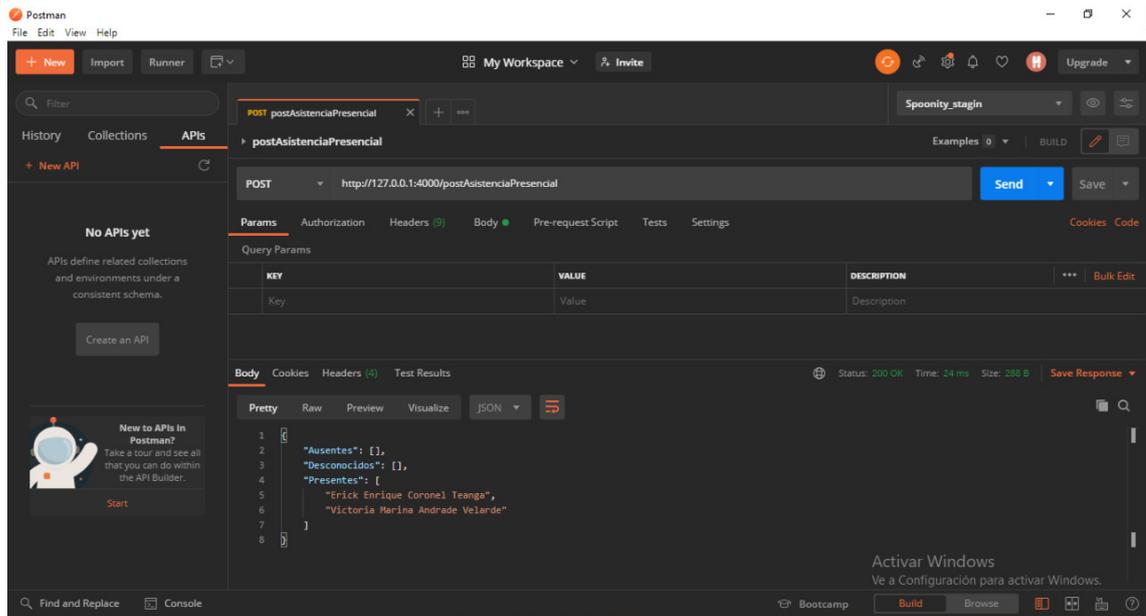
En la Figura 24 se presenta cómo se registra la asistencia en la modalidad presencia, capturando una imagen en tiempo real para realizar la identificación.

**Figura 24.**  
*Registro de asistencia presencial*



En la Figura 25 se muestra cómo debe ser llamado el servicio web (/getAsistenciaPresencial).

**Figura 25.**  
*Consumo de servicio web para registro de asistencia presencial*



Una vez que se da clic en el botón tomar asistencia del módulo asistencia presencial, se activará la cámara y se capturará una foto para luego llamar al servicio web (/getAsistenciaPresencial), el mismo que realizará la identificación de los rostros comparándolos con la base de datos de los estudiantes inscritos en la materia seleccionada, devolviendo como resultado la lista de todos los identificados.

#### **4.5. Despliegue, entrega y retroalimentación**

La sección final de la construcción del prototipo constó del despliegue, pruebas de funcionalidad y retroalimentación.

##### **4.5.1. Despliegue del prototipo**

Esta fase se cumplió en base a pruebas de funcionalidad, que se describen en los párrafos a continuación.

#### **Trazabilidad de casos de pruebas CP – requisitos funcionales RF**

CP-1: Validar que el servicio de registro de asistencia online devuelva el listado de los estudiantes identificados en la captura subida en la página web para la materia seleccionada. En la lista se presentarán los estudiantes presentes, ausentes y desconocidos.

CP-2: Validar que el servicio de registro de asistencia presencial devuelva el listado de los estudiantes identificados en el video mostrado en tiempo real en la página web para la materia seleccionada. En la lista se presentarán los estudiantes presentes, ausentes y desconocidos

RF-001: Los servicios web deben estar publicados en algún host para poder ser llamados.

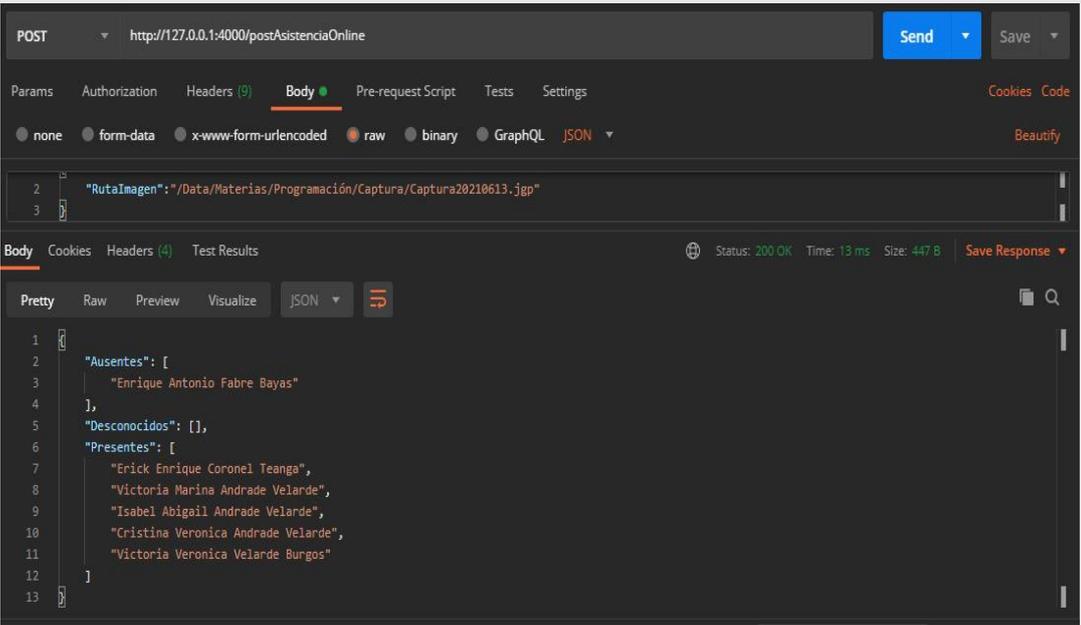
RF-002: La cámara que va a capturar el video para la asistencia presencial y para el registro de estudiantes deba estar como principal.

RF-003: Antes de la toma de asistencia, se deberá contar con todos los estudiantes registrados.

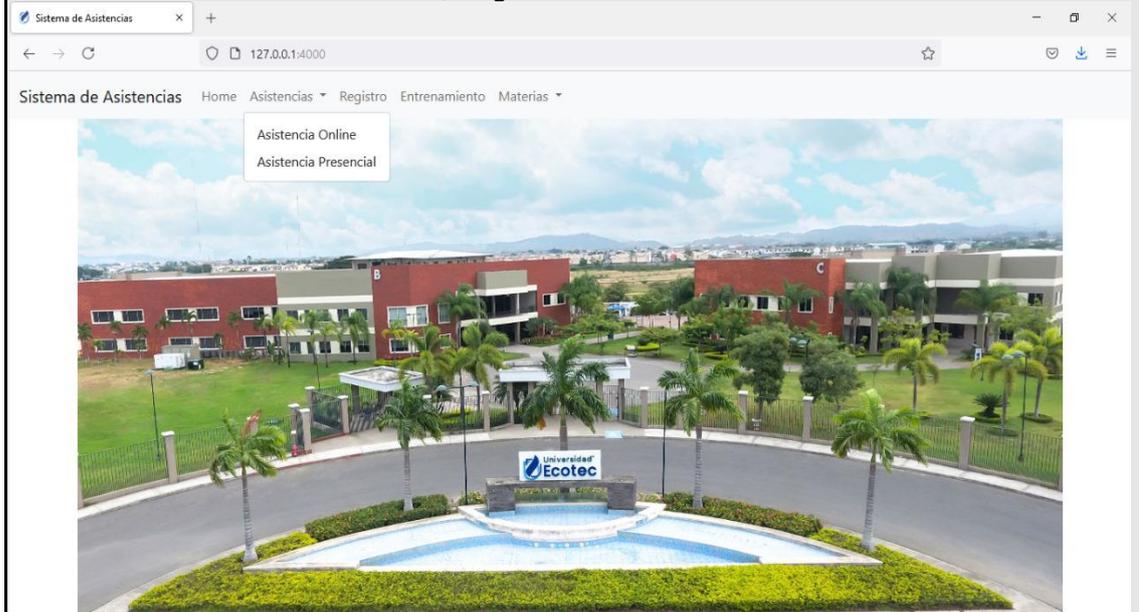
RF-004: Debe haberse ejecutado el entrenador para poder realizar el proceso de identificación de rostros con *eigenfaces*.

	RF-001	RF-002	RF-003	RF-004
CP-1	X	X	X	X
CP-2	X	X	X	X

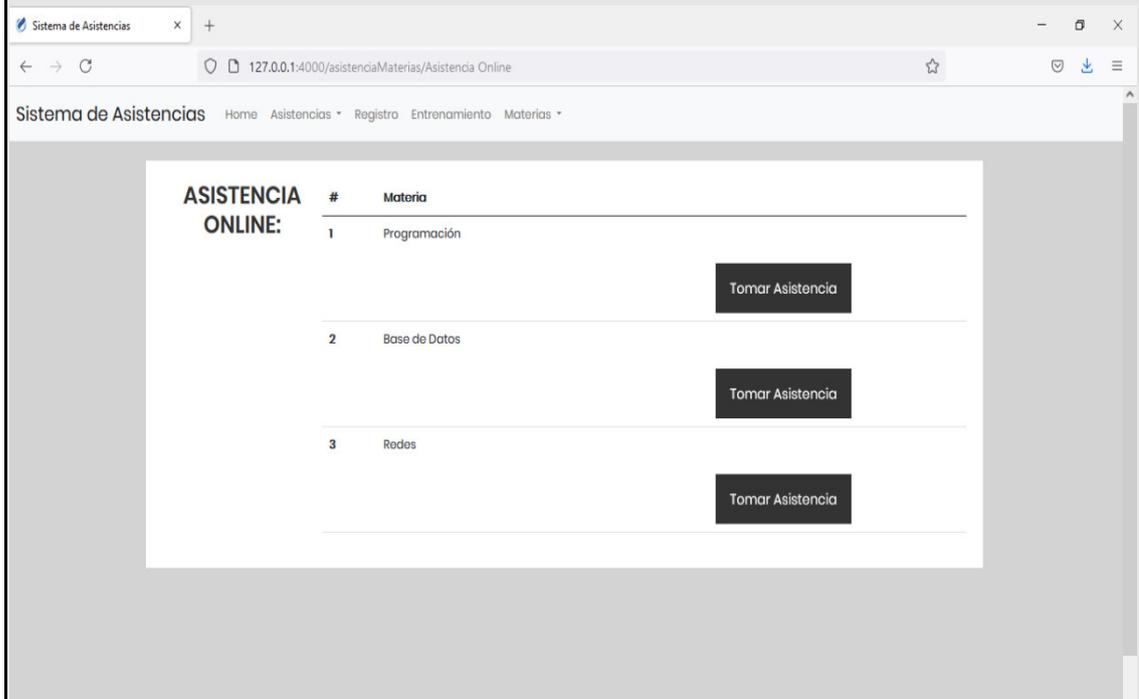
## Definición de los casos de pruebas

Validación del registro de asistencia online	CP-1	
	¿Prueba de despliegue?	No
<p><b>Descripción:</b>            Validar que el servicio de registro de asistencia online devuelva el listado de los estudiantes identificados en la captura subida en la página web para la materia seleccionada. En la lista se presentarán los estudiantes presentes, ausentes y desconocidos.            La prueba se la realizó con una muestra de seis personas que previamente se registraron en el sistema.</p>		
<p><b>Prerrequisitos</b>            Los servicios web deben estar publicados en algún host para poder ser llamados            La cámara que va a capturar el video para la asistencia presencial y para el registro de estudiantes deba estar como principal            Antes de la toma de asistencia, se deberá contar con todos los estudiantes registrados.            Debe haberse ejecutado el entrenador para poder realizar el proceso de identificación de rostros con eigenfaces.</p>		
<p><b>Resultado esperado:</b>            Que el servicio web devuelva la lista con todos los estudiantes presentes, ausente y, en caso de existir desconocidos, que devuelva la cantidad.</p>		
<p><b>Resultado obtenido:</b>            La prueba se realizó con éxito, ya que el servicio web /postAsistenciaOnline devolvió la lista esperada. El servicio recibió como parámetro la ruta en donde se encontraba alojada la captura de pantalla previamente realizada.</p>		
 <pre> POST http://127.0.0.1:4000/postAsistenciaOnline Body   "RutaImagen": "/Data/Materias/Programación/Captura/Captura20210613.jpg"  Status: 200 OK Time: 13 ms Size: 447 B   "Ausentes": [     "Enrique Antonio Fabre Bayas"   ],   "Desconocidos": [],   "Presentes": [     "Erick Enrique Coronel Teanga",     "Victoria Marina Andrade Velarde",     "Isabel Abigail Andrade Velarde",     "Cristina Veronica Andrade Velarde",     "Victoria Veronica Velarde Burgos"   ]           </pre>		

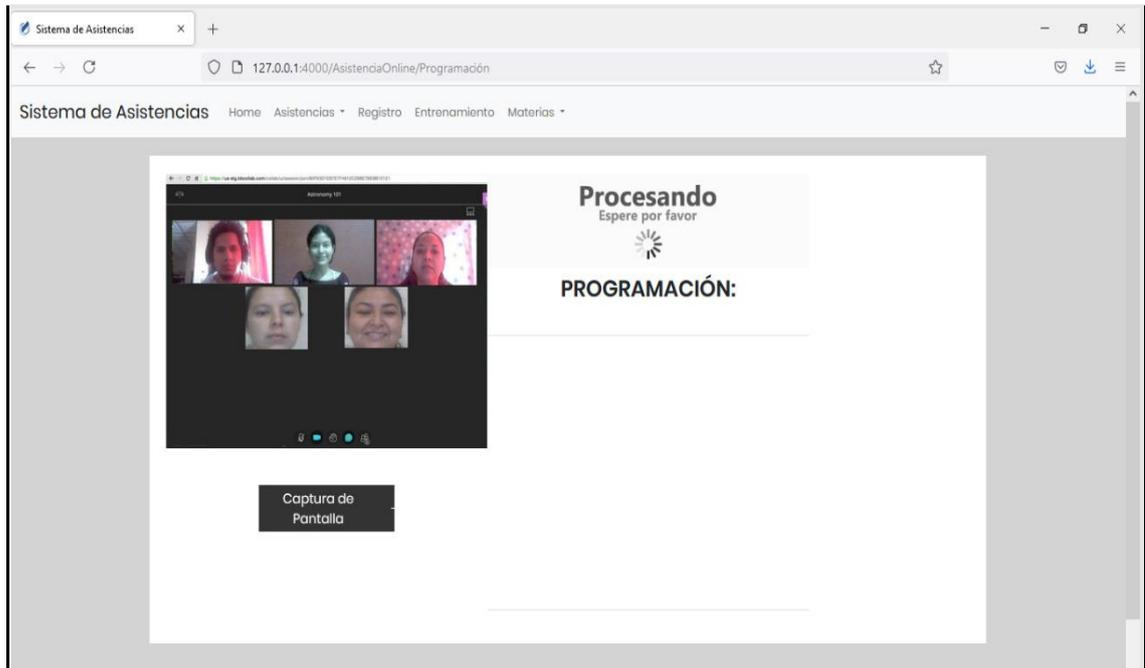
Se seleccionó el módulo Asistencias, luego asistencia online



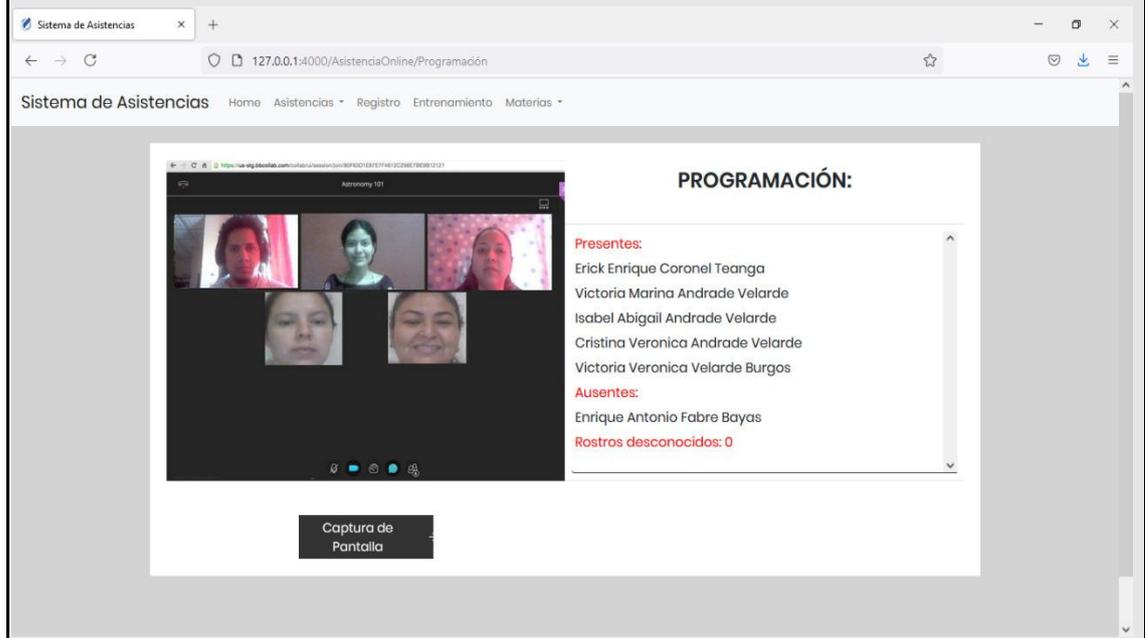
Se seleccionó la materia a la que se realizó el registro de asistencia.

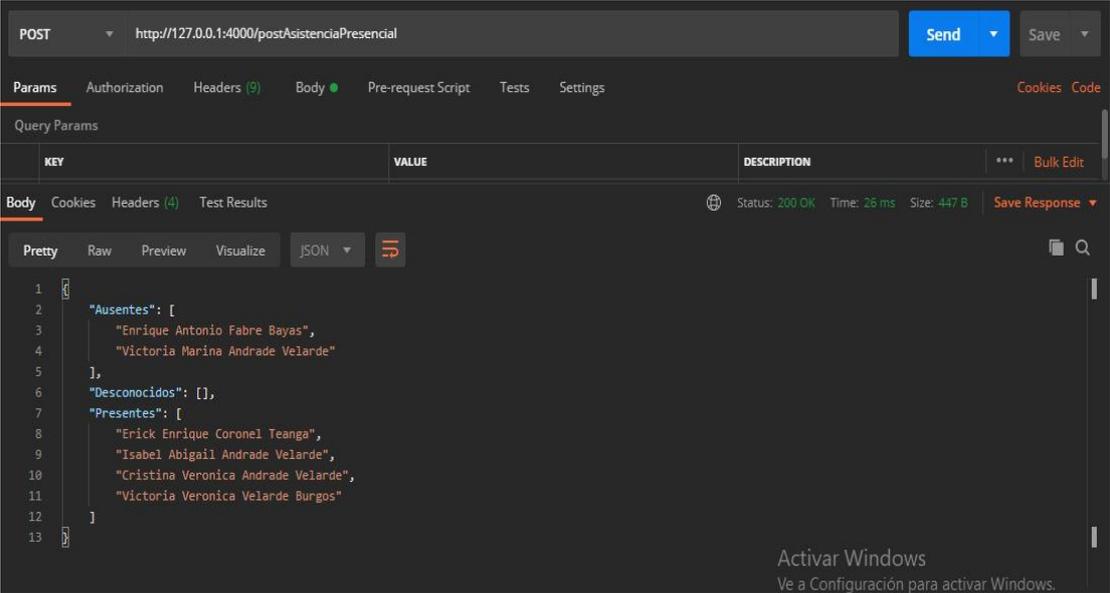


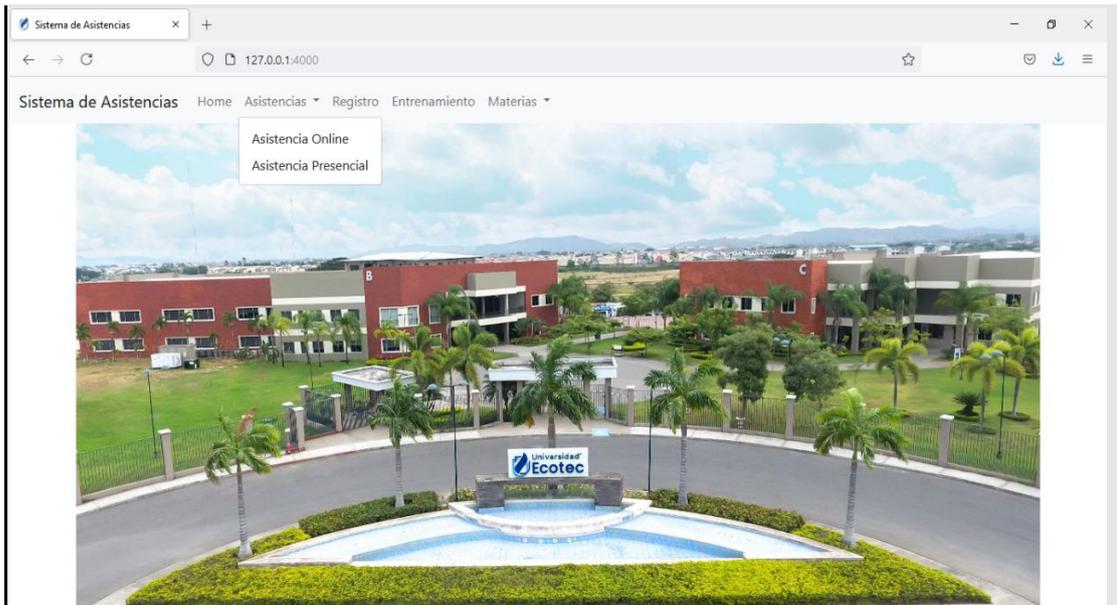
Se procedió a realizar la captura de pantalla dando clic en el botón Captura pantalla, el que desplegó un puntero para la selección de un área específica, que se cargó en la página web.



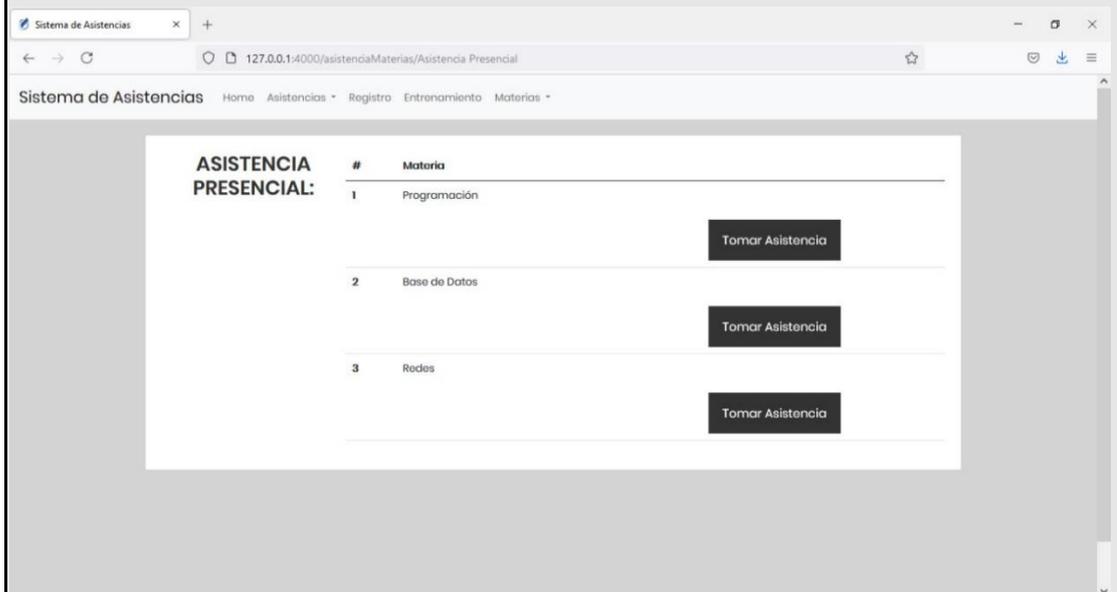
Se obtuvo el resultado esperado con el listado de los estudiantes presentes, ausentes y desconocidos.



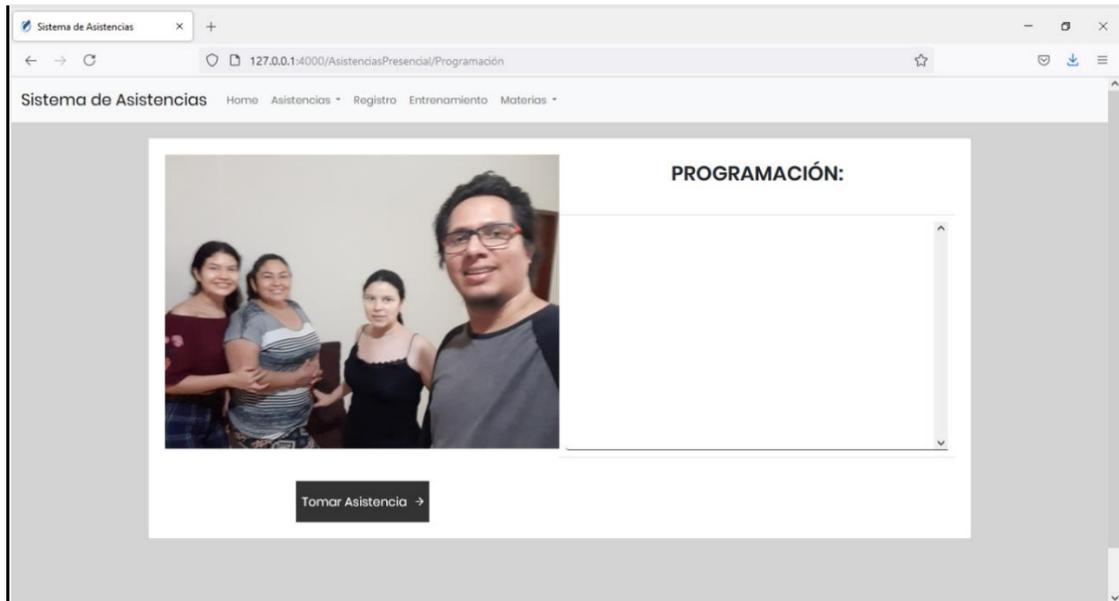
Validación del registro de asistencia presencial	CP-2	
	¿Prueba de despliegue?	No
<p><b>Descripción:</b>            Validar que el servicio de registro de asistencia presencial devuelva el listado de los estudiantes identificados en el video mostrado en tiempo real en la página web para la materia seleccionada. En la lista se presentarán los estudiantes presentes, ausentes y desconocidos. La prueba se la realizó con una muestra de seis personas que previamente se registraron en el sistema.</p>		
<p><b>Prerrequisitos</b>            Los servicios web deben estar publicados en algún host para poder ser llamados            La cámara que va a capturar el video para la asistencia presencial y para el registro de estudiantes deba estar como principal            Antes de la toma de asistencia, se deberá contar con todos los estudiantes registrados.            Debe haberse ejecutado el entrenador para poder realizar el proceso de identificación de rostros con eigenfaces.</p>		
<p><b>Resultado esperado:</b>            Que el servicio web devuelva la lista con todos los estudiantes presentes, ausente y, en caso de existir desconocidos, que devuelva la cantidad.</p>		
<p><b>Resultado obtenido:</b>            La prueba se realizó con éxito, ya que el servicio web /postAsistenciaPresencial devolvió la lista esperada.</p>		
 <p>The screenshot shows a REST client interface with the following details:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Method: POST</li> <li>URL: http://127.0.0.1:4000/postAsistenciaPresencial</li> <li>Status: 200 OK</li> <li>Time: 26 ms</li> <li>Size: 447 B</li> <li>Response Body (JSON):           <pre> 1  { 2    "Ausentes": [ 3      "Enrique Antonio Fabre Bayas", 4      "Victoria Marina Andrade Velarde" 5    ], 6    "Desconocidos": [], 7    "Presentes": [ 8      "Erick Enrique Coronel Teanga", 9      "Isabel Abigail Andrade Velarde", 10     "Cristina Veronica Andrade Velarde", 11     "Victoria Veronica Velarde Burgos" 12   ] 13 }           </pre> </li> </ul>		
<p>Se seleccionó el módulo Asistencias, luego asistencia presencial</p>		



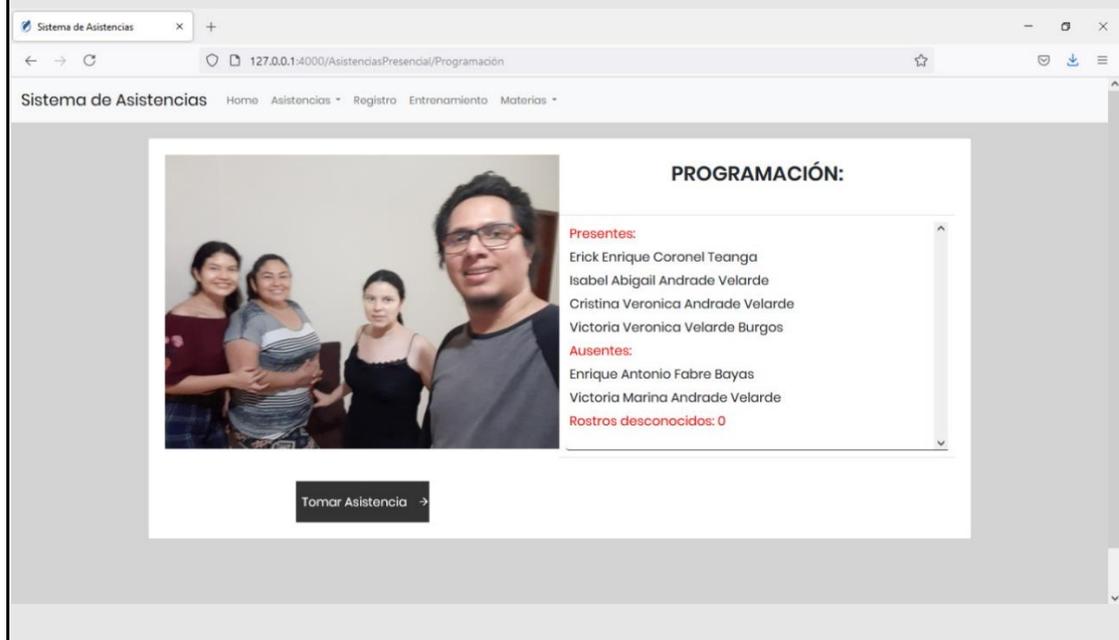
Se seleccionó la materia a la que se realizó el registro de asistencia.



Cuando se cargó la pantalla se activó automáticamente la cámara que se encuentra como principal en el servidor en donde está alojada la página web.



Se dio clic en el botón Tomar asistencia y se obtuvo el resultado esperado.



#### 4.5.2. Entrega y retroalimentación del prototipo

El prototipo se validó a través de pruebas de funcionalidad (cuyo documento desplegado se puede apreciar en el Anexo 3), el resultado esperado fue exitoso, ya que se comprobó que el registro de asistencias de los estudiantes se puede realizar de forma automática, utilizando diversas herramientas de desarrollo, como Python y OpenCV, que permiten realizar el reconocimiento e identificación

facial, tanto en imágenes como en videos, ofreciendo una amplia gama de posibilidades aplicables al diario vivir.

La entrega del proyecto se la realizó a los directivos de la Carrera de Sistemas de la Universidad Tecnológica Ecotec, para lo cual se emitió el documento de aceptación por parte de los usuarios finales, los mismos que recibieron el producto de software a su entera satisfacción (ver Anexo 5).

Además, se elaboró el manual de usuario correspondiente, para la correcta operación del sistema (ver Anexo 6).

## CONCLUSIONES

Luego de haber terminado el estudio propuesto se pudo comprobar que el desarrollo de un sistema inteligente de identificación facial es beneficioso para la universidad, puesto que el proceso de registro de asistencia estudiantil en las modalidades virtual y presencial que llevan a cabo los docentes, permitió el aprovechamiento de los primeros minutos de clase que anteriormente se lo ocupaba en la toma de asistencia, además de comprobar la identidad real del estudiante que asiste a la clase.

Para el desarrollo de este proyecto se identificaron los aspectos relacionados a las tecnologías disponibles de reconocimiento facial. El análisis de la información permitió determinar que esta tecnología es parte de la biometría, especificándose que existen sistemas biométricos utilizados para reconocimiento de personas, siendo parte de aquellos el reconocimiento facial. Dicha técnica sirvió como herramienta en la construcción de este prototipo para identificación de los estudiantes de la Universidad Tecnológica Ecotec, en las modalidades virtual y presencial puesto que, debido a la crisis sanitaria mundial, la educación se realiza de manera virtual, así como el registro de asistencia estudiantil.

A través de los distintos ejemplos de implementaciones de sistemas de reconocimiento facial en otros países y en Ecuador, se pudo conocer que las aplicaciones son múltiples, sobre todo se orienta hacia temas de seguridad, cumplimiento de la ley y vigilancia, entretenimiento e identidad; esta última aplicación sería la que corresponde al proyecto de implementación que se propuso como solución al registro de asistencia estudiantil para la Universidad Tecnológica Ecotec.

El diseño del sistema de reconocimiento facial se lo realizó utilizando el modelo de desarrollo por prototipos, mediante Python, como lenguaje de desarrollo, con su librería OpenCv utilizada para el reconocimiento y detección facial, además del módulo de OpenCV *eigenfaces* para reconocimiento y detección, y

*haarcascade*, detector de objetos, que permitieron que el prototipo cumpla con las especificaciones requeridas por los usuarios finales.

Se diseñó el prototipo del sistema de reconocimiento facial, que se consume como servicio web, y se realizaron las pruebas de funcionalidad, obteniendo un resultado exitoso y comprobándose así que es posible realizar el registro de asistencia estudiantil de forma automatizada, acoplándolo a cualquier tipo de sistema, puesto que su procesamiento es vía servicios web, los cuales únicamente necesitan los parámetros correctos de entrada para su funcionamiento.

## RECOMENDACIONES

Se debería considerar una siguiente fase, que consistiría en la integración de este proyecto en la plataforma Atrium, a través de la cual se registra la asistencia estudiantil en la Universidad Tecnológica Ecotec.

Se sugiere expandir las funcionalidades del proyecto hacia el control de ingreso a la universidad, a la biblioteca para gestión de préstamos de libros, o en las áreas en las que se necesite identificar al estudiante.

Se podría instalar el módulo de registro de asistencia estudiantil en una placa Raspberry para que se ejecute de mejor forma ya que este componente cuenta con módulos específicos para la inteligencia artificial, haciendo más eficiente su funcionamiento.

En una próxima etapa de desarrollo se podría integrar inteligencia artificial, al punto de enseñarle al sistema cómo reconocer a un estudiante.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, F. del R. (2020). Del aprendizaje en escenarios presenciales al aprendizaje virtual en tiempos de pandemia. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 46(3), 213–223.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07052020000300213>
- Arguello, H. (2011). Sistemas de reconocimiento basados en la imagen facial. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 8(3), 10.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1331/133122679021.pdf>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación* (Sexta). Episteme C. A.  
[https://www.academia.edu/23573985/El\\_proyecto\\_de\\_investigaci%C3%B3n\\_6ta\\_Edici%C3%B3n\\_Fidias\\_G\\_Arias\\_FREELIBROS\\_ORG](https://www.academia.edu/23573985/El_proyecto_de_investigaci%C3%B3n_6ta_Edici%C3%B3n_Fidias_G_Arias_FREELIBROS_ORG)
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*.  
<https://www.todaunavida.gob.ec/wp-content/uploads/2019/02/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DEL-ECUADOR.pdf>
- Asamblea Nacional Constituyente. (2010). *Ley Orgánica de Educación Superior LOES*.  
<https://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2018/08/LOES.pdf>
- Barreno-Freire, S., Haro-Jácome, O., & Flores-Yandún, P. (2019). Relación entre rendimiento académico y asistencia como factores de promoción estudiantil. *Cátedra*, 2(1), 44–59.  
<https://doi.org/10.29166/catedra.v2i1.1552>
- Becker, S., & Garrido, R. (2017). La biometría en Chile y sus riesgos. *Revista Chilena de Derecho y Tecnología*, 6(1), 67–91. <https://doi.org/10.5354/0719-2584.2017.45825>
- Bravo, C. J., Ramírez, P. E., & Arenas, J. (2018). Aceptación del Reconocimiento Facial Como Medida de Vigilancia y Seguridad: Un Estudio Empírico en Chile. *Información tecnológica*, 29(2), 115–122. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000200115>
- Caballero, F., Vidal, M., López, A., & Jerónimo, C. (2018). Reconocimiento facial por el método de Eigenfaces. *Pistas Educativas*, 39(127), Article 127.  
<http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1068>

- Cadena, J., Montaluisa, R., Flores, G., Chancúsig, J., & Guaypatín, O. (2017). Reconocimiento facial con base en imágenes. *Boletín Virtual*, 6(5), 9.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6145639.pdf>
- Cajas, M., & Viri, P. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de seguridad vehicular mediante reconocimiento facial a través de visión artificial* [Tercer Nivel, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13566/1/UPS-CT006920.pdf>
- Capacitarte. (s/f). *¿Qué es y para qué sirve Python?* Recuperado el 12 de junio de 2021, de <https://www.capacitarte.org/blog/nota/que-es-y-para-que-sirve-python>
- Castaño, D., & Alonso, J. (2019). *Sistema de reconocimiento facial para control de acceso a viviendas* [Título de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones, Universidad Católica de Colombia].  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24032/1/Final%20Trabajo%20de%20grado.pdf>
- CELADE. (s/f). *Asistencia escolar de la población de 6 a 11 años*. Recuperado el 2 de julio de 2021, de [https://celade.cepal.org/redatam/ryesp/sisppi/webhelp/asistencia\\_escolar\\_de\\_la\\_poblacion\\_de\\_6\\_a\\_11.htm](https://celade.cepal.org/redatam/ryesp/sisppi/webhelp/asistencia_escolar_de_la_poblacion_de_6_a_11.htm)
- Cendejas, J., Vega, C., Careta, A., Gutiérrez, O., & Ferreira, H. (2014). Diseño del modelo integral colaborativo para el desarrollo ágil de software en las empresas de la zona centro-occidente en México. *Nova Scientia*, 7(13), 133.  
<https://doi.org/10.21640/ns.v7i13.100>
- Cervantes, J., & Gómez, M. del C. (2012). Taxonomía de los modelos y metodologías de desarrollo de software más utilizados. *Universidades*, 52, 12.  
<https://www.redalyc.org/pdf/373/37326902005.pdf>

- Consejo de Educación Superior CES. (2013). *Reglamento de Régimen Académico*.  
<https://www.ces.gob.ec/lotaip/2018/Enero/Anexos%20Procu/An-lit-a2-Reglamento%20de%20R%C3%A9gimen%20Acad%C3%A9mico.pdf>
- Consejo de Educación Superior CES. (2020). *Normativa Transitoria RPC-SE-03-No.046-2020*.  
<https://www.ces.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/CODIFICADO-RPC-SE-03-No.046-2020.pdf>
- Cortés, J., Medina, F., & Muriel, J. (2010). Sistemas de seguridad basados en biometría. *Scientia Et Technica*, XVII(46), 98–102.  
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84920977016.pdf>
- Costa, D. (2020). *Análisis de un sistema de reconocimiento facial a partir de una base de datos realizado mediante Python* [Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, Universitat Politècnica de Catalunya].  
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/331277/TFG\\_An%C3%A1lisis%20de%20un%20sistema%20de%20reconocimiento%20facial%20a%20partir%20de%20una%20base%20de%20datos%20realizado%20mediante%20Python.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/331277/TFG_An%C3%A1lisis%20de%20un%20sistema%20de%20reconocimiento%20facial%20a%20partir%20de%20una%20base%20de%20datos%20realizado%20mediante%20Python.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Del Barrio, L. (2019). *Evaluación de la accesibilidad de un sistema de control de acceso a través del reconocimiento biométrico en dispositivos móviles* [Grado Universitario en Tecnologías de Telecomunicaciones, Universidad Carlos III de Madrid uc3m]. [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30477/TFG\\_Laura\\_del-Barrio\\_Diaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30477/TFG_Laura_del-Barrio_Diaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Delgado, G. (2012). *Biometría*.  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ce/Articulo\\_gerson\\_delgado\\_conglistel.pdf](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ce/Articulo_gerson_delgado_conglistel.pdf)
- Departamento de Informática y Sistemas. (2013). *Seguridad. Sistemas Biométricos*.  
[http://dis.um.es/~lopezquesada/documentos/IES\\_1213/SAD/curso/UT3/ActividadesAlumnos/13/bio.html](http://dis.um.es/~lopezquesada/documentos/IES_1213/SAD/curso/UT3/ActividadesAlumnos/13/bio.html)

- DesarrolloWeb. (s/f). *MySQL*. Recuperado el 13 de junio de 2021, de  
<https://desarrolloweb.com/home/mysql>
- EcuRed. (s/f-a). *Microsoft SQL Server*. Recuperado el 13 de junio de 2021, de  
[https://www.ecured.cu/Microsoft\\_SQL\\_Server](https://www.ecured.cu/Microsoft_SQL_Server)
- EcuRed. (s/f-b). *Modelo de prototipos*. Recuperado el 10 de junio de 2021, de  
[https://www.ecured.cu/Modelo\\_de\\_prototipos](https://www.ecured.cu/Modelo_de_prototipos)
- Esparza, C., Tarazona, C., Sanabria, E., & Velazco, D. (2017). Reconocimiento facial basado en Eigenfaces, LBHP y Fisherfaces en la Beagleboard-xM. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 2(26).  
<https://doi.org/10.24054/16927257.v26.n26.2015.2387>
- Flores, E. (2018). Implementación de una base de datos heterogénea distribuida entre los SGBDs ORACLE, MySQL y PostgreSQL con replicación, mediante un script bash implementado en el sistema operativo CentOS usando software libre. *INNOVA Research Journal*, 3(2.1), 59–66. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n2.1.2018.668>
- Freire, M. (2016). *Método de optimización para reconocimiento facial basado en la fusión de algoritmos y segmentación según las características de las imágenes* [Máster Universitario en Software y Sistemas, Universidad Politécnica de Madrid].  
<https://core.ac.uk/download/pdf/148683135.pdf>
- Gabalán, J., & Vásquez, F.-E. (2017). Rendimiento académico universitario y asistencia a clases: Una visión. *Revista Educación*, 41(2), 1.  
<https://doi.org/10.15517/revedu.v41i2.18477>
- Galindo, E., Perdomo, J., & Figueroa-García, J. (2020). Estudio comparativo entre máquinas de soporte vectorial multiclase, redes neuronales artificiales y sistema de inferencia neurodifuso auto organizado para problemas de clasificación. *Información Tecnológica*, 31(1), 273–286. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000100273>
- Gallardo, E. (2017). *Metodología de la Investigación. Manual Autoformativo Interactivo* (Primera). Universidad Continental.

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO\\_UC\\_EG\\_MAI\\_UC0584\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf)

Gil, C. (2020). *Despliegue de SQL Server sobre Kubernetes* [Grado en Ingeniería Informática]. [https://eprints.ucm.es/id/eprint/61970/1/MOISES\\_GIL\\_SOLANAS\\_Despliegue\\_de\\_SQL\\_Server\\_sobre\\_Kubernetes\\_4398577\\_1554854108.pdf](https://eprints.ucm.es/id/eprint/61970/1/MOISES_GIL_SOLANAS_Despliegue_de_SQL_Server_sobre_Kubernetes_4398577_1554854108.pdf)

Gimeno, R. (2010). *Estudio de técnicas de reconocimiento facial*. Universitat Politècnica de Catalunya. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9782/PFC\\_RogerGimeno.pdf?sequence=1](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9782/PFC_RogerGimeno.pdf?sequence=1)

Giraldo, A., & Gómez, D. (2017). *Estado del arte de la seguridad en sistemas biométricos* [Especialista en Seguridad Informática, Universidad Abierta y a Distancia UNAD]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/14348/52752700.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Granja, I., Moreno, D., Cabrera, F., & Valle, P. (2020). Procesamiento de imágenes para la identificación de personas como sistema de seguridad en zonas domiciliarias. *KnE Engineering*, 164–186. <https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6233>

Guzmán, G., Hernández, R., & Cadena, E. (2019). Reconocimiento facial a través de cámaras de video vigilancia. *Academia Journals 2019. Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Puebla 2019*, 11(6), 7. <http://www.itacapulco.net/depi/wp-content/uploads/2020/06/Gladis-RECONOCIMIENTO-FACIAL-A-TRAV%3%89S-DE-C%3%81MARAS-DE-VIDEO-VIGILANCIA.pdf>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta). McGraw-Hill. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

IONOS. (2020). *MySQL: El gran tutorial para principiantes*. IONOS Digitalguide. <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/guia-para-aprender-a-utilizar-mysql/>

- Jeremías, E. (2020). Reconocimiento de objetos a través de la metodología Haar Cascades. *Revista Argentina de Ingeniería*, 16, 7. <https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2020/12/Articulo1-RADI16.pdf>
- Jiménez Silva, I. (2018). *Reconocimiento facial basado en redes neuronales convolucionales* [Grado en Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/85086/TFG-1975-JIMENEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Juárez, U. (2018). *Reconocimiento de objetos y rostros con técnicas de visión por computadora e inteligencia artificial* [Informe de la Práctica de Entrenamiento Industrial]. CIDESI. <https://cidesi.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1024/357/1/RE-UJA-2018.pdf>
- Lara-Jacho, S., Albarracín-Zambrano, L., & Ponce-Ruiz, D. (2020). Prototipo de reconocimiento facial para mejorar el control de asistencia de estudiantes en UNIANDÉS, Quevedo. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(Extra 2), 60–72. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7608931>
- Lenguajes de Programación. (2021). *¿Cuáles son los mejores lenguajes de programación 2021?* Lenguajes de programación. <https://lenguajesdeprogramacion.net/>
- Lovato, B. (2017). *Implementación de lógica de negocio en una base de datos Oracle 12C sobre Linux* [Universidad Técnica de Machala]. [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10955/1/TUAIC\\_2017\\_IS\\_CD0018.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10955/1/TUAIC_2017_IS_CD0018.pdf)
- Manzano, G. (2019). *Verificación de firma manuscrita estática mediante redes neuronales convolucionales* [Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, Universidad Autónoma de Madrid]. [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/689034/manzano\\_ramirez\\_gustavo\\_tfg.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/689034/manzano_ramirez_gustavo_tfg.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Marín, M. (2019). *Los gestores de bases de datos (SGBD) más usados*. Canal Informática y TICS. <https://revistadigital.inesem.es/informatica-y-tics/los-gestores-de-bases-de-datos-mas-usados/>
- Martínez, J., & Linares, J. (2012). Sistema de reconocimiento facial y realidad aumentada para dispositivos móviles. *3Ciencias*. <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2012/06/4.Sistemas-de-reconocimiento-facial.pdf>
- Martínez, M. (2018). *Reconocimiento facial para la autenticación de usuarios* [Grado en Ingeniería Informática, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/93928/MART%C3%8DNEZ%20-%20Reconocimiento%20facial%20para%20la%20autenticaci%C3%B3n%20de%20usuarios.pdf?sequence=1>
- Microsoft. (2021). *Un paseo por C#*. <https://docs.microsoft.com/es-es/dotnet/csharp/tour-of-csharp/>
- Misfud, E. (2012). *Sistemas físicos y biométricos de seguridad*. Observatorio Tecnológico. <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/ca/cajon-de-sastre/38-cajon-de-sastre/1045-sistemas-fisicos-y-biometricos-de-seguridad>
- Moyano, A. (2019). *Sistema de transferencia de datos de origen múltiple a Oracle para la empresa Solinfo* [Título de Ingeniero en Sistemas Computacionales e Informáticos., Universidad Técnica de Ambato]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29692/1/Tesis\\_t1568si.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29692/1/Tesis_t1568si.pdf)
- Niño, V. (2011). *Metodología de la investigación. Diseño y ejecución* (Primera). Ediciones de la U. [https://www.academia.edu/35258714/METODOLOGIA\\_DE\\_LA\\_INVESTIGACION\\_DISENO\\_Y\\_EJECUCION](https://www.academia.edu/35258714/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_DISENO_Y_EJECUCION)
- Niola, C., & Sanango, W. (2019). *Desarrollo de un software de seguridad para detección y reconocimiento facial basado en los algoritmos de Viola-Jones y PCA Eigenface*

- [Título de Ingeniero Electrónico, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17171/1/UPS-CT008205.pdf>
- Olivares, L. (2008). *Manual de Programación en Lenguaje C++*.  
<https://paginas.matem.unam.mx/pderbf/images/mprogintc++.pdf>
- OpenCV. (2021). *OpenCV: Introduction*. <https://docs.opencv.org/3.4/d1/dfb/intro.html>
- Pardo, J. (2020). *Reconocimiento facial en tiempo real orientado a video llamadas o live stream para autenticar identidades durante una audiencia legal* [Tercer Nivel, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja].  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30508/2020julianpardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pressman, R. S. (2013). *Ingeniería del software: Un enfoque práctico* (Séptima). McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.  
<http://cotana.informatica.edu.bo/downloads/Id-Ingenieria.de.software.enfoque.practico.7ed.Pressman.PDF>
- Python. (2021). *El tutorial de Python*. <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>
- Quintanilla Mendoza, G. (2020). Legislación, riesgos y retos de los sistemas biométricos. *Revista Chilena de Derecho y Tecnología*, 9(1), 63. <https://doi.org/10.5354/0719-2584.2020.53965>
- Rayas, M. (2019). *Sistema de reconocimiento facial basado en filtros de correlación para el control de asistencia en una clase*. [Título de Ingeniero en Sistemas Computacionales, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez].  
<http://erecursos.uacj.mx/handle/20.500.11961/5402>
- Ruiz, S., Miranda, E., Herlein, M., Etchart, G., & Alvez, C. (2017). *Análisis Comparativo de Distintas Toolkits para el Reconocimiento Biométrico de Personas Mediante Voz*. 4. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62612/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62612/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Sánchez, J. (2020). *Biometría y la seguridad informática en los métodos de autenticación* [Especialista en Seguridad Informática, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD].  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/39060/jjsanchezg.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Santi Pereyra, S. E. (2017). Biometría y vigilancia social en Sudamérica: Argentina como laboratorio regional de control migratorio. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 63(232). <https://doi.org/10.22201/fcpys.2448492xe.2018.232.56580>
- Sidar. (2000). *Prototipado*.  
<http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/maner/Prototipado.htm>
- Sites Google. (s/f). *Dactiloscopia PNP*. Recuperado el 6 de junio de 2021, de <https://sites.google.com/site/dactiloscopiapnp/clasificacion>
- Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de software* (Novena). Pearson Educación de México, S.A. de C.V. <https://elibro.net/ereader/elibrodemo/37857>
- Tejeda, A., Ferrans, J., Navarro, R., & Ripoll, C. (2020). Sistema de reconocimiento facial para asistentes a estadios de fútbol. *Revista Investigación y Desarrollo en TIC*, 11(1), 12.  
<http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific/article/view/4649>
- Tiobe. (2021). *Índice TIOBE para junio de 2021*. <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>
- Tornos, J. (2021). *Diseño de un sistema para la identificación de los alumnos en el aula* [Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona].  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/338145/memoria-javier-tornos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Universia. (2016). *¿Qué es un prototipo y para qué sirve?*  
<https://www.universia.net/es/actualidad/empleo/que-prototipo-que-sirve-1131645.html>

- Universia. (2020). *Para qué sirve Python: Qué es y usos*.  
<https://www.universia.net/es/actualidad/orientacion-academica/para-que-sirve-python-que-es-y-usos-1154393.html>
- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. (2020). *Definición de asistencia regular y circunstancias objetivas de justificación de ausencia de clase*.  
[https://ff.ulpgc.es/sites/default/files/2020-09/documento\\_def\\_asistencia\\_regular.pdf](https://ff.ulpgc.es/sites/default/files/2020-09/documento_def_asistencia_regular.pdf)
- Universidad Ecotec. (2019). *Reglamento Interno de la Universidad Tecnológica Ecotec*.  
<https://www.ecotec.edu.ec/content/uploads/descargas/reglamentos/reglamento-interno2019.pdf>
- Vázquez, M. (2014). *Sistema de Reconocimiento Facial Mediante Técnicas de Visión Tridimensional* [Maestro en Optomecatrónica, Centro de Investigaciones en óptica, A.C.]. <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/436/1/15950.pdf>
- Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001, 1*, I-511-I-518.  
<https://doi.org/10.1109/CVPR.2001.990517>
- Xicali, J. (2019). *Sistema biométrico para la clasificación de grupos étnicos* [Título de Licenciatura en Ingeniería en Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].  
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/4706/693219TL.pdf?sequence=1>
- Yagual, L. (2019). *Diseño de un Modelo de Predicción de Éxito para Proyectos Tecnológicos con Financiación en Masa Aplicando Técnicas de Machine Learning* [Tercer Nivel, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil].  
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12617/1/T-UCSG-PRE-ING-CIS-221.pdf>

Zumba, J., & León, C. (2018). Evolución de las metodologías y modelos utilizados en el desarrollo de software. *INNOVA Research Journal*, 3(10), 20–33.

<https://doi.org/10.33890/innova.v3.n10.2018.651>

# ANEXOS

## Anexo 1. Formularios de entrevistas

### ENTREVISTA A COORDINADORES DE CARRERA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC

Objetivo: Conocer la opinión de directores de carreras de la Universidad Ecotec para la implementación de un sistema de reconocimiento facial mediante imagen/video para el registro de asistencia estudiantil

**\*Obligatorio**

Carrera que dirige \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Correo electrónico \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

1. Antes de la crisis sanitaria mundial, que obligó a la adopción de la educación virtual, ¿cómo registraba la asistencia de los estudiantes a la materia que impartió? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

2. ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de registro de asistencia de los estudiantes, con la educación virtual actual? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

3. ¿Qué deficiencias y problemas ha detectado en el proceso de registro de asistencia para las clases virtuales? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

4. ¿Ha detectado alguna suplantación de identidad en el momento de registrar la asistencia a los estudiantes? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

5. ¿Cómo cree Ud. que se debería mejorar el registro de asistencia estudiantil en la universidad? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

6. ¿Estaría de acuerdo con que se implemente en la universidad un sistema de registro automático de estudiantes mediante reconocimiento facial para control de asistencia? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Enviar

## ENTREVISTA A DOCENTES DE LA CARRERA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC

Objetivo: Conocer la opinión de docentes de la carrera de Sistemas de la Universidad Ecotec sobre la implementación de un sistema de reconocimiento facial mediante Imagen/Vídeo para el registro de asistencia estudiantil

\*Obligatorio

Materia que imparte \*

Tu respuesta

Correo electrónico \*

Tu respuesta

1. ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de registro de asistencia estudiantil, con la educación virtual actual? \*

Tu respuesta

2. ¿Qué deficiencias ha detectado en el proceso de registro de asistencia estudiantil para las clases virtuales? \*

Tu respuesta

3. En su opinión, ¿sería posible y conveniente desarrollar e implementar un sistema de registro de asistencia estudiantil por reconocimiento facial mediante Imagen/Vídeo para mejorar el proceso actual? \*

Tu respuesta

4. ¿Qué requisitos debería tener el sistema de registro de asistencia estudiantil por reconocimiento facial mediante Imagen/Vídeo (requisitos funcionales y no funcionales)? \*

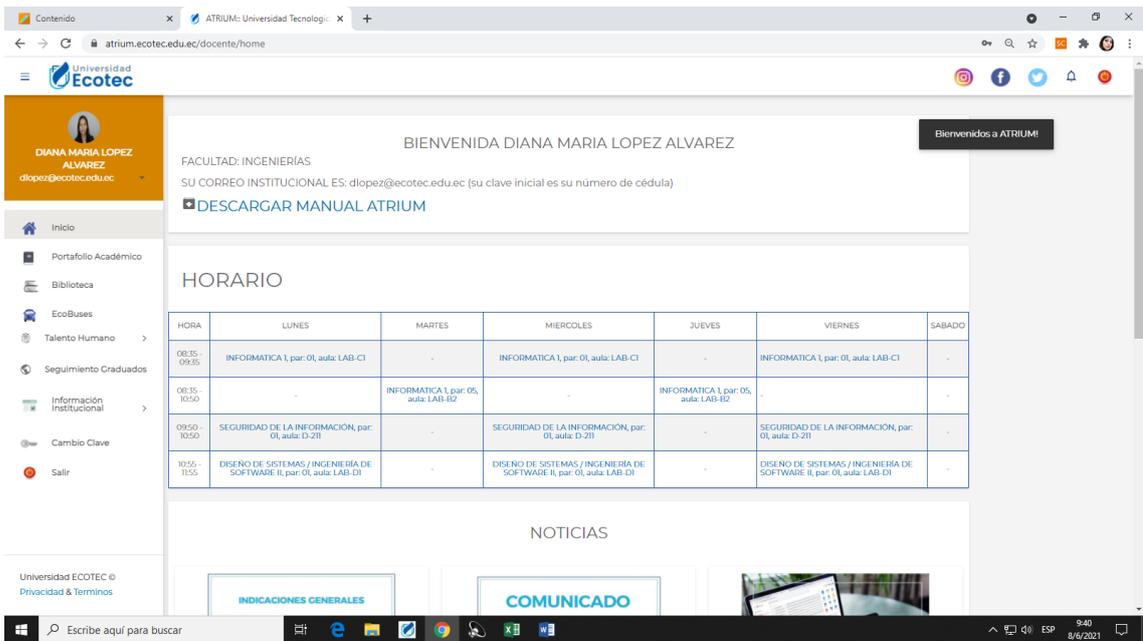
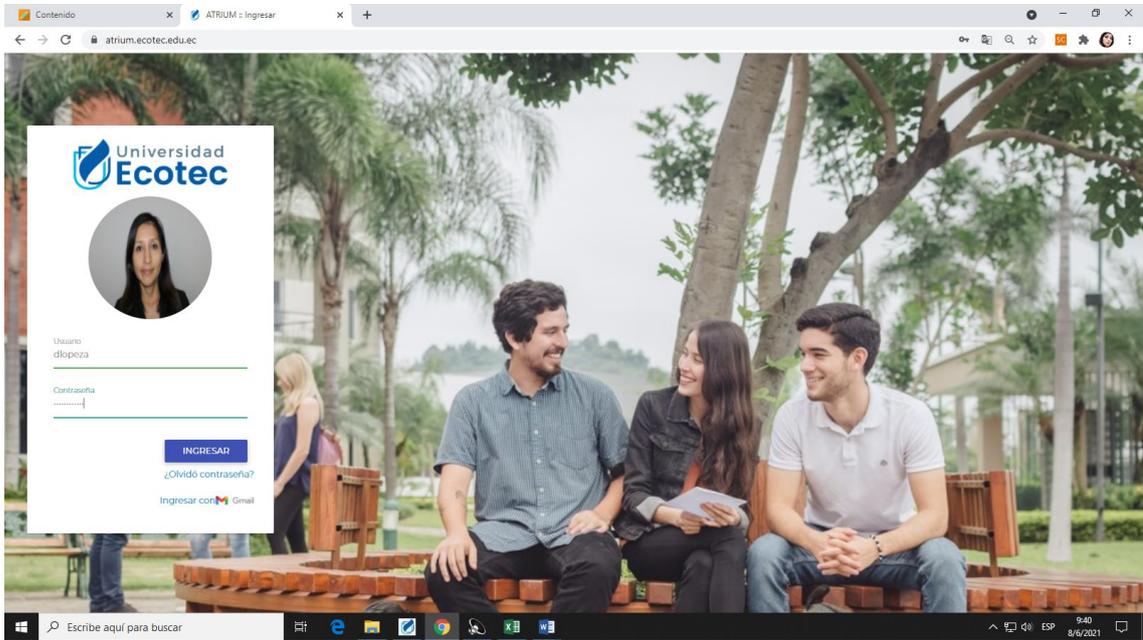
Tu respuesta

5. ¿Qué beneficios aportaría a la universidad la implementación de un sistema de registro de asistencia estudiantil? \*

Tu respuesta

Enviar

**Anexo 2.**  
**Pantallas del proceso de registro de asistencia estudiantil**



Contenido x ATRIUM: Universidad Tecnológica x +

atrium.ecotec.edu.ec/docente/assignaturas/ver/2021D1/COM101/05

Universidad Ecotec

DIANA MARIA LOPEZ ALVAREZ  
dlopez@ecotec.edu.ec

CURSO DE INFORMATICA 1 (COM101)  
HORARIO: MAR 09H50 - 10H50 Y JUE 08H35 - 10H50

Inicio  
Portafolio Académico  
Biblioteca  
EcoBuses  
Talento Humano  
Seguimiento Graduados  
Información Institucional  
Cambio Clave  
Salir

PRÓXIMOS PERMISOS DE INGRESOS DE NOTAS  
NOTA APERTURA CIERRE

9:41:18

SYLLABUS APROBADO

ASISTENCIA NOTAS MATERIALES TAREAS AGENDA SALA DE DEBA... TEST

MATERIAL

AGREGAR MATERIAL

REGISTRADOS: (12)  
\*\*\*Estudiantes con asterisco son deudores

- \*\*\*AMALUISA ANDRIUOLI RAFAEL FERNANDO ramaluisa@est.ecotec.edu.ec
- \*\*\*DAZA PIZARRO ANGELA MARIA adaza@est.ecotec.edu.ec
- \*\*\*SUAREZ BENALCAZAR CAMILO ANTONIO camisuarez@est.ecotec.edu.ec
- AROCA ALVARADO JUAN CARLOS juaroca@est.ecotec.edu.ec
- CARDENAS COELLO RAFAEL BERNARDO

Universidad ECOTEC ©  
Privacidad & Terminos

Windows Escribe aquí para buscar

941 8/6/2021

Contenido x ATRIUM: Universidad Tecnológica x +

atrium.ecotec.edu.ec/docente/assignaturas/ver/2021D1/COM101/05

Universidad Ecotec

DIANA MARIA LOPEZ ALVAREZ  
dlopez@ecotec.edu.ec

CURSO DE INFORMATICA 1 (COM101)  
HORARIO: MAR 09H50 - 10H50 Y JUE 08H35 - 10H50

Inicio  
Portafolio Académico  
Biblioteca  
EcoBuses  
Talento Humano  
Seguimiento Graduados  
Información Institucional  
Cambio Clave  
Salir

PRÓXIMOS PERMISOS DE INGRESOS DE NOTAS  
NOTA APERTURA CIERRE

9:41:25

SYLLABUS APROBADO

ASISTENCIA NOTAS MATERIALES TAREAS AGENDA SALA DE DEBA... TEST

MATERIAL

AGREGAR MATERIAL

REGISTRADOS: (12)  
\*\*\*Estudiantes con asterisco son deudores

- \*\*\*AMALUISA ANDRIUOLI RAFAEL FERNANDO ramaluisa@est.ecotec.edu.ec
- \*\*\*DAZA PIZARRO ANGELA MARIA adaza@est.ecotec.edu.ec
- \*\*\*SUAREZ BENALCAZAR CAMILO ANTONIO camisuarez@est.ecotec.edu.ec
- AROCA ALVARADO JUAN CARLOS juaroca@est.ecotec.edu.ec
- CARDENAS COELLO RAFAEL BERNARDO

Universidad ECOTEC ©  
Privacidad & Terminos

Windows Escribe aquí para buscar

941 8/6/2021

Universidad Ecotec

DIANA MARIA LOPEZ ALVAREZ  
dlopez@ecotec.edu.ec

CURSO DE INFORMATICA 1 (COM101)  
HORARIO: MAR 09H50 - 10H50 Y JUE 08H35 - 10H50

10:03:55

SYLLABUS APROBADO

ASISTENCIA

PRÓXIMOS PERMISOS DE INGRESOS DE NOTAS

NOTA APERTURA CIERRE

REGISTRADOS: (12)  
\*\*\*Estudiantes con asterisco son deudores

#	Codigo	Estudiante	
1	2019562241	AMALUISA ANDRIUOLI RAFAEL FERNANDO	<input type="checkbox"/>
2	2018561629	AROCA ALVARADO JUAN CARLOS	<input type="checkbox"/>
3	2019560640	CARDENAS COELLO RAFAEL BERNARDO	<input type="checkbox"/>
4	2019561849	CHAVEZ ABUDEYE EMILY CAMILLE	<input type="checkbox"/>
5	2017560655	DAZA MENDOZA JORGE RODRIGO	<input type="checkbox"/>
6	2019560731	DAZA PIZARRO ANGELA MARIA	<input type="checkbox"/>
7	2019542032	GALARZA RAMIREZ GLADYS RENATHA	<input type="checkbox"/>
8	201851153	NAPA ARELLANO ARIEL DAVID	<input type="checkbox"/>

Inicio  
Portafolio Académico  
Biblioteca  
EcoBuses  
Talento Humano  
Seguimiento Graduados  
Información Institucional  
Cambio Clave  
Salir

Universidad ECOTEC ©  
Privacidad & Terminos

Compartiendo esta pestaña con us.bbcollab.com

Universidad Ecotec

DIANA MARIA LOPEZ ALVAREZ  
dlopez@ecotec.edu.ec

ASISTENCIA

REGISTRADOS: (12)  
\*\*\*Estudiantes con asterisco son deudores

#	Codigo	Estudiante	
1	2019562241	AMALUISA ANDRIUOLI RAFAEL FERNANDO	✓
2	2018561629	AROCA ALVARADO JUAN CARLOS	✓
3	2019560640	CARDENAS COELLO RAFAEL BERNARDO	✓
4	2019561849	CHAVEZ ABUDEYE EMILY CAMILLE	✓
5	2017560655	DAZA MENDOZA JORGE RODRIGO	✓
6	2019560731	DAZA PIZARRO ANGELA MARIA	✓
7	2019542032	GALARZA RAMIREZ GLADYS RENATHA	✓
8	201851153	NAPA ARELLANO ARIEL DAVID	✓
9	2019541566	NOBOA ORTIZ FIORELLA KATHERINE	✓
10	2019542693	SOLORZANO PAZMIÑO LUIS ALFREDO	✓
11	2019542677	SUAREZ BENALCAZAR CAMILO ANTONIO	✓
12	2019512471	VALLEJO AGUILAR SHIRLEY ALEJANDRA	✓

GUARDAR

Inicio  
Portafolio Académico  
Biblioteca  
EcoBuses  
Talento Humano  
Seguimiento Graduados  
Información Institucional  
Cambio Clave  
Salir

Universidad ECOTEC ©  
Privacidad & Terminos

Contenido x INFORMATICA 1 - Sala del c... x ATRIUM: Universidad Tecnol... x WhatsApp x Recibidos (59) - dlopez@ecotec... x +

atrium.ecotec.edu.ec/docente/asignaturas/ver/2021D1/COM101/05

Compartiendo esta pestaña con us.bbcollab.com **Interrumpir**

Universidad **Ecotec**

**DIANA MARIA LOPEZ ALVAREZ**  
dlopez@ecotec.edu.ec

- Inicio
- Portafolio Académico
- Biblioteca
- EcoBuses
- Talento Humano >
- Seguimiento Graduados
- Información Institucional >
- Cambio Clave
- Salir

Universidad ECOTEC ©  
Privacidad & Terminos

\*\*\*SUAREZ BENALCAZAR CAMILO ANTONIO  
camsuarez@est.ecotec.edu.ec

AROCHA ALVARADO JUAN CARLOS  
juaroca@est.ecotec.edu.ec

CARDENAS COELLO RAFAEL BERNARDO  
racardenas@est.ecotec.edu.ec

CHAVEZ ABUDEYE EMILY CAMILLE  
emchavez@est.ecotec.edu.ec

DAZA MENDOZA JORGE RODRIGO  
jdaza@est.ecotec.edu.ec

GALARZA RAMIREZ GLADYS RENATHA  
glgalarza@est.ecotec.edu.ec

NAPA ARELLANO ARIEL DAVID  
anapa@est.ecotec.edu.ec

NOBOA ORTIZ FIORELLA KATHERINE  
finboa@est.ecotec.edu.ec

SOLORZANO PAZMIÑO LUIS ALFREDO  
lsolorzano@est.ecotec.edu.ec

3	2019560640	CARDENAS COELLO RAFAEL BERNARDO	<input type="checkbox"/>
4	2019561849	CHAVEZ ABUDEYE EMILY CAMILLE	<input type="checkbox"/>
5	2017560655	DAZA MENDOZA JORGE RODRIGO	<input type="checkbox"/>
		MARIA	<input type="checkbox"/>
		S RENATHA	<input type="checkbox"/>
		DAVID	<input type="checkbox"/>
		KATHERINE	<input type="checkbox"/>
		S ALFREDO	<input type="checkbox"/>
		SUAREZ BENALCAZAR CAMILO ANTONIO	<input type="checkbox"/>
12	2019512471	VALLEJO AGUILAR SHIRLEY ALEXANDRA	<input type="checkbox"/>

**ATRIVM**  
Asistencia tomada  
**CERRAR**

**GUARDAR**

1907 8/6/2021

**Anexo 3.**  
*Pruebas*



**SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE  
ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC**

**Planes de Pruebas Funcionales**

Versión: 1.0

Fecha: 13/06/2021

	<b>SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC</b> <b>Planes de Pruebas Funcionales</b>	<b>13/06/2021</b>
---	--	-------------------

## HOJA DE CONTROL

<b>Institución</b>	Universidad Tecnológica Ecotec		
<b>Proyecto</b>	SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC		
<b>Entregable</b>	Planes de Pruebas Funcionales		
<b>Autor</b>	Erick Coronel Teanga		
<b>Versión/Edición</b>	1.0	<b>Fecha Versión</b>	13/06/2021
<b>Aprobado por</b>	Ing. César Bustamante	<b>Fecha Aprobación</b>	DD/MM/AAAA
		<b>N° Total de Páginas:</b>	

### REGISTRO DE CAMBIOS

Versión doc.	Causa del Cambio	Responsable del Cambio	Fecha del Cambio
1.0	Versión inicial	Erick Coronel Teanga	13/06/2021

	<p style="text-align: center;"><b>SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC</b></p> <p style="text-align: center;">Planes de Pruebas Funcionales</p>	<p style="text-align: center;">13/06/2021</p>
---	--	---

1	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1	Objetivo.....	4
1.2	Alcance.....	4
2	TRAZABILIDAD DE CASOS DE PRUEBAS – REQUISITOS.....	5
3	DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE PRUEBAS.....	6

	SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC Planes de Pruebas Funcionales	13/06/2021
---	--	------------

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 *Objetivo*

Recoger los casos de pruebas que verifican que el sistema satisface los requisitos especificados. Contener la definición de los casos de prueba, la matriz de trazabilidad entre casos de pruebas y requisitos.

### 1.2 *Alcance*

El producto está destinado a la Universidad Tecnológica Ecotec para el control de asistencia, el que se realiza a través de servicios web.

	<p style="text-align: center;">SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC</p> <p style="text-align: center;">Planes de Pruebas Funcionales</p>	<p style="text-align: center;">13/06/2021</p>
---	---	---

## 2 TRAZABILIDAD DE CASOS DE PRUEBAS – REQUISITOS

CP-1\*: Validar que el servicio de registro de asistencia online devuelva el listado de los estudiantes identificados en la captura subida en la página web para la materia seleccionada. En la lista se presentarán los estudiantes presentes, ausentes y desconocidos.

CP-2: Validar que el servicio de registro de asistencia presencial devuelva el listado de los estudiantes identificados en el video mostrado en tiempo real en la página web para la materia seleccionada. En la lista se presentarán los estudiantes presentes, ausentes y desconocidos

RF-001\*\*: Los servicios web deben estar publicados en algún host para poder ser llamados.

RF-002: La cámara que va a capturar el video para la asistencia presencial y para el registro de estudiantes deba estar como principal.

RF-003: Antes de la toma de asistencia, se deberá contar con todos los estudiantes registrados.

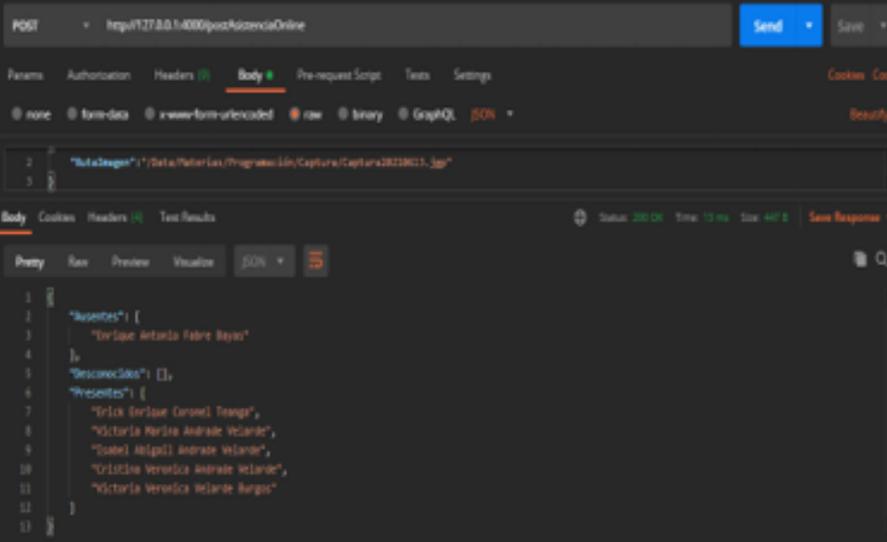
RF-004: Debe haberse ejecutado el entrenador para poder realizar el proceso de identificación de rostros con *eigenfaces*

	RF-001	RF-002	RF-003	RF-004
CP-1	X	X	X	X
CP-2	X	X	X	X

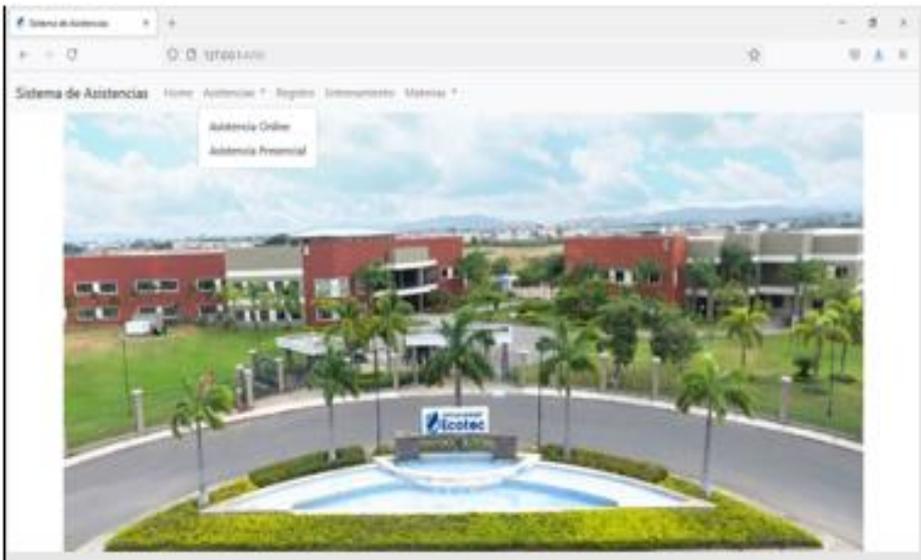
\* Caso de prueba  
\*\* Requisito funcional

	<b>SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC</b> Planes de Pruebas Funcionales	13/06/2021
---	---	------------

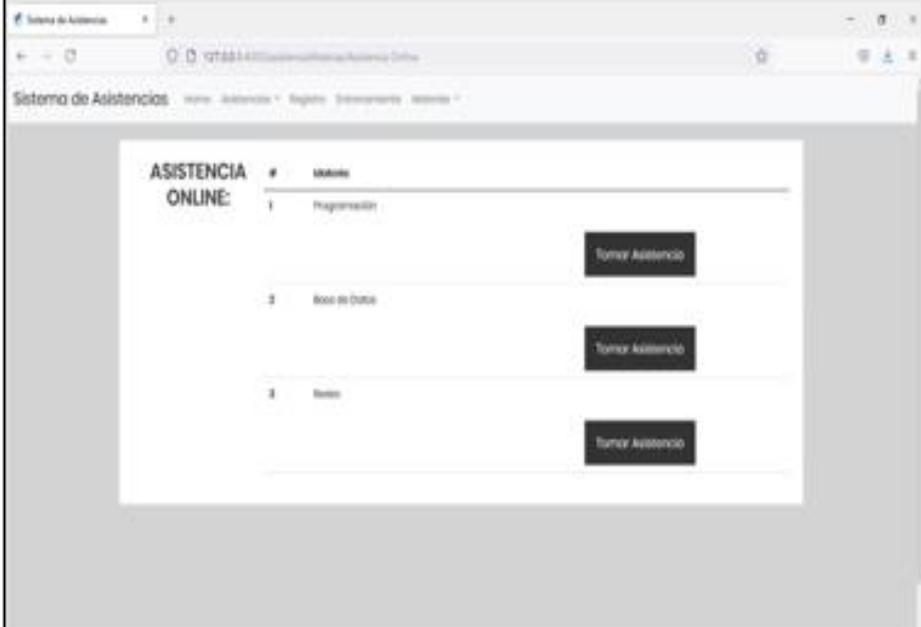
### 3 DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE PRUEBAS

Validación del registro de asistencia online	CP-1	
	¿Prueba de despliegue?	No
<b>Descripción:</b> Validar que el servicio de registro de asistencia online devuelva el listado de los estudiantes identificados en la captura subida en la página web para la materia seleccionada. En la lista se presentarán los estudiantes presentes, ausentes y desconocidos. La prueba se la realizó con una muestra de seis personas que previamente se registraron en el sistema.		
<b>Prerrequisitos</b> Los servicios web deben estar publicados en algún host para poder ser llamados La cámara que va a capturar el video para la asistencia presencial y para el registro de estudiantes deba estar como principal Antes de la toma de asistencia, se deberá contar con todos los estudiantes registrados. Debe haberse ejecutado el entrenador para poder realizar el proceso de identificación de rostros con eigenfaces.		
<b>Resultado esperado:</b> Que el servicio web devuelva la lista con todos los estudiantes presentes, ausente y, en caso de existir desconocidos, que devuelva la cantidad.		
<b>Resultado obtenido:</b> La prueba se realizó con éxito, ya que el servicio web /postAsistenciaOnline devolvió la lista esperada. El servicio recibió como parámetro la ruta en donde se encontraba alojada la captura de pantalla previamente realizada.		
 <pre> POST http://127.0.0.1:4000/postAsistenciaOnline Body   {     "rutaImagen": "/Data/Poderes/Progresión/Captura/Captura20220613.jpg"   } Body   {     "Ausentes": [       "Grisol Antonio Fabre Rojas"     ],     "Desconocidos": [],     "Presentes": [       "Orick Enrique Gomez Tranga",       "Victoria Maria Andrea Velarde",       "Danel Adgari Amador Wilson",       "Orlinda Verónica Andrea Velarde",       "Victoria Verónica Velarde Burgos"     ]   }           </pre>		
Se seleccionó el módulo Asistencias, luego asistencia online		

	<p align="center"><b>SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC</b></p> <p align="center"><b>Planes de Pruebas Funcionales</b></p>	<p align="center">13/06/2021</p>
---	---	----------------------------------

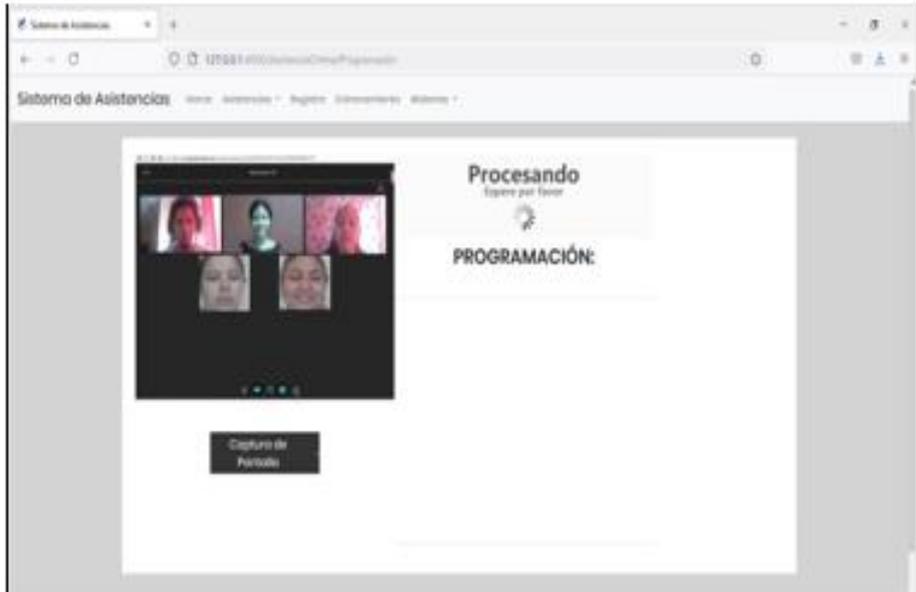


Se seleccionó la materia a la que se realizó el registro de asistencia.



Se procedió a realizar la captura de pantalla dando clic en el botón Captura pantalla, el que desplegó un puntero para la selección de un área específica, que se cargó en la página web.

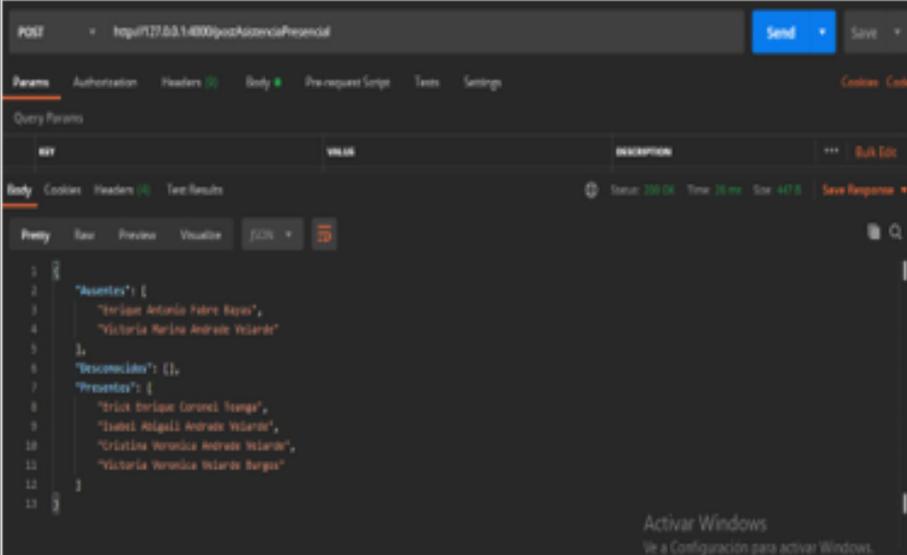
	<p align="center"><b>SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC</b></p> <p align="center">Planes de Pruebas Funcionales</p>	<p align="center">13/06/2021</p>
---	--	----------------------------------



Se obtuvo el resultado esperado con el listado de los estudiantes presentes, ausentes y desconocidos.



	<p align="center"><b>SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC</b></p> <p align="center">Planes de Pruebas Funcionales</p>	<p align="center">13/06/2021</p>
---	--	----------------------------------

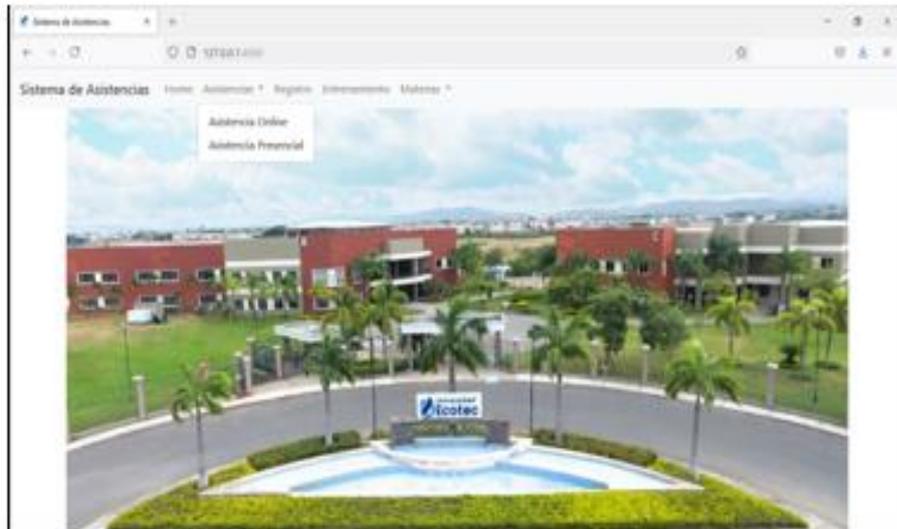
Validación del registro de asistencia presencial	CP-2	
	¿Prueba de despliegue?	No
<p><b>Descripción:</b>            Validar que el servicio de registro de asistencia presencial devuelva el listado de los estudiantes identificados en el video mostrado en tiempo real en la página web para la materia seleccionada. En la lista se presentarán los estudiantes presentes, ausentes y desconocidos.            La prueba se realizó con una muestra de seis personas que previamente se registraron en el sistema.</p>		
<p><b>Prerrequisitos</b>            Los servicios web deben estar publicados en algún host para poder ser llamados            La cámara que va a capturar el video para la asistencia presencial y para el registro de estudiantes deba estar como principal            Antes de la toma de asistencia, se deberá contar con todos los estudiantes registrados.            Debe haberse ejecutado el entrenador para poder realizar el proceso de identificación de rostros con eigenfaces.</p>		
<p><b>Resultado esperado:</b>            Que el servicio web devuelva la lista con todos los estudiantes presentes, ausente y, en caso de existir desconocidos, que devuelva la cantidad.</p>		
<p><b>Resultado obtenido:</b>            La prueba se realizó con éxito, ya que el servicio web /postAsistenciaPresencial devolvió la lista esperada.</p>		
		
<p>Se seleccionó el módulo Asistencias, luego asistencia presencial</p>		



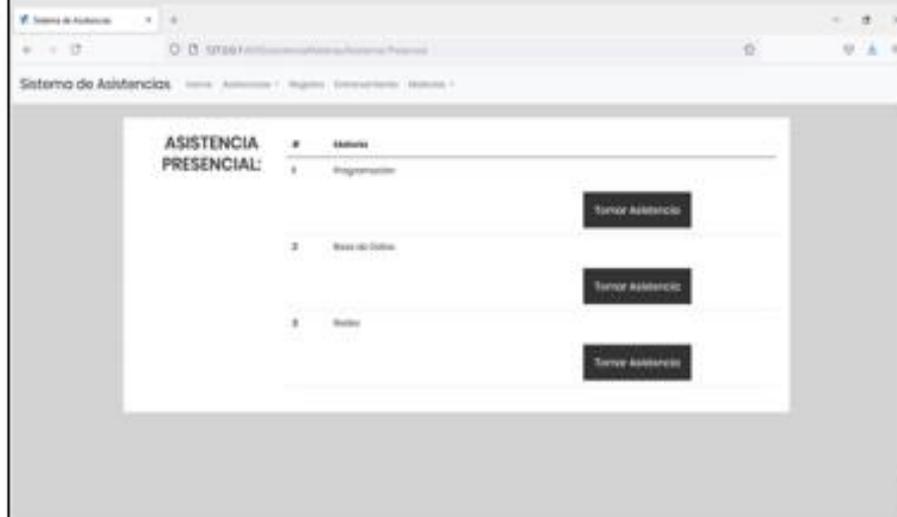
SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC

13/06/2021

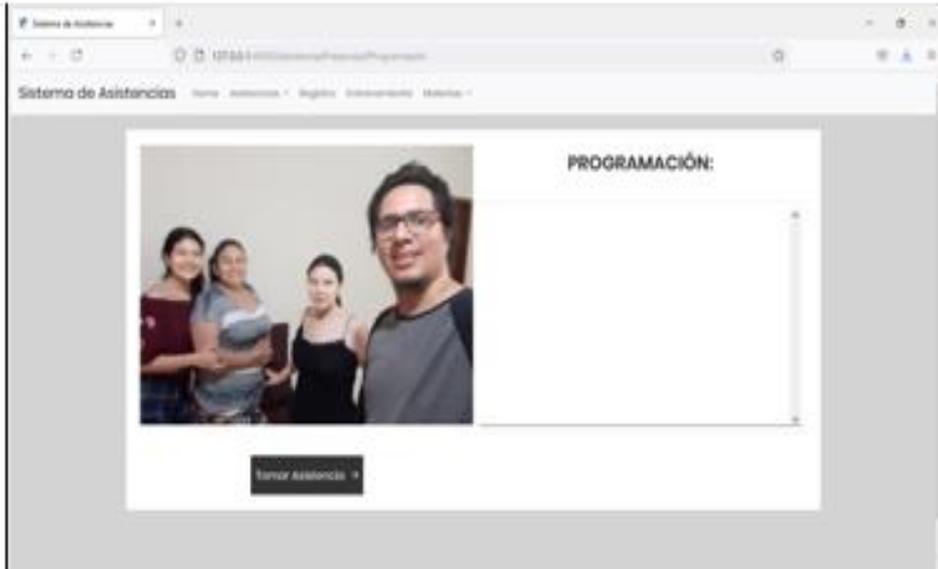
Planes de Pruebas Funcionales



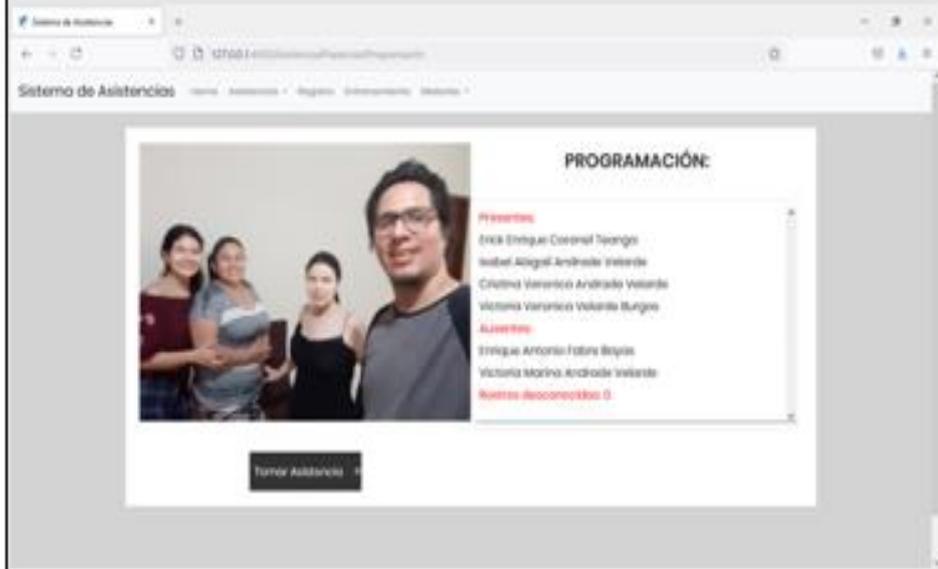
Se seleccionó la materia a la que se realizó el registro de asistencia.



Cuando se cargó la pantalla se activó automáticamente la cámara que se encuentra como principal en el servidor en donde está alojada la página web.



Se dio clic en el botón Tomar asistencia y se obtuvo el resultado esperado.



**Anexo 4.**  
*Codificación en Python*

**Clase para reconocimiento y captura de rostros utilizadas en entrenamiento**

```
import cv2
import os
import imutils

face_cascade=cv2.CascadeClassifier(cv2.data.harcascades +
'haarcascade_frontalface_default.xml')
class Captura():

    def get_frame(cap,NombreAlumno):

        nombrePersona = NombreAlumno
        dataPath = 'C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto Tesis
Erick/Data'
        personaPath = dataPath + '/' + nombrePersona

        if not os.path.exists(personaPath):
            print('Carpeta creada: ' + personaPath)
            os.makedirs(personaPath)
        faceClassif =
cv2.CascadeClassifier(cv2.data.harcascades +
'haarcascade_frontalface_default.xml')
        count = 0

        while True:
            ret, frame = cap.read()
            if ret == False: break
            frame = imutils.resize(frame, width=640)
            gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
            auxframe = frame.copy()

            faces = faceClassif.detectMultiScale(gray,1.3,5)

            for (x,y,w,h) in faces:
                cv2.rectangle(frame,
(x,y), (x+w,y+h), (0,255,0), 2)
                rostro = auxframe[y:y+h,x:x+w]
                rostro = cv2.resize(rostro, (150,150),
interpolation=cv2.INTER_CUBIC)
                cv2.imwrite(personaPath +
'/rostro_{}.jpg'.format(count), rostro)
                count = count + 1

            k= cv2.waitKey(1)
            if count >= 100:
                break
        cv2.destroyAllWindows()
```

## Clase para realizar proceso de entrenamiento

```
import cv2
import os
import numpy as np

dataPath = 'C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto Tesis Erick/Data'
peopleList = os.listdir(dataPath)
print('Lista de personas: ', peopleList)

labels = []
facesData = []
label = 0

for nameDir in peopleList:
    personPath = dataPath + '/' + nameDir
    print('Leyendo las imagenes')

    for fileName in os.listdir(personPath):
        # print('Rostro: ', nameDir + '/' + fileName)
        labels.append(label)
        facesData.append(cv2.imread(personPath+'/'+fileName,0))
        image = cv2.imread(personPath+'/'+fileName,0)
        #cv2.imshow('image',image)
        #cv2.waitKey(10)
        label = label + 1

print('labels= ', labels)
face_recognizer = cv2.face.EigenFaceRecognizer_create()

# Entrenando el reconocimiento de rostros
print("Entrenando...")
face_recognizer.train(facesData, np.array(labels))

#Almacenando el model obtenido
face_recognizer.write('modeloEigenFace.xml')
print("Modelo almacenado")
```

## Clase para realizar identificación de rostros ya sea por imágenes o videos

```
import cv2
import os

dataPath = 'C:/Users/Usuario/Desktop/Proyecto Tesis Erick/Data'
imagePaths = os.listdir(dataPath)
print('imagePaths=', imagePaths)

face_recognizer = cv2.face.EigenFaceRecognizer_create()

# leyendo el modelo
face_recognizer.read('modeloEigenFace.xml')
```

```

cap = cv2.VideoCapture(0)

faceClassif = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.harcascades +
'haarcascade_frontalface_default.xml')

while True:
    ret, frame = cap.read()
    if ret == False: break
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    auxframe = gray.copy()

    faces = faceClassif.detectMultiScale(gray,1.3,5)

    for(x,y,w,h), nombre in zip(faces, imagePath):
        rostro = auxframe[y:y+h,x:x+w]
        rostro = cv2.resize(rostro, (150,150),
interpolation=cv2.INTER_CUBIC)
        #print('rostro: ', rostro)
        result = face_recognizer.predict(rostro)
        print('result: ', result)
        cv2.putText(frame, '{}'.format(result), (x, y-
5), 1, 1.3, (255, 255, 0), 1, cv2.LINE_AA)
        if result[1] < 5700:
            cv2.putText(frame, '{}'.format(nombre), (x, y-
25), 2, 1.1, (0, 255, 0), 1, cv2.LINE_AA)
            cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), (0, 255, 0), 2)
        else:
            cv2.putText(frame, 'Deconocido', (x, y-
20), 2, 0.8, (0, 0, 255), 1, cv2.LINE_AA)
            cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), (0, 0, 255), 2)

    cv2.imshow('frame', frame)
    k = cv2.waitKey(1)

```

**Anexo 5.**

*Documento de aceptación del prototipo*



Samborondón 28 de junio de 2021

**A quien interese**

Por medio de la presente debo indicar que yo, Erika Ascencio Jordán, Decana(e) de la Facultad de Ingenierías, he revisado y probado el sistema "*Sistema inteligente de identificación facial para registro de asistencia estudiantil en la Universidad Ecotec*", desarrollado como proyecto de tesis del estudiante: **ERICK CORONEL TEANGA**, se ha validado con datos externos ya que, no se puede usar la base de datos institucional por confidencialidad de la información.

Por lo expuesto anteriormente indico que el proyecto cumple con los requerimientos del usuario.

Sin otro particular  
Atentamente,

Ing. Erika Ascencio J., Mgtr.  
Decana (e)  
Facultad de Ingeniería



**SISTEMA INTELIGENTE DE IDENTIFICACIÓN FACIAL PARA REGISTRO  
DE ASISTENCIA ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD ECOTEC**

**Manual de Usuario**

Versión:1.0

Fecha: 02/07/2021

## HOJA DE CONTROL

<b>Organismo</b>	Universidad Ecotec		
<b>Proyecto</b>	Sistema Inteligente de Identificación Facial para Registro de Asistencia Estudiantil en la Universidad Ecotec		
<b>Entregable</b>	Manual de Usuario		
<b>Autor</b>	Erick Coronel Teanga		
<b>Versión/Edición</b>	1.0	<b>Fecha Versión</b>	02/07/2021
<b>Aprobado por</b>	Ing. Cesar Bustamante Chong	<b>Fecha Aprobación</b>	02/07/2021
		<b>Nº Total de Páginas</b>	16

### REGISTRO DE CAMBIOS

<b>Versión</b>	<b>Causa del Cambio</b>	<b>Responsable del Cambio</b>	<b>Fecha del Cambio</b>
1.0	Versión inicial	Erick Coronel Teanga	02/07/2021

### CONTROL DE DISTRIBUCIÓN

<b>Nombre y Apellidos</b>
Erick Coronel Teanga

## **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

### **Objeto**

Este documento tiene como finalidad indicar al usuario el funcionamiento del sistema inteligente de identificación facial para registro de asistencia estudiantil en la Universidad Ecotec

### **Alcance**

El producto está destinado a la Universidad Tecnológica Ecotec para el control de asistencia, el que se realiza a través de servicios web.

### **Funcionalidad**

Registro de asistencias en las modalidades online o presencial para las distintas materias impartidas en la universidad Tecnológica Ecotec.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema se encuentra diseñado para que registre la asistencia de una materia de forma automática por medio de reconocimiento e identificación facial. Este proceso se realiza a través de servicios web para poder ser usados desde cualquier aplicación.

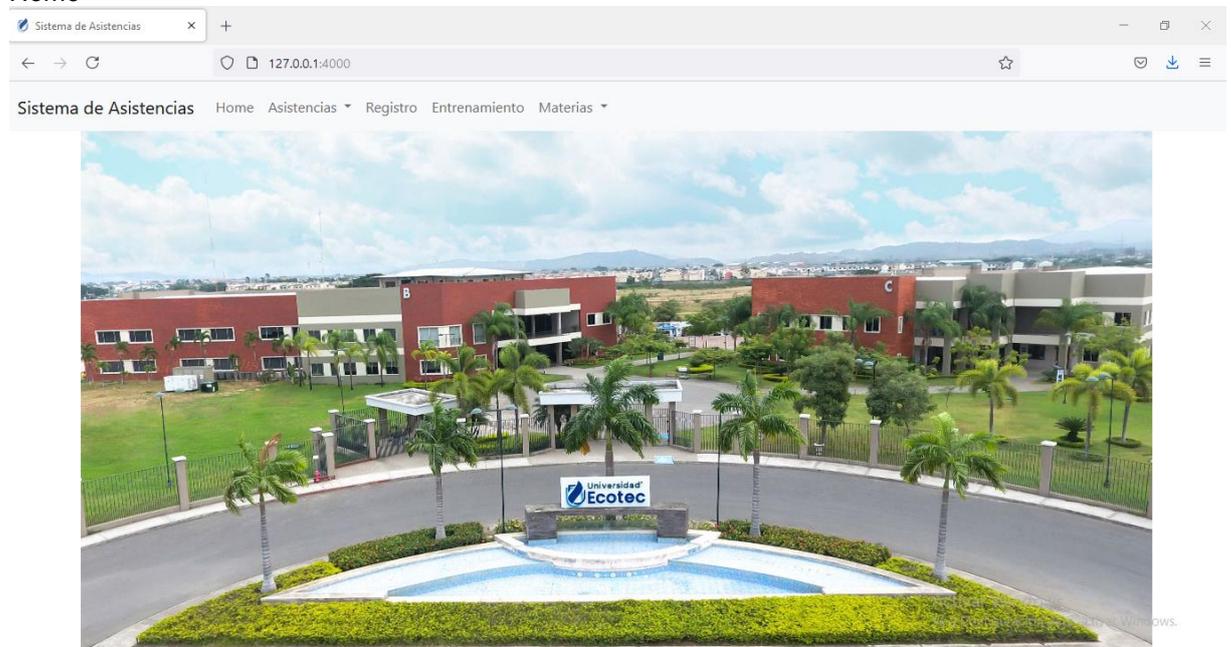
### Desarrollo del manual

#### Home

En esta pantalla se muestra imagen de la universidad.

**Figura 1.**

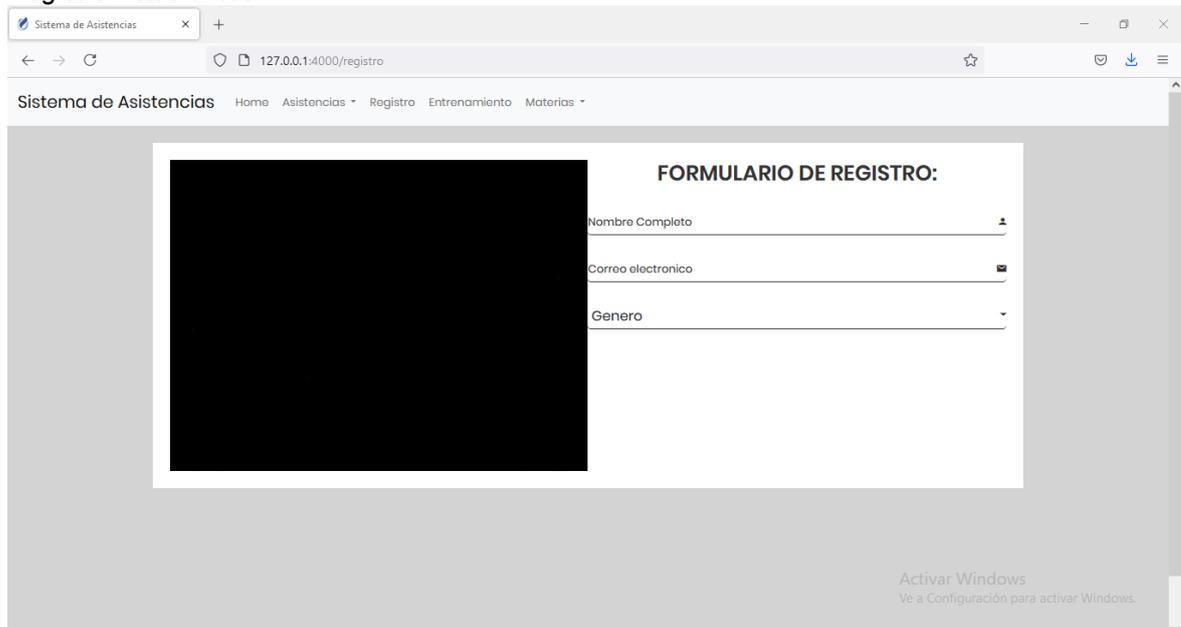
*Home*



#### Registro

En este módulo se registrarán a los estudiantes de la universidad para crear una base de datos.

**Figura 2.**  
*Registro Estudiantes*



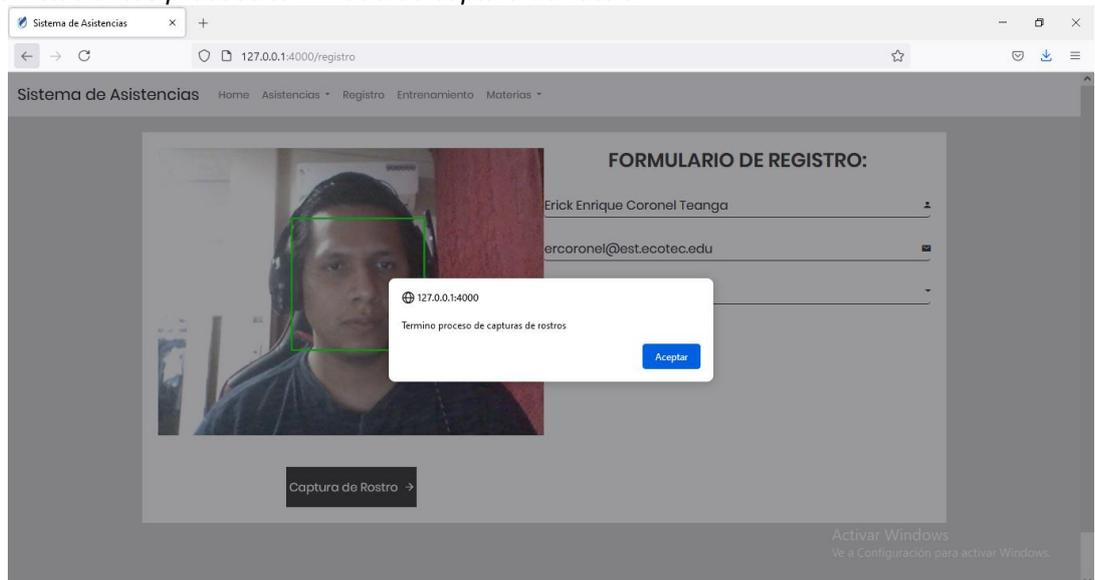
1. Se deben llenar los datos del estudiante: a) Nombre completo, b) Correo electrónico, c) Género. Una vez llenados estos campos aparecerá el botón “Captura de rostro” y se habilitará la cámara para realizar las capturas.

**Figura 3.**  
*Registro Estudiantes Captura rostro*



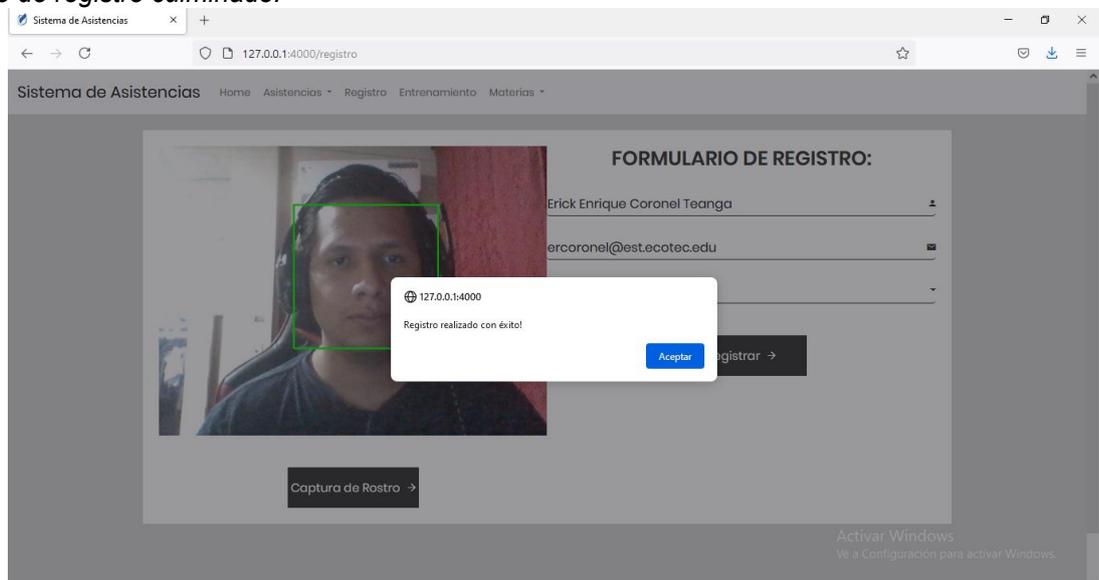
2. Se debe realizar la captura del rostro para la identificación facial dando clic en el botón “Captura de rostro”. Una vez culminado el proceso de captura aparecerá el mensaje “Terminó el proceso de captura de rostros”, se da clic en aceptar y se habilitará el botón “Registrar”.

**Figura 4.**  
*Registro Estudiantes proceso terminado de captura de rostro.*



3. Dar clic en registrar para culminar con el registro del estudiante. Una vez realizado dicho proceso aparecerá el mensaje "Registro realizado con éxito"; dar clic en aceptar para culminar.

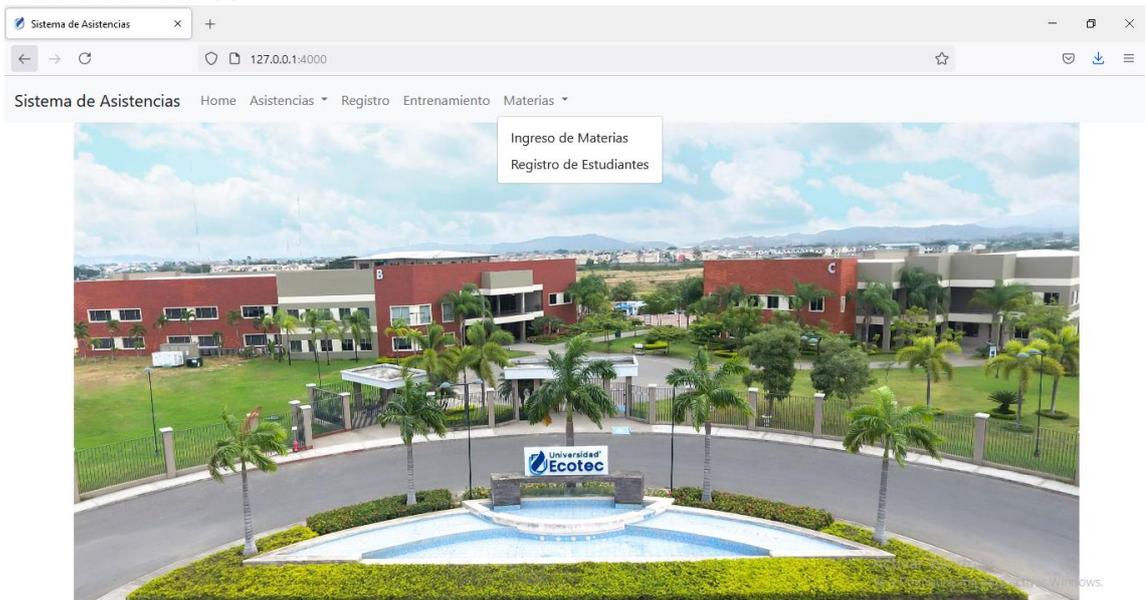
**Figura 5.**  
*Proceso de registro culminado.*



## **Materias**

En este módulo se registran las materias y los estudiantes en las distintas materias creadas.

**Figura 6.**  
**Módulo de Materias.**



## 1. Ingreso de Materias

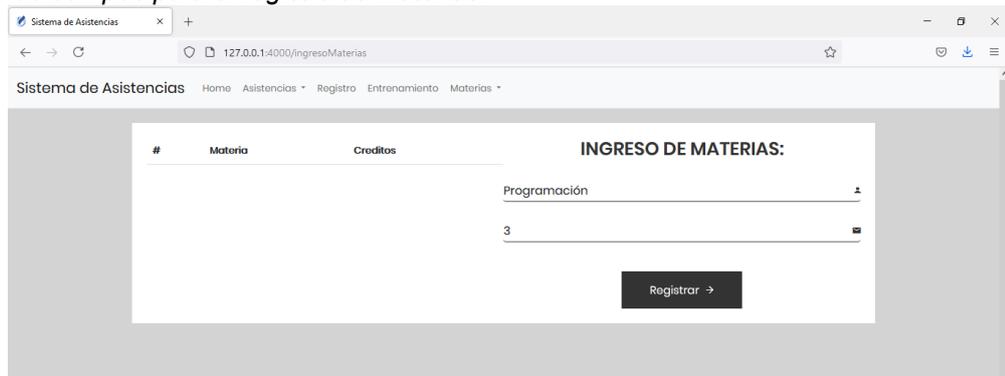
1.1 Primero se deben crear las materias dando clic en “Ingreso de Materias”

**Figura 7.**  
**Ingreso de Materias.**

A screenshot of the 'Ingreso de Materias' form within the 'Sistema de Asistencias' application. The browser's address bar shows '127.0.0.1:4000/ingresoMaterias'. The navigation menu is the same as in Figure 6. The form is titled 'INGRESO DE MATERIAS:' and contains a table with columns for '#', 'Materia', and 'Creditos'. Below the table, there are two input fields: 'Nombre de la Materia' and 'Numero de Creditos'. A 'Registrar' button with a right-pointing arrow is located at the bottom of the form.

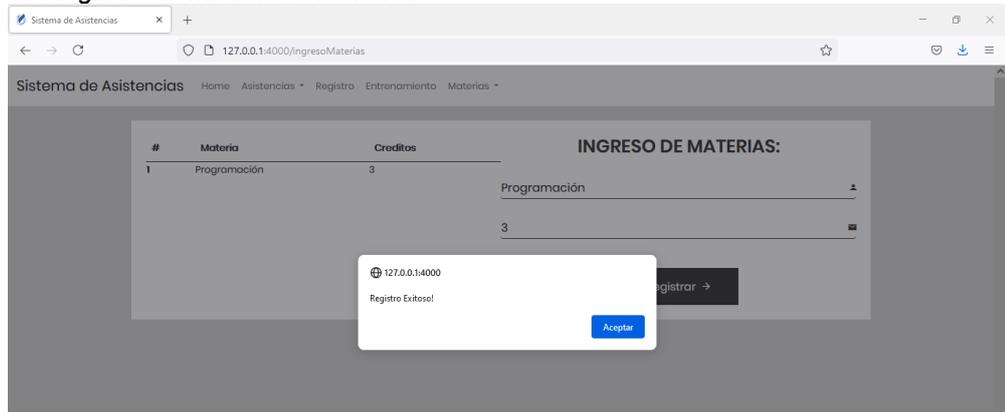
1.2 Se deben llenar los campos solicitados: a) Nombre de la Materia, b) Numero de Créditos.

**Figura 8.**  
*Llenado de campos para el registro de materias.*



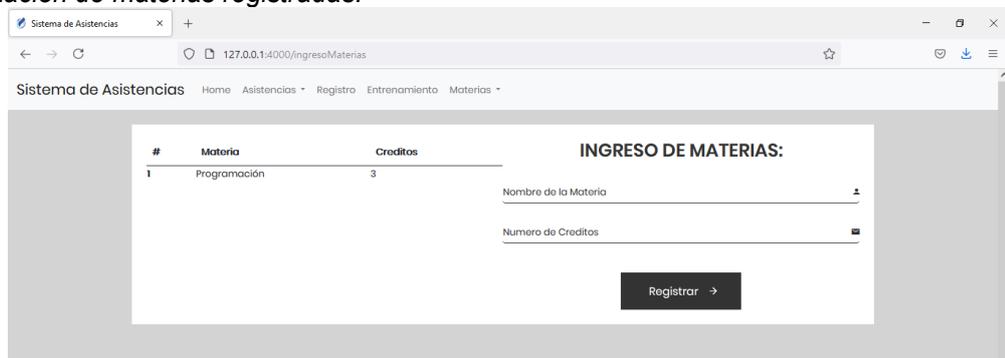
1.3 Dar clic en el botón registrar. Una vez realizado esto aparecerá el mensaje “Registro exitoso”; dar clic en aceptar para continuar.

**Figura 9.**  
*Proceso de registro de materia terminado.*



1.4 La materia creada debe aparecer en la parte izquierda de la pantalla.

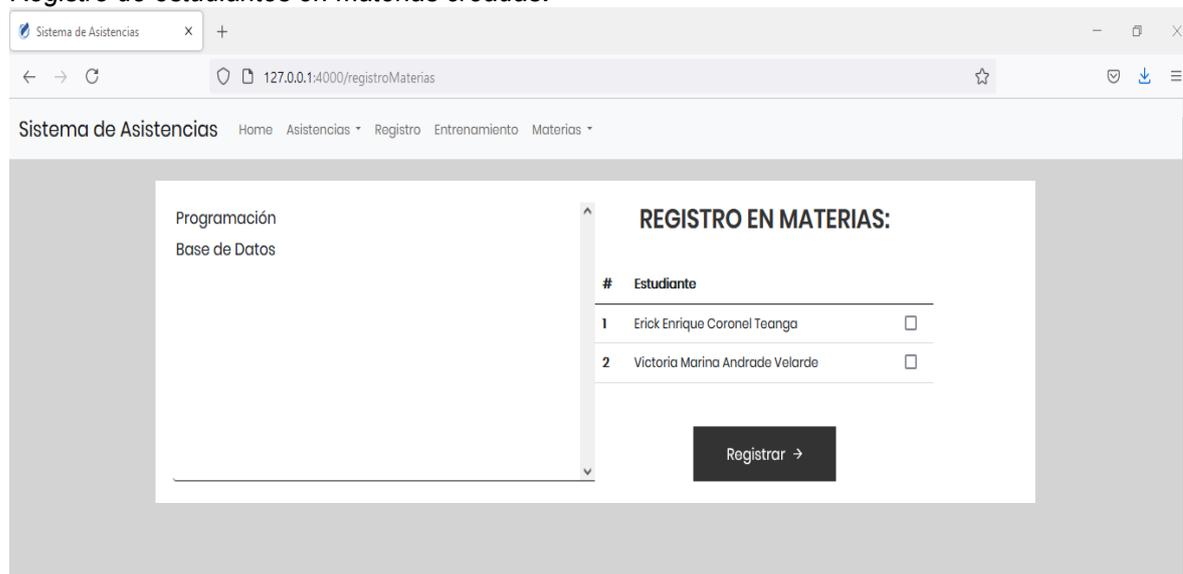
**Figura 10.**  
*Visualización de materias registradas.*



## 2. Registro de estudiantes

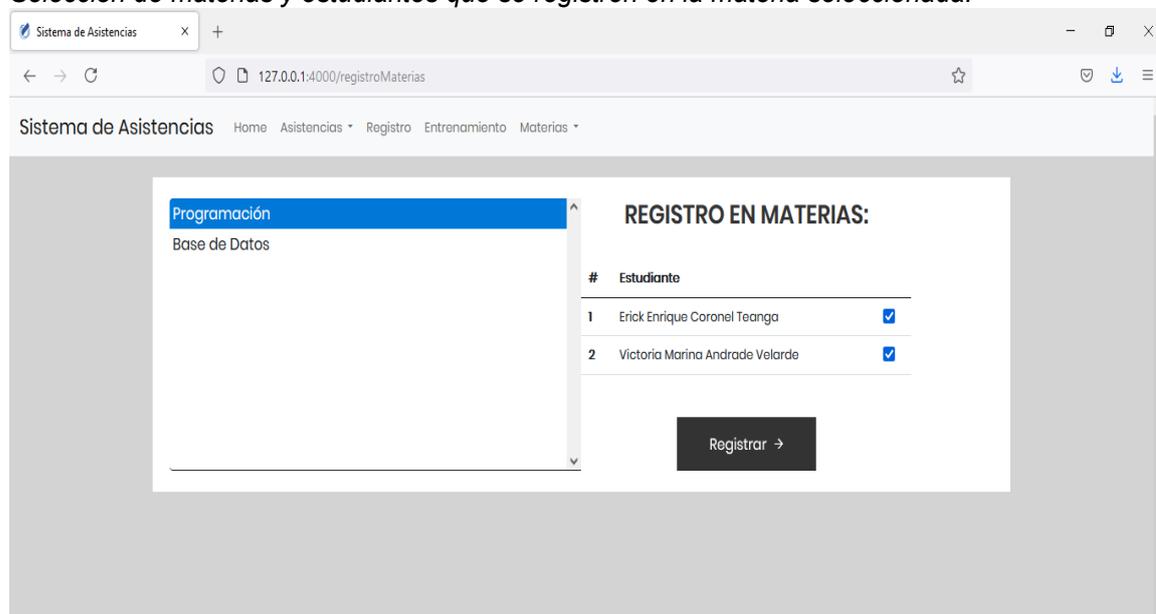
2.1 Se deben registrar a los estudiantes en las materias dando clic en “Registro de Estudiantes”.

**Figura 11.**  
*Registro de estudiantes en materias creadas.*



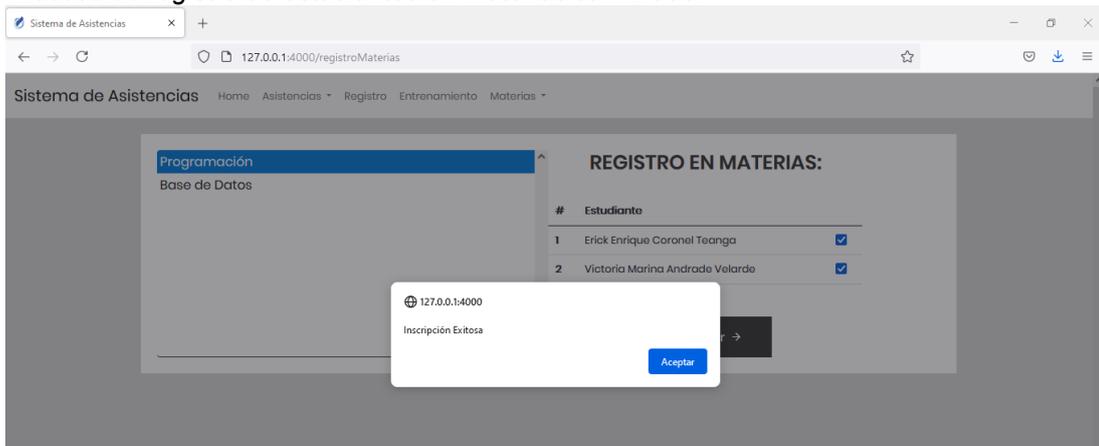
2.2 Se debe seleccionar del lado izquierdo la materia a la que se inscribirán los estudiantes y del lado derecho a todos los estudiantes que pertenecen a la materia antes seleccionada.

**Figura 12.**  
*Selección de materias y estudiantes que se registren en la materia seleccionada.*



2.3 Dar clic en registrar

**Figura 13.**  
*Proceso de registro de estudiantes en materias culminado.*



## Entrenamiento

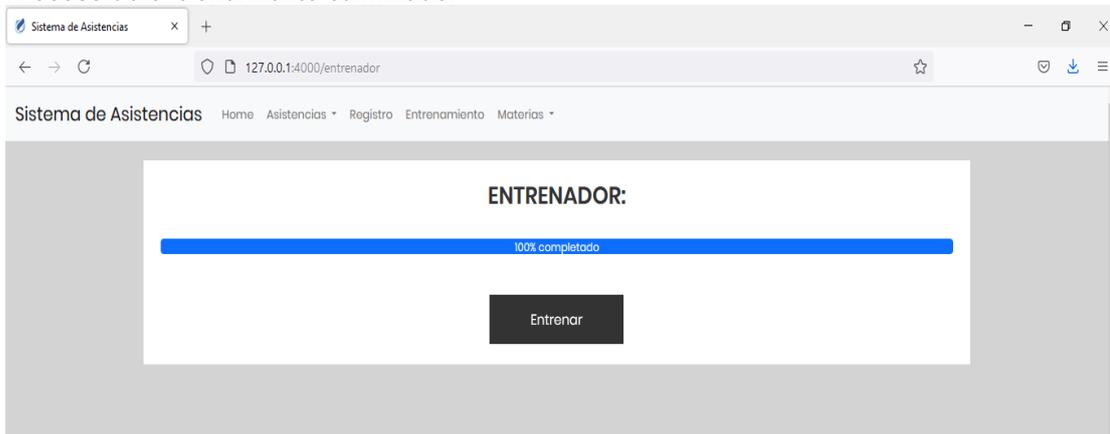
En este módulo se ejecuta el proceso de entrenamiento con todos los estudiantes registrados en donde se crea un archivo que ayudará en el proceso de identificación facial.

**Figura 14.**  
*Módulo de entrenamiento.*



1. Dar clic en el botón "Entrenar" y esperar a que termine el proceso

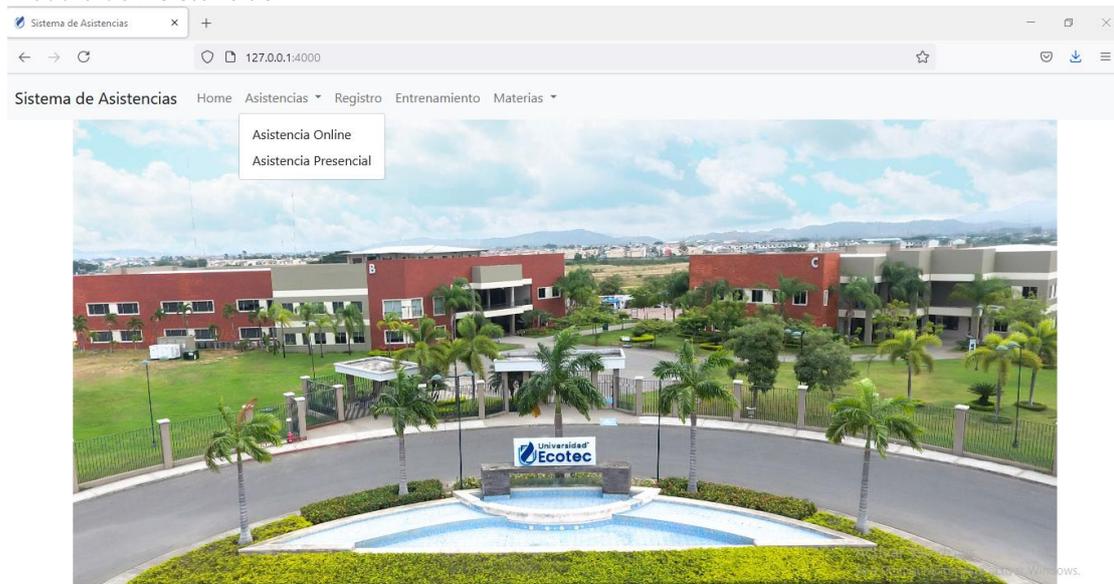
**Figura 15.**  
*Proceso de entrenamiento culminado.*



## Asistencias

En este módulo se presentan las opciones de: a) Asistencia Online, b) Asistencia Presencial. Según sea el caso se debe escoger el tipo de asistencia que se desea realizar.

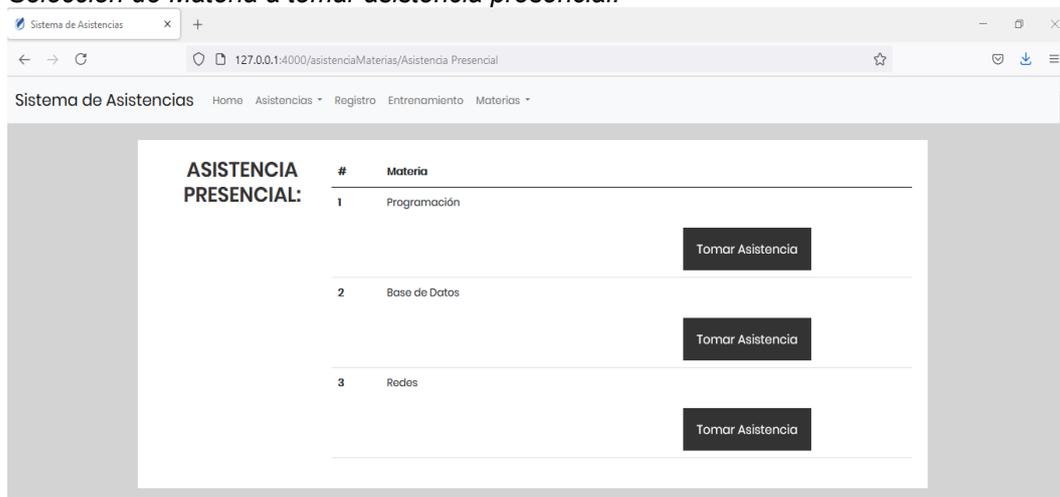
**Figura 16.**  
*Módulo de Asistencias.*



### a) Asistencia Presencial

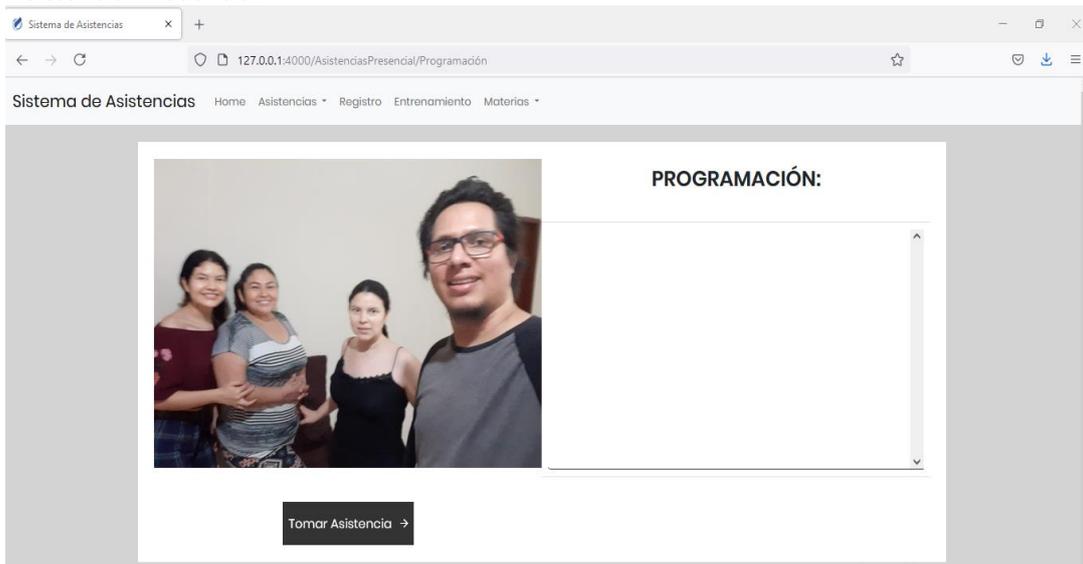
1. Se debe seleccionar la Materia a la cual se va a tomar la asistencia dando clic en el botón "Tomar Asistencia".

**Figura 17.**  
*Selección de Materia a tomar asistencia presencial.*



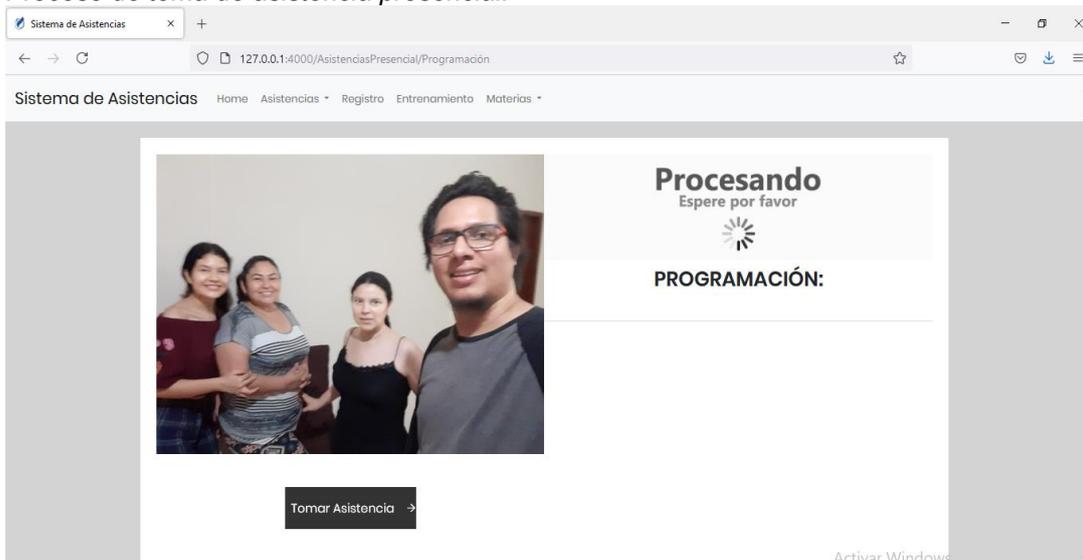
2. Una vez seleccionada la materia se encenderá la cámara para realizar el proceso de toma de asistencia.

**Figura 18.**  
*Asistencia Presencial.*



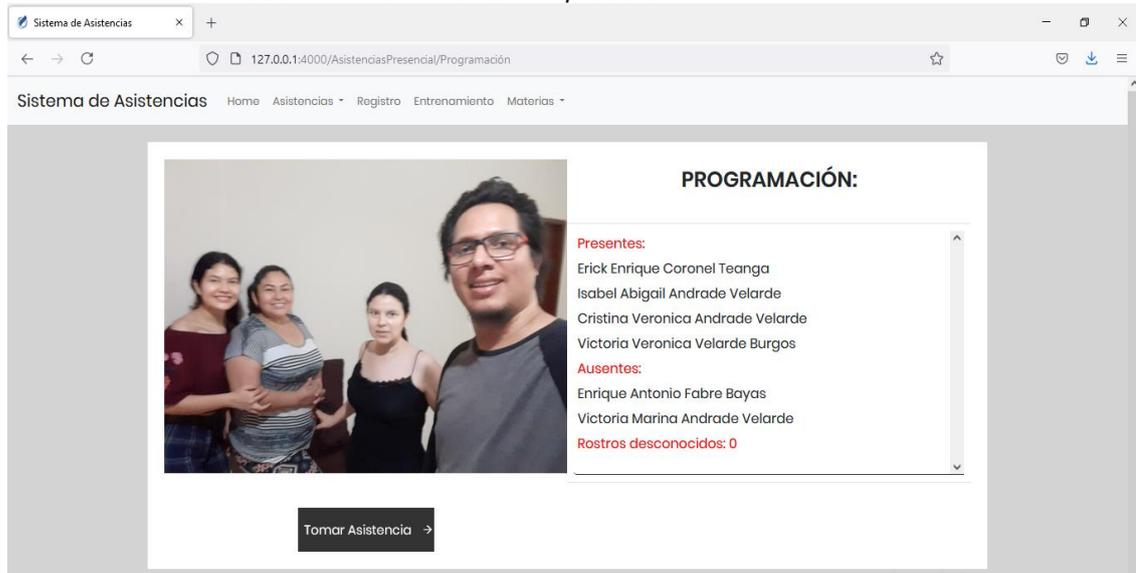
3. Dar clic en el botón “Tomar Asistencia”.

**Figura 19.**  
*Proceso de toma de asistencia presencial.*



4. En la parte derecha de la pantalla aparecerá la lista de estudiantes que asistieron a la clase, los ausentes y si existe algún rostro desconocido.

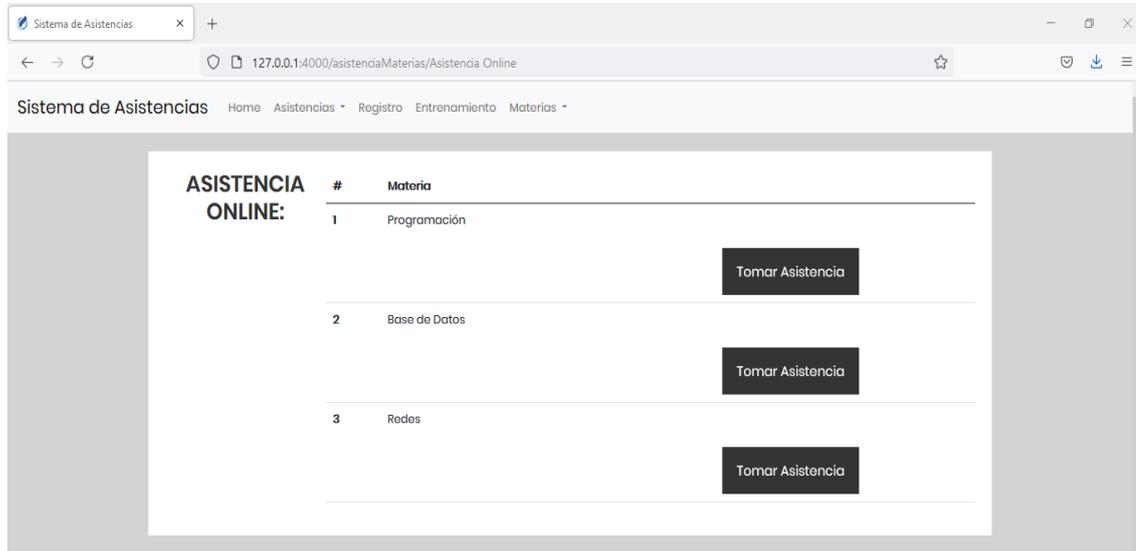
**Figura 20.**  
*Resultados del Proceso de toma de asistencia presencial.*



## b) Asistencia Online

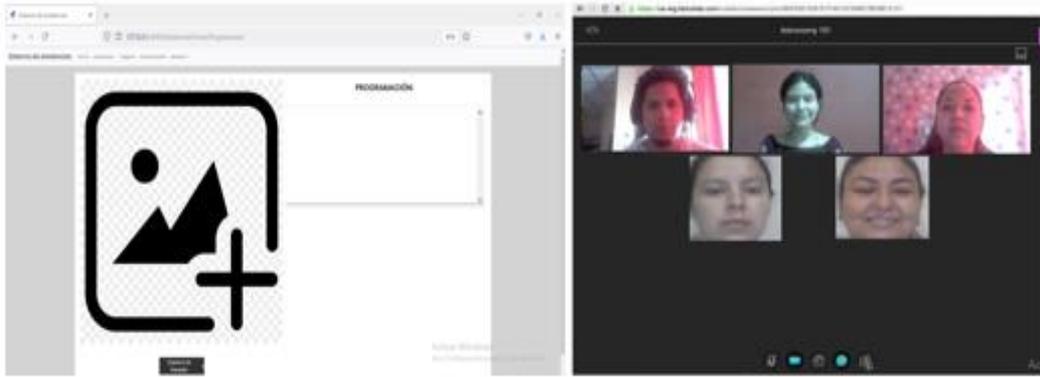
1. Se debe seleccionar la Materia a la cual se va a registrar la asistencia dando clic en el botón "Tomar Asistencia".

**Figura 21.**  
*Selección de Materia a tomar asistencia online.*



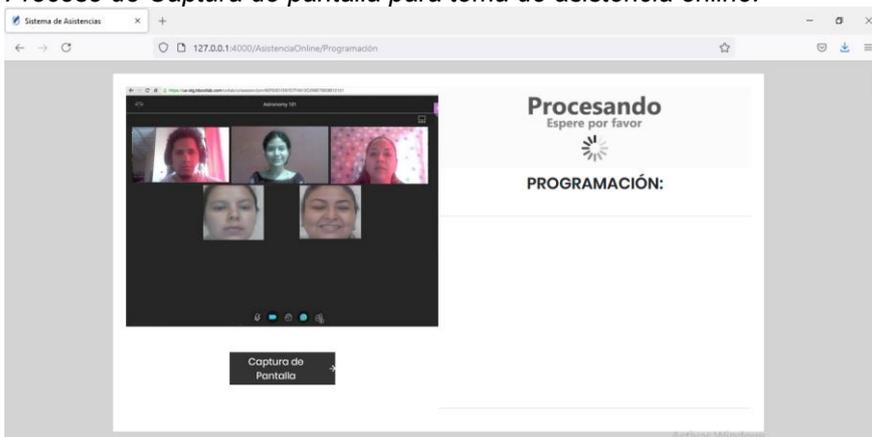
2. Una vez seleccionada la materia dar clic en el botón "Captura de Pantalla" en donde se debe seleccionar la ventana a la cual se le realizará la captura de pantalla para subir y llevar a cabo el proceso de registro de asistencia.

**Figura 22.**  
*Proceso de Captura de pantalla para toma de asistencia online.*



3. Una vez realizada la captura se cargará la imagen y empezará el proceso de registro de asistencia.

**Figura 23.**  
*Proceso de Captura de pantalla para toma de asistencia online.*



4. En la parte derecha de la pantalla aparecerá la lista de estudiantes que asistieron a la clase, los ausentes y si existe algún rostro desconocido.

**Figura 24.**  
*Resultado de toma de asistencia online.*

