



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**  
**Carrera de Ingeniería en Mecatrónica**  
**Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de:**  
**Ingeniero en Mecatrónica**

**Tema:** “Diseño e implementación de un prototipo de sistema biométrico para mejorar el registro de acceso de personal utilizando reconocimiento facial en la empresa JVA Tecnología”.

**Autor:** Silva Echeverría, Josué Leonidas

**Director:** Ing. Mendoza Chipantasi, Darío José M. Sc.

Latacunga

2023



- Planteamiento del problema
- Objetivos
- Diseño y selección de componentes
- Identificación facial
- Detección de vida
- Alternativa biométrica
- Notificación por correo electrónico
- Generación de reportes
- Pruebas y resultados
- Conclusiones y recomendaciones

# Planteamiento del problema

- JVA Tecnología, al igual que otras empresas, poseen un sistema deficiente para los estándares actuales en el control de acceso del personal autorizado, se debe ingresar la hora de entrada y salida manualmente.
- Este proceso tradicional genera filas y que exista una saturación a la hora de ingreso y de salida, causando un control defectuoso, que conlleva además errores en el registro.
- Habitualmente se utilizan diversos métodos para identificar a las personas, tales como: usuario y contraseña, número de identificación personal, entre otros; los recursos utilizados por estos métodos pueden perderse, olvidarse, compartirse, manipularse o robarse, ocasionando varios problemas de suplantación de identidad.
- Lo que representa el riesgo de que la información deje de ser confidencial o que se extravíen documentos importantes. Si no se tiene un registro digital, es difícil y poco eficiente consultar la información o generar informes sobre el acceso de los empleados en cualquier momento que sea necesario.



# Objetivo general

Diseñar e implementar un prototipo de sistema biométrico para mejorar el registro de acceso de personal utilizando reconocimiento facial en la empresa JVA Tecnología.



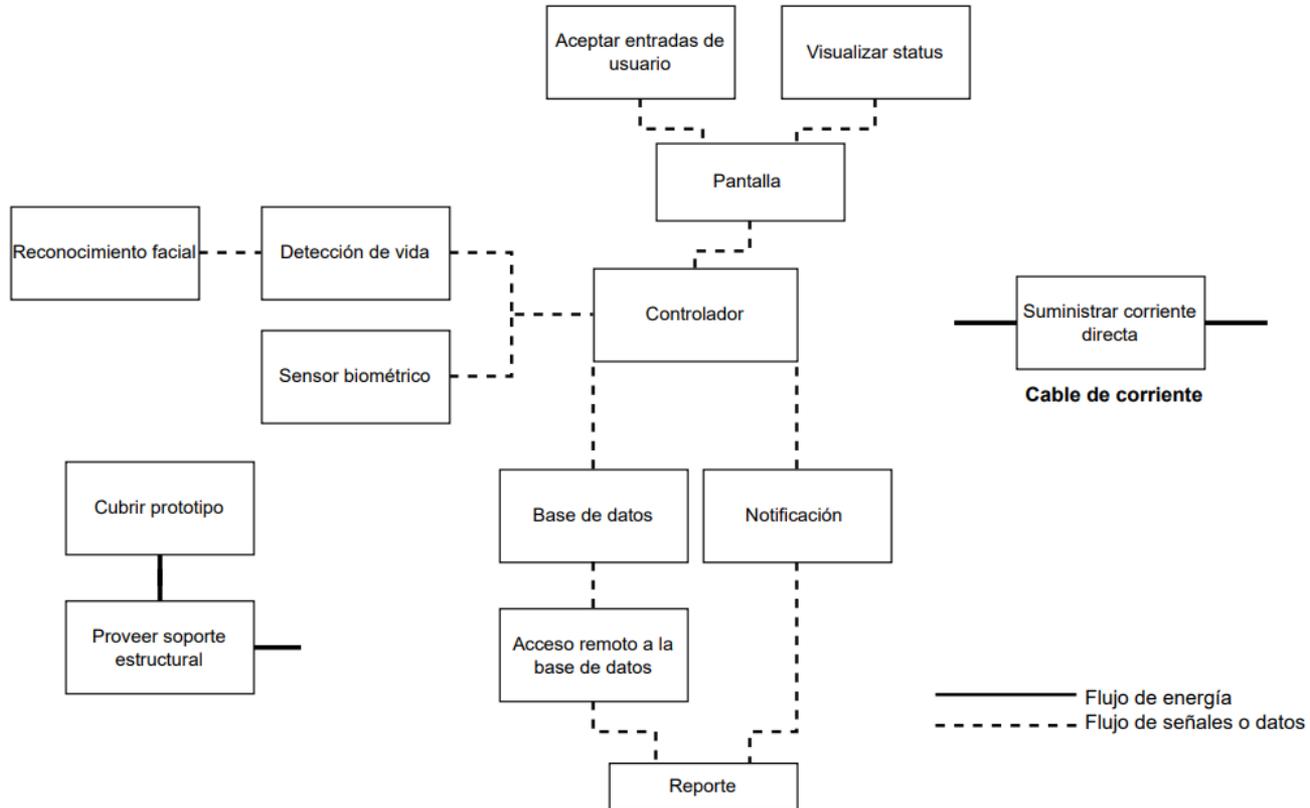
# Objetivos específicos

- Investigar el estado del arte sobre métodos de reconocimiento facial a través de la recolección de información técnica y de publicaciones.
- Diseñar la estructura mecánica que soportará el prototipo.
- Implementar los algoritmos necesarios para un correcto procesamiento de imágenes que permitan obtener los datos para el entrenamiento y reconocimiento facial.
- Desarrollar una etapa de seguridad mediante una técnica Anti-spoofing que permita dar seguridad y robustez al sistema, disminuyendo la probabilidad de detecciones erróneas.
- Crear una base de datos accesible remotamente acorde a las necesidades de la empresa JVA Tecnología.
- Elaborar una interfaz gráfica intuitiva y de fácil manejo que sea amigable con el usuario.
- Ejecutar pruebas experimentales del funcionamiento para analizar la fiabilidad y la velocidad del sistema.
- Validar la hipótesis a través de los datos obtenidos para determinar si se cumplió el objetivo, delimitar alcances y limitaciones del proyecto.

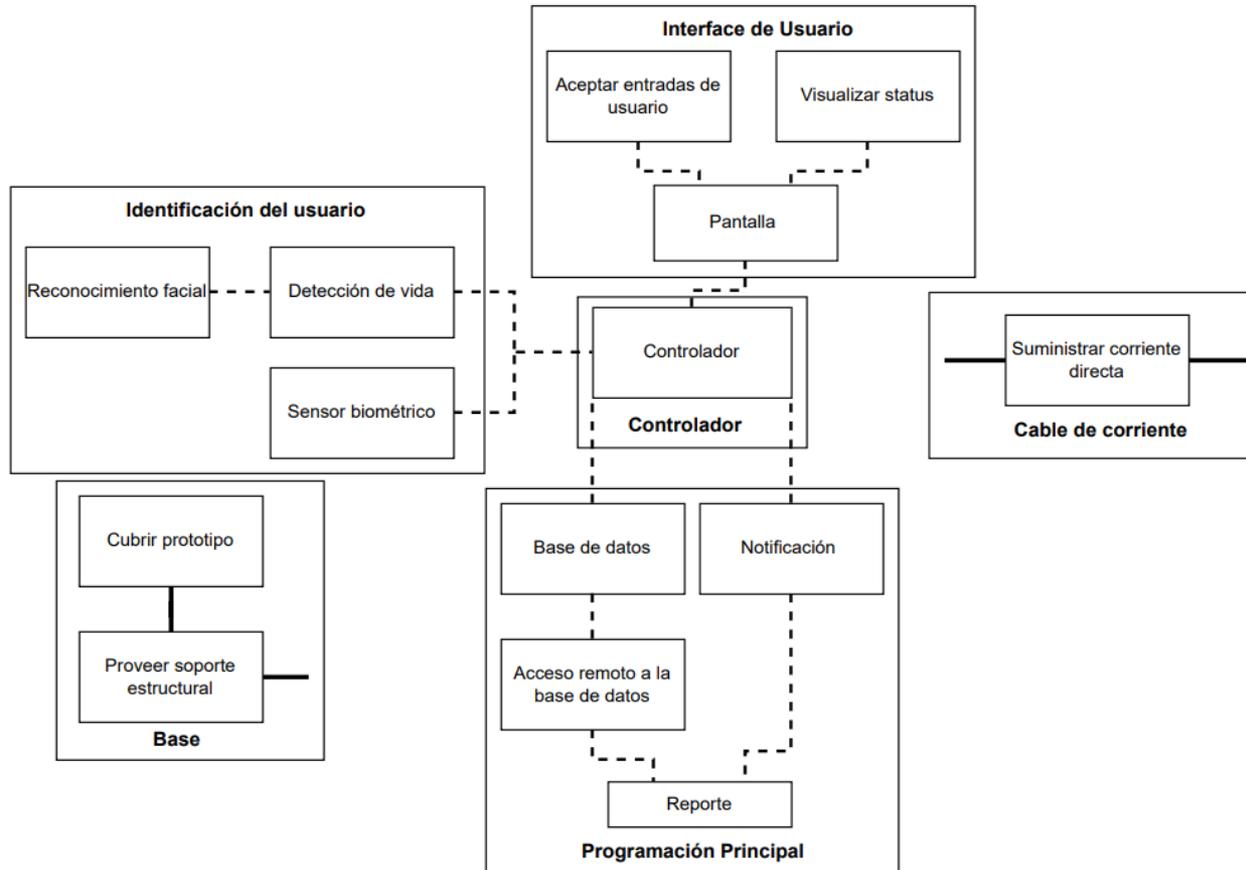


# Diseño y selección de componentes

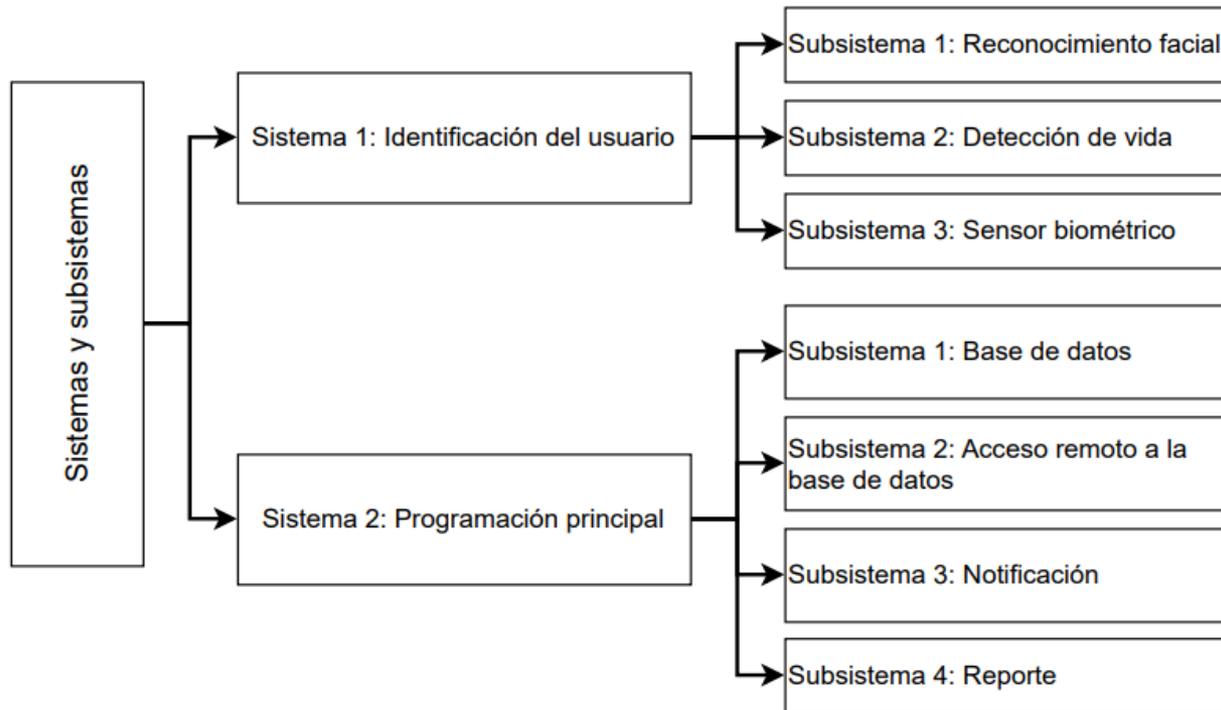
## Esquema del prototipo



## Agrupación de los elementos del esquema



## Sistemas y subsistemas del prototipo



## Selección de componentes

### Tarjeta principal



**LattePanda Delta**

Característica	Valor
Almacenamiento	32 GB
RAM	4 GB
Velocidad de procesamiento	1,1 GHz- 2,4 GHz
Puertos USB	3
CPU	Intel Celeron N4100

### Cámara



**Webcam USB Mini Computer Camera**

Característica	Valor
Resolución	1280x720p
Conexión	USB2.0
Modo de video	Color de 24 bits
Rango dinámico	72db

## Selección de componentes

### Pantalla



### Pantalla LCD táctil capacitiva de 7 pulgadas (H)

Característica	Valor
Resolución	1024x600 pixeles
SO	Windows, Linux.
Panel visualización	IPS
Ángulo de visión	170 grados
Puntos de contacto	5

### Lector de huella digital



### Lector de huella dactilar biométrico digital Fingerprint Kookye

Característica	Valor
Capacidad de almacenamiento	1000 huellas
Tasa de aceptación	<0.001%
Tiempo de búsqueda	1 seg
Voltaje de Alimentación	3,8-7

## Análisis estático

Para determinar la carga puntual se procedió a medir la fuerza en los dedos índice y pulgar.



# Persona	Media de la fuerza (gf)	
	Dedo Índice	Dedo Pulgar
Persona 1	1900	2360
Persona 2	1445,1	2387,6
Persona 3	1512,6	2457,1
Persona 4	1507,4	2257,1
Persona 5	1732,1	2446
Persona 6	1739,3	2169,2
Persona 7	1728,7	2169,7
Persona 8	1656,4	2211,5
Persona 9	1736,8	2237,6
Persona 10	1751,3	2268,7
Promedio	1670,97	2296,45

Se selecciona la fuerza mayor para realizar el análisis estático:

$$F = 2296,45 \text{ gf} = 2,296 \text{ N}$$

## Análisis de la estructura de soporte de pantalla

El valor de deflexión

máximo calculado  $Y_{max} =$

$- 7,854824 * 10^{-6}m$  es menor

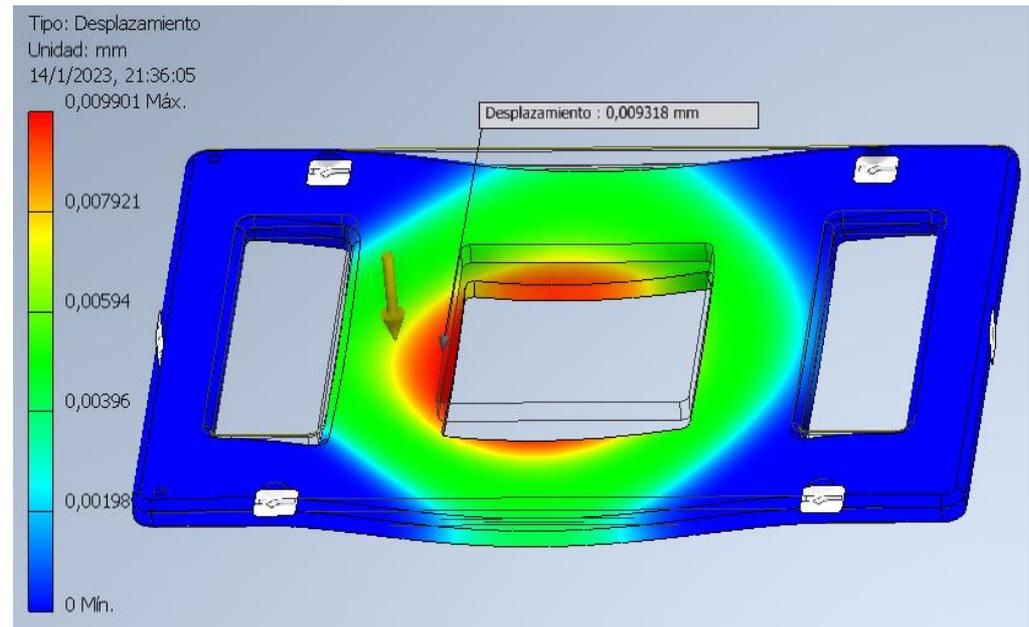
al recomendado  $Y_{max}^r =$

$2.3333 * 10^{-4}m$ . Se puede

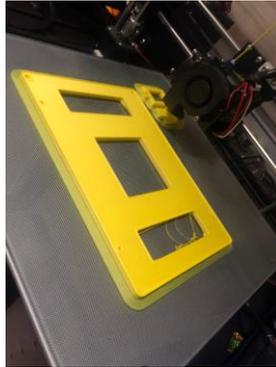
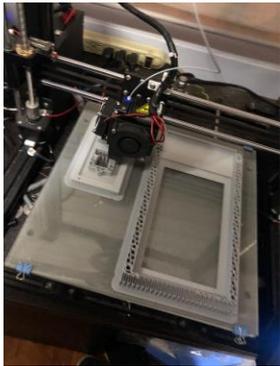
verificar que la estructura

satisface las necesidades del

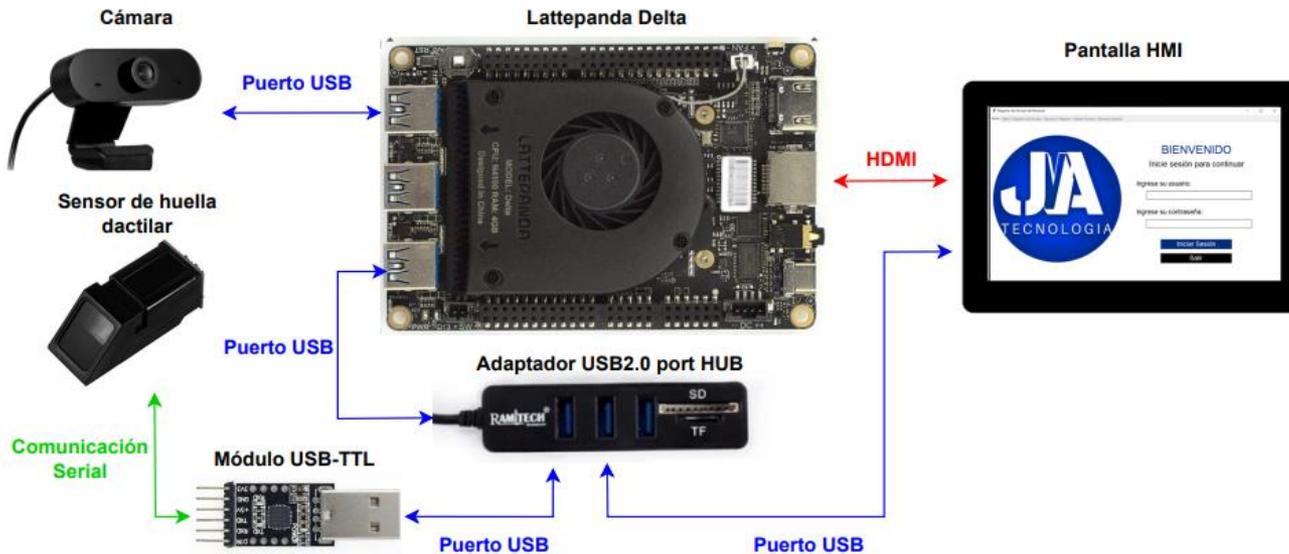
diseño.



## Construcción



Impresión 3D de los elementos de la estructura



Esquema de conexión

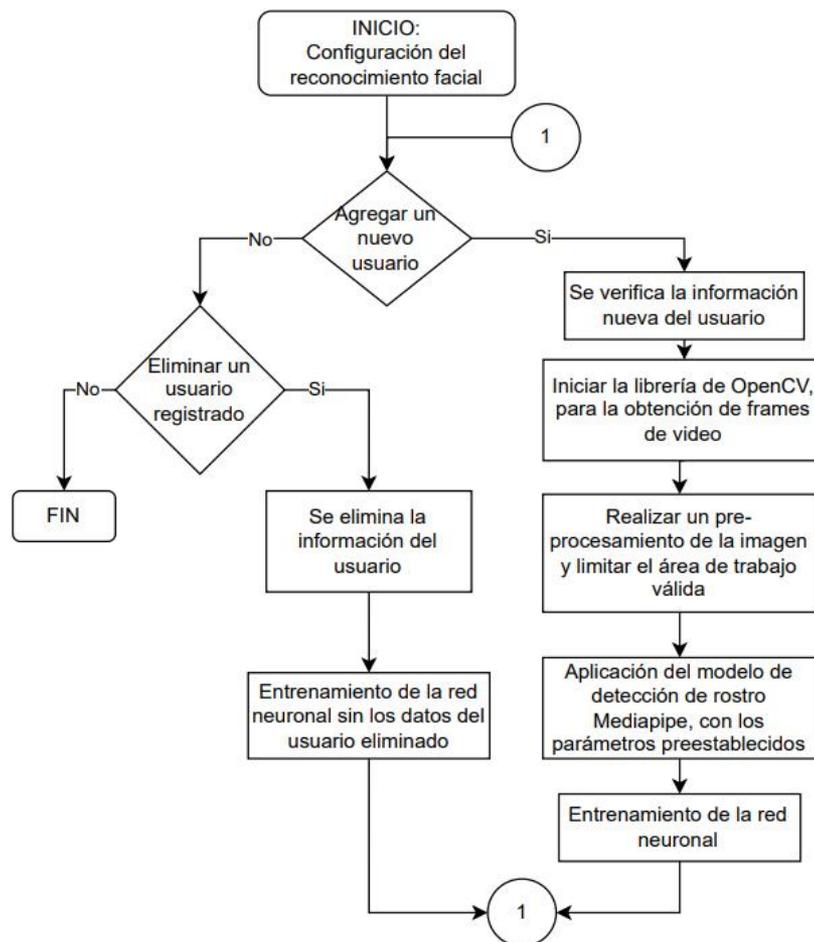


## Ensamble del prototipo



# Implementación para el reconocimiento facial

## Configuración para el reconocimiento facial

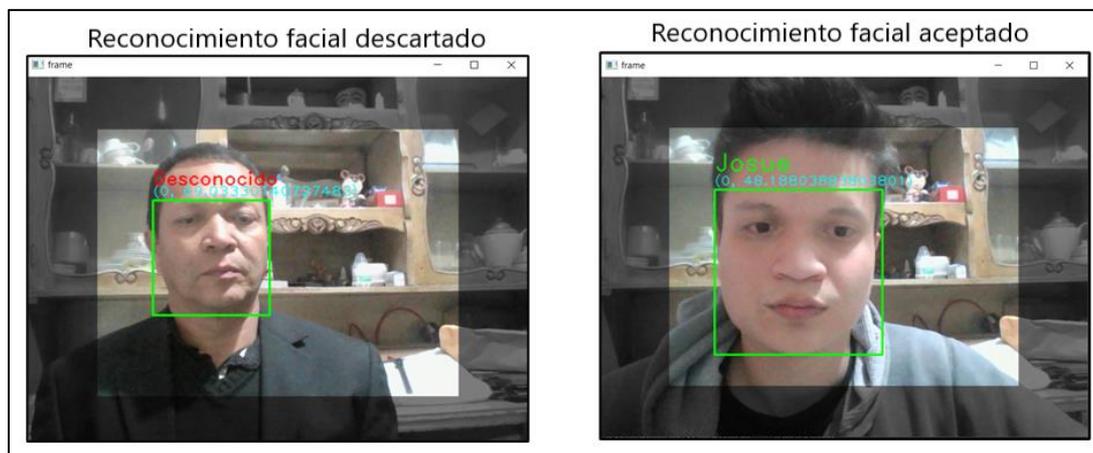




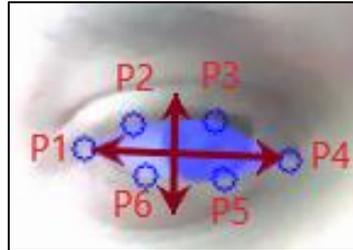
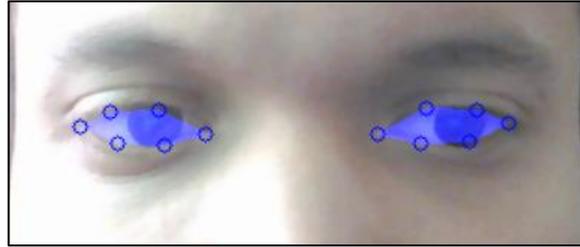
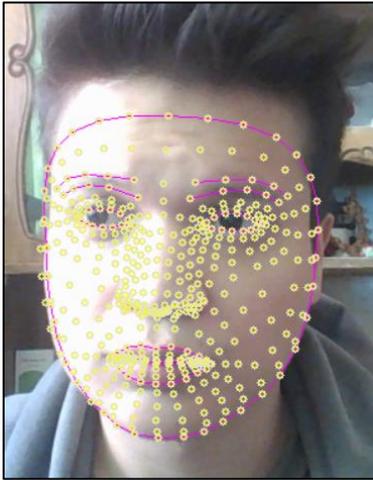
# Implementación para el reconocimiento facial

## Funcionamiento para la identificación facial

Para la fase de la identificación facial se utiliza la red neuronal previamente entrenada. Se ejecuta la detección nueva del rostro, en la cual se aplica la función 'predict' y esta devolverá una etiqueta y un valor de asociado a la imagen de entrada determinada. Este valor se le puede comparar con valor umbral para aceptar o desechar el reconocimiento



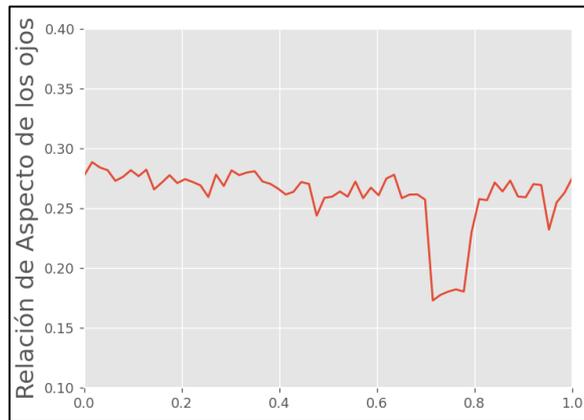
## Detección de vida



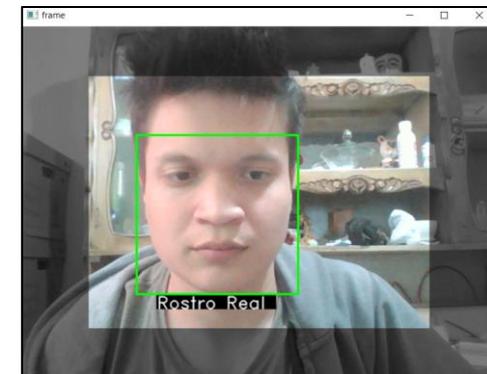
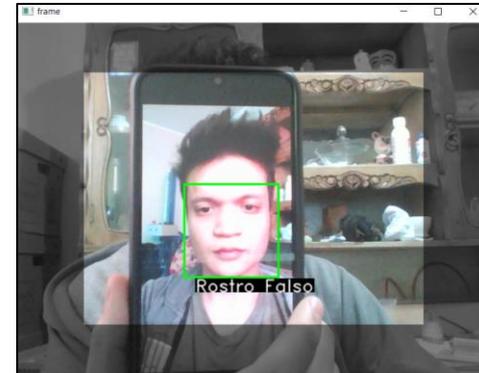
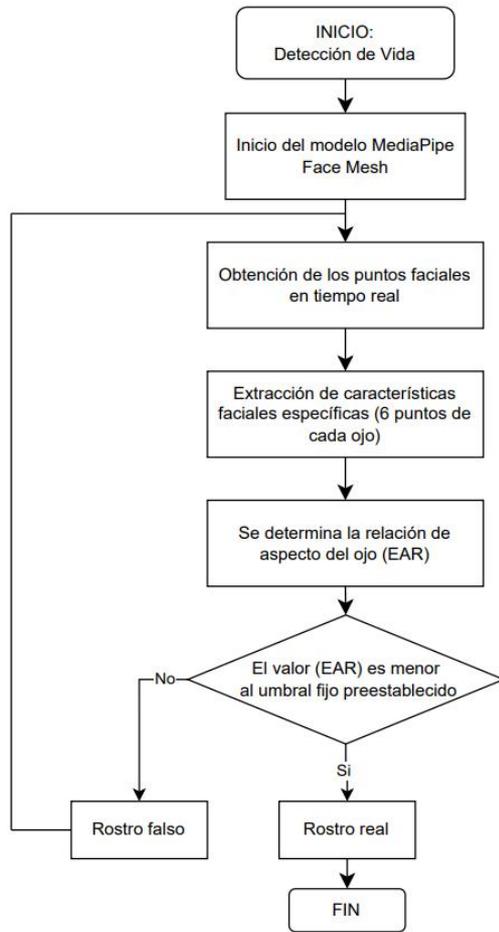
a) Obtención de la malla facial de MediaPipe

b) Aplicación de la ecuación de la relación de aspecto ocular del ojo

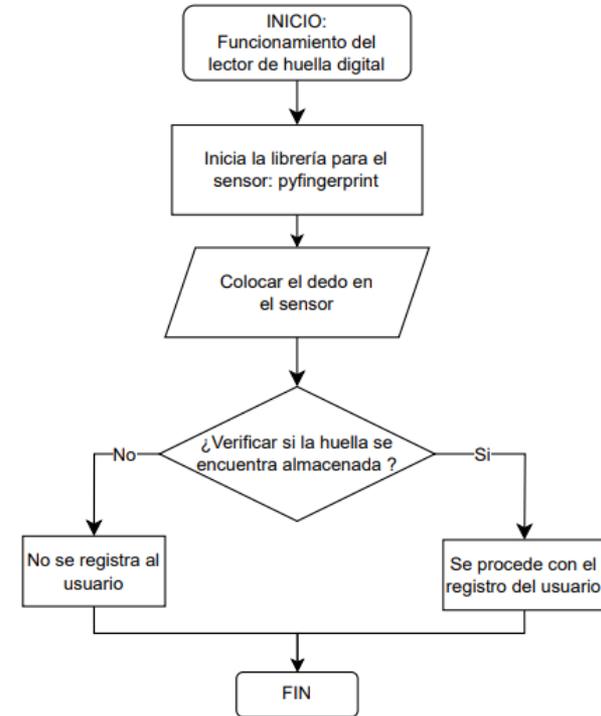
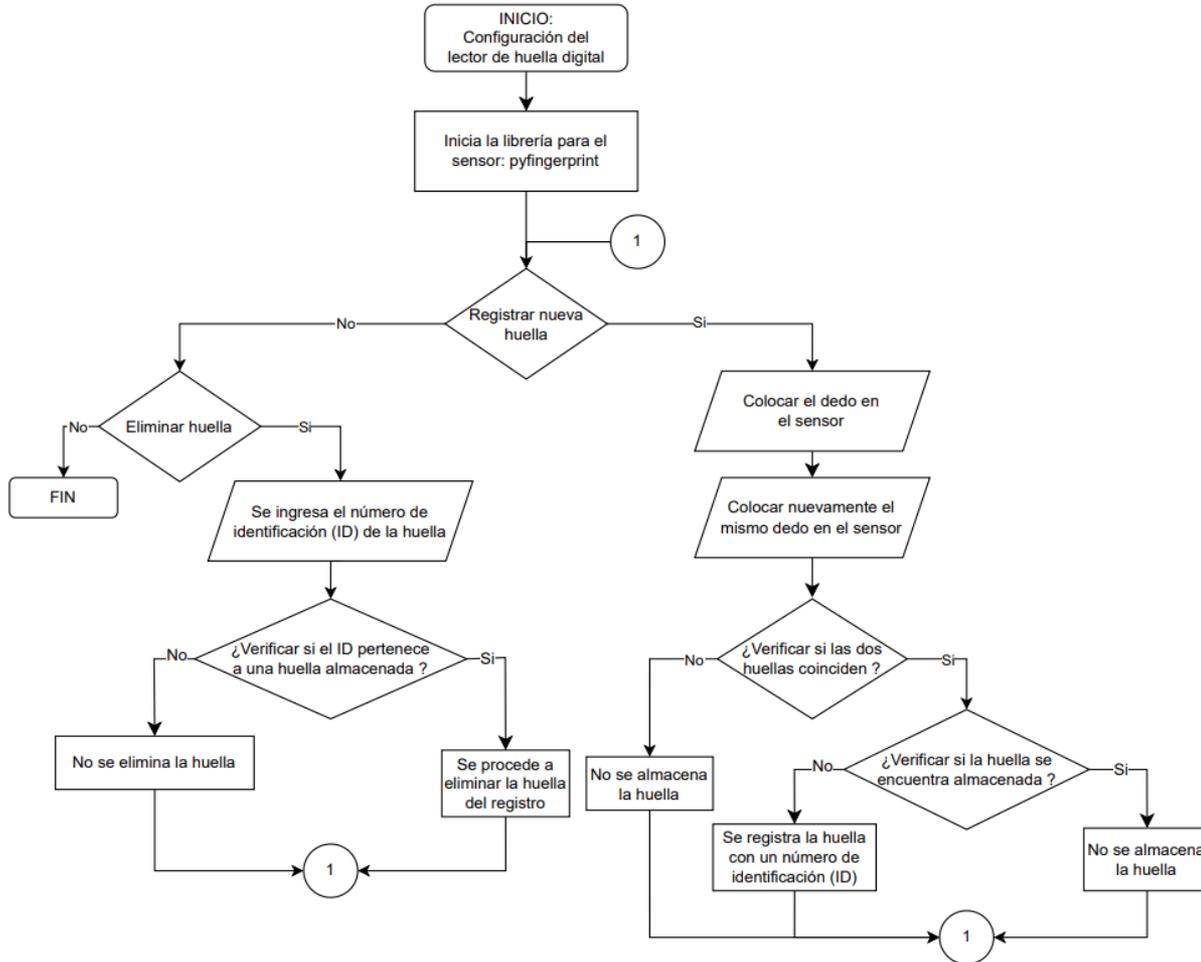
$$EAR = \frac{\|p_2 - p_6\| + \|p_3 - p_5\|}{2\|p_1 - p_4\|}$$



## Detección de vida



## Lector de huella digital



# Notificación por correo electrónico

## Notificación por correo electrónico



a) Instalación de la librería smtpplib y email.message

b) Almacenar los detalles del correo electrónico

c) Configuración del servidor de correo electrónico: Protocolo SMTP

d) Puerto SMTP 587

e) Envío del correo electrónico



## Generación de Reporte

### a) Reporte de Usuarios

	A	B	C	D	E	F	G
1		<b>JVA Sistemas</b>					
2		<b>Reporte de Usuarios</b>					
3							
4	<b>Fecha de reporte:</b>	2023-01-29					
5	<b>Hora de reporte:</b>	22:47:15					
6							
7	<b>ID</b>	<b>Apellido</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cédula</b>	<b>Celular</b>	<b>Correo</b>	<b>Huella</b>
8	19	Silva	Josue	1805352349	0956435643	jlsilva6@espe.edu.ec	1
9	22	Martinez	Marcos	1805205554	0999001718	marcos_77silva@hotmail.com	3
10	23	Solis	Frank	1805341615	0956453474	neosilva31@gmail.com	4
11	24	Jurado	Paula	1850458785	0983052558	abigailsy2003@hotmail.com	5
12	25	Cisneros	Luis	1804359550	0995303404	luis316@gmail.com	2
13	26	Mera	Andres	1850775378	0996459063	jvasistemas@hotmail.com	6



## Generación de Reporte

### b) Historial de registro

	A	B	C	D	E	F	G
1	 <b>JVA Sistemas</b>						
2	<b>Reporte de historial de registro</b>						
3							
4	<b>Fecha de reporte:</b>		2023-01-29				
5	<b>Hora de reporte:</b>		22:47:15				
6							
7	<b>ID</b>	<b>Apellido</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cédula</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Atrasos</b>
8	1	Silva	Josue	1805352349	2023-01-23	13:53:11	0
9	2	Silva	Josue	1805352349	2023-01-23	13:56:05	1
10	3	Silva	Josue	1805352349	2023-01-23	13:56:50	1
11	4	Silva	Josue	1805352349	2023-01-24	17:47:38	2
12	5	Silva	Maria	1804914685	2023-01-24	18:23:29	0
13	6	Mera	Andres	1850775378	2023-01-24	18:26:45	0
14	7	Cisneros	Luis	1804359550	2023-01-24	18:26:52	0
15	8	Cisneros	Luis	1804359550	2023-01-24	18:26:58	1
16	9	Cisneros	Luis	1804359550	2023-01-24	18:29:10	1
17	10	Mera	Andres	1850775378	2023-01-24	18:29:16	1
18	11	Mera	Andres	1850775378	2023-01-24	18:29:48	1
19	12	Cisneros	Luis	1804359550	2023-01-24	18:29:52	1
20	13	Mera	Andres	1850775378	2023-01-24	18:30:02	1
21	14	Mera	Andres	1850775378	2023-01-24	18:30:06	1
22	15	Mera	Andres	1850775378	2023-01-24	18:30:36	1



## Generación de Reporte

### c) Planilla de asistencia

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	 <b>JVA Sistemas</b>														
2	<b>Planilla de Asistencia</b>														
3															
4	<b>Fecha de reporte:</b>		2023-01-29												
5	<b>Hora de reporte:</b>		22:47:16												
6															
7	<b>Fecha</b>	<b>Empleado</b>			<b>Horario</b>		<b>Jornada</b>			<b>Tiempos Calculados</b>					
8		<b>Apellido</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cédula</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	<b>Entrada</b>	<b>Descanso</b>	<b>Salida</b>	<b>Asign.</b>	<b>Jornada</b>	<b>Atraso</b>	<b>Descanso</b>	<b>Salida Tem.</b>	
9	Lun 2023-01-23	Silva	Josue	1805352349	09:00:00	18:00:00	13:56:05	13:56:50	None	None	08:00:00	--	--	--	--
10	Mar 2023-01-24	Silva	Josue	1805352349	09:00:00	18:00:00	17:47:38	18:37:07	18:39:31	18:39:58	08:00:00	00:49:56	08:47:38	00:02:24	00:00:00
11	Mar 2023-01-24	Cisneros	Luis	1804359550	09:00:00	18:00:00	18:26:58	18:29:10	18:29:52	18:47:24	08:00:00	00:19:44	9:26:58	00:00:42	00:00:00
12	Mar 2023-01-24	Mera	Andres	1850775378	09:00:00	18:00:00	18:29:16	18:29:48	18:30:02	18:30:06	08:00:00	00:00:36	9:29:16	00:00:14	00:00:00
13	Mar 2023-01-24	Carrera	Pedro	1801199215	09:00:00	18:00:00	18:46:21	None	None	None	08:00:00	--	--	--	--
14	Mar 2023-01-24	Freire	Josue	1804964920	09:00:00	18:00:00	18:50:55	18:52:32	18:57:35	18:57:42	08:00:00	00:01:44	9:50:55	00:05:03	00:00:00
15	Mar 2023-01-24	Silva	Maria	1804914685	09:00:00	18:00:00	18:54:31	18:54:46	18:55:04	18:55:32	08:00:00	00:00:43	9:54:31	00:00:18	00:00:00
16	Mie 2023-01-25	Silva	Josue	1805352349	09:00:00	18:00:00	13:18:47	13:23:27	13:24:19	13:30:06	08:00:00	00:10:27	04:18:47	00:00:52	04:31:54
17	Mie 2023-01-25	Martinez	Marcos	1805205554	09:00:00	18:00:00	20:07:25	20:38:58	None	None	08:00:00	--	--	--	--
18	Mie 2023-01-25	Cisneros	Luis	1804359550	09:00:00	18:00:00	20:16:54	None	None	None	08:00:00	--	--	--	--
19	Mie 2023-01-25	Silva	Maria	1804914685	09:00:00	18:00:00	20:17:48	20:29:13	None	None	08:00:00	--	--	--	--
20	Jue 2023-01-26	Silva	Josue	1805352349	09:00:00	18:00:00	11:42:40	11:44:25	11:46:13	11:50:48	08:00:00	00:06:20	02:42:40	00:01:48	06:11:12
21	Jue 2023-01-26	Silva	Maria	18049685	09:00:00	18:00:00	13:47:01	None	None	None	08:00:00	--	--	--	--
22	Jue 2023-01-26	Martinez	Marcos	1805205554	09:00:00	18:00:00	19:59:53	20:10:38	20:11:39	20:50:07	08:00:00	00:49:13	10:59:53	00:01:01	00:00:00
23	Jue 2023-01-26	Solis	Frank	1805341615	09:00:00	18:00:00	20:36:03	None	None	None	08:00:00	--	--	--	--
24	Sab 2023-01-28	Silva	Josue	1805352349	09:00:00	18:00:00	8:21:31	8:22:02	8:34:08	11:30:26	08:00:00	02:56:49	00:00:00	00:12:06	06:31:34
25	Sab 2023-01-28	Mera	Andres	1850775378	09:00:00	18:00:00	11:31:35	13:34:53	13:57:09	None	08:00:00	--	--	00:22:16	--
26	Sab 2023-01-28	Cisneros	Luis	1804359550	09:00:00	18:00:00	13:35:17	13:55:50	13:56:52	None	08:00:00	--	--	00:01:02	--



**Diseño de la interfaz de usuario**



# Diseño de la interfaz de usuario

Registro de Acceso de Personal

Inicio | Menú | Registro de Acceso | Usuarios | Registro | Añadir Usuario | Eliminar Usuario

Menú Principal

JA

Menú

Registrarse

Usuarios

Registro

Añadir Usuario

Eliminar Usuario

Generar Reporte

Atrás

23:50:11

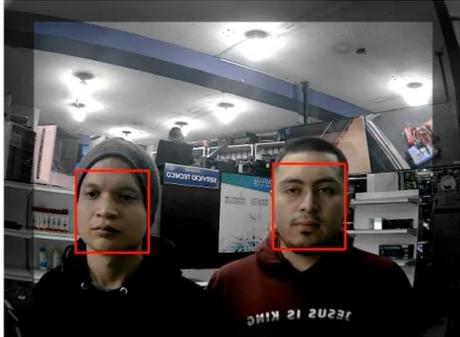
01-07-2022

Registro de Acceso de Personal

Inicio | Menú | Registro de Acceso | Usuarios | Registro | Añadir Usuario | Eliminar Usuario

Registro de Usuario

JA



14:17:08

04-02-2023

Usuario 1:  
Silva Josue

Usuario 2:  
Mera Andres

Usuario 3:

Usuario 4:

Atrás

Registro Manual

Registro de Acceso de Personal

Inicio | Menú | Registro de Acceso | Usuarios | Registro | Añadir Usuario | Eliminar Usuario

Historial de usuarios

JA

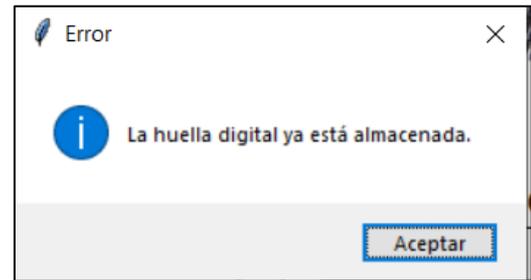
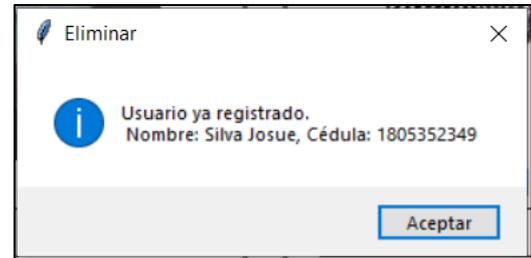
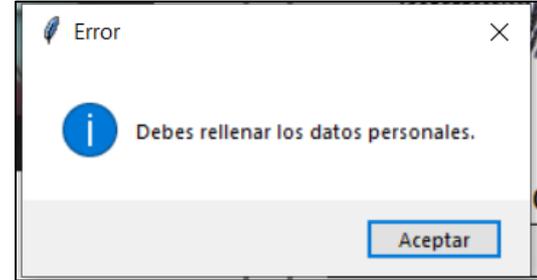
Tabla de registro de historial

ID	Apellido	Nombre	Cedula	Fecha	Hora	Atrasos
40	Freire	Josue	1804964920	2023-01-24	18:58:02	1
41	Silva	Maria	1804914685	2023-01-24	18:59:04	1
42	Silva	Maria	1804914685	2023-01-24	18:59:18	1
43	Silva	Maria	1804914685	2023-01-24	18:59:38	1
44	Silva	Maria	1804914685	2023-01-24	18:59:48	1
45	Silva	Josue	1805352349	2023-01-24	19:00:33	2
46	Cisneros	Luis	1804359550	2023-01-24	19:01:49	1
47	Cisneros	Luis	1804359550	2023-01-24	19:02:09	1
48	Mera	Andres	1850775378	2023-01-24	19:03:15	1
49	Mera	Andres	1850775378	2023-01-24	19:03:34	1
50	Silva	Josue	1805352349	2023-01-24	19:03:55	2
51	Freire	Josue	1804964920	2023-01-24	19:06:30	1
52	Cisneros	Luis	1804359550	2023-01-24	19:06:56	1
53	Freire	Josue	1804964920	2023-01-24	19:07:10	1
54	Cisneros	Luis	1804359550	2023-01-24	19:07:25	1

Atrás



Diseño de la interfaz de usuario



# Diseño de la interfaz de usuario

Registro de Acceso de Personal

Inicio | Menú | Registro de Acceso | Usuarios | Registro | Añadir Usuario | Eliminar Usuario

Eliminar Usuario

Seleccione a un usuario

ID	Apellido	Nombre	Cédula	Celular	Correo	Huella Digital
1	Silva	Josue	1805352349	0987654321	jlsilva@espe.edu.ec	1
6	Mera	Andres	1850775378	0996459063	jvasistemas@hotmail.com	2
7	Freire	Josue	1804964920	0960895922	jotzue.phreire@gmail.com	3
8	Cisneros	Luis	1804359550	0995303404	luiscis316@gmail.com	4
9	Carrera	Pedro	1801199215	0995629511	pedrocarrera1965@gmail.c	5
10	Silva	Maria	1804914685	0960963702	tori_may1997@outlook.cor	6
15	Martinez	Marcos	1805205554	0999001718	marcos_77silva@hotmail.c	7
17	Jurado	Paula	1850458785	0983052558	abigaily2003@hotmail.cor	9
18	Soliz	Frank	1805341615	0956453234	neosilva31@gmail.com	8

Atrás Eliminar

Eliminar

Debes seleccionar un elemento.

Aceptar

Eliminar

¿Desea eliminar el registro seleccionado?  
Nombre: Silva Josue, Cédula: 1805352349

Sí No

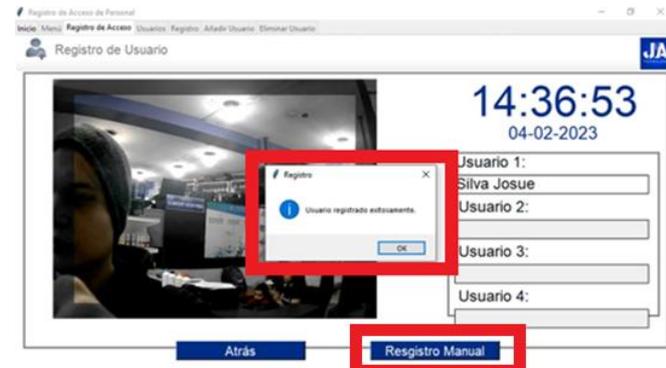
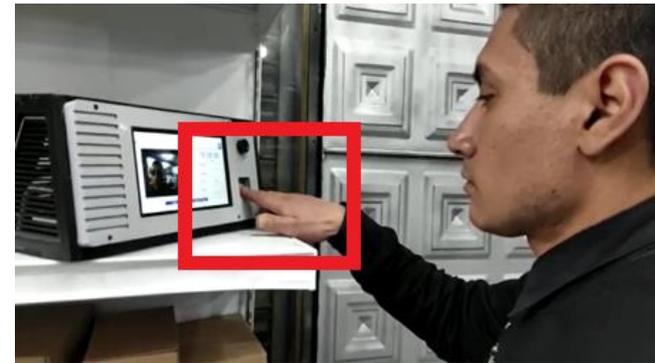
Generar Reporte

Se generó el reporte con éxito.

Aceptar



## Registro facial y registro dactilar



## Pruebas de funcionamiento

Escenario / Parámetros	Tiempo (s)	Tiempo por rostro (s)	Asertividad Rostro 1 Conocido (%)	Asertivida d Rostro 2 Conocido (%)	Asertivida d Rostro 3 Conocido (%)	Foto no identifica (%)	Desconocido no identifica (%)
Primer Escenario	5,32	5,32	0,9	-	-	-	-
Segundo Escenario	6,53	3,27	0,8	0,8	-	-	-
Tercer Escenario	6,43	3,22	0,8	-	-	1	-
Cuarto Escenario	6,19	3,10	0,9	-	-	-	0,85
Quinto Escenario	10,69	3,56	0,75	0,8	0,7	-	-
Sexto Escenario	10,36	3,45	0,8	0,75	-	0,85	-
Séptimo Escenario	6,39	3,19	1	0,8	-	-	-
Octavo Escenario	10,98	3,66	0,8	0,8	0,8	-	-



## Validación

El método T-Student requiere la definición de la hipótesis alternativa y nula, por lo tanto, las hipótesis para la validación del presente proyecto son:

**Hipótesis Nula (Ho)** = El diseño e implementación de un sistema biométrico no mejora la eficiencia en los registros.

**Hipótesis Alternativa (Hi)** = El diseño e implementación de un sistema biométrico mejora la eficiencia en los registros.

Sabiendo que:

$\alpha$  = Nivel de significancia

$n$  = Número de datos.

$S_d$  = Desviación estándar muestral.

$t$  = Estadístico t.

$gl$  = Grados de libertad.

$\bar{d}$  = Promedio de las diferencias



## Validación

#	Tiempo Antes (Manual)	Tiempos Después (Automático)
1	42	23,36
2	43	8,52
3	52	8,82
4	42	7
5	53	5,18
6	46	7,08
7	45	6,78
8	45	10,52
9	47	13,78
10	40	12,16
11	52	8,4
12	47	7,78
13	49	9,04
14	50	8,2
15	42	8,4
16	43	7
17	46	7,3
18	42	8,2
19	47	5,96
20	45	7,12
21	49	8,44
22	49	20,08
23	43	7,96
24	52	7,3
25	55	5,18

$S_d$  = Desviación estándar muestral.

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(d_i - \bar{d})^2}{n - 1}} = 6,56$$

$t$  = Estadístico t.

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d / \sqrt{n}} = \frac{37,45}{\frac{6,56}{\sqrt{25}}} = 28,50$$

$gl$  = Grados de libertad.

$$gl = (n - 1) = 24$$

Se trabajó con un nivel de significancia de 10% equivalente a 0.1

$$t_{(1 - \alpha)(n - 1)} = 1,31$$

$$t > t_{(1 - \alpha)(n - 1)} \quad \text{o} \quad 28,50 > 1,31$$



## Validación

	Tiempos Después (Automático)	Tiempo Antes (Manual)
Media	9,1824	46,64
Varianza	18,03301067	16,82333333
Observaciones	25	25
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,238212067	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-28,5099304	
P(T<=t) una cola	1,46849E-25	
Valor crítico de t (una cola)	1,317835934	
P(T<=t) dos colas	2,93697E-25	
Valor crítico de t (dos colas)	1,71088208	

Se anula la hipótesis nula, de esta manera se valida la hipótesis alternativa, demostrando así que el trabajo realizado si permite cumplir con el objetivo planteado.



## Conclusiones

- El método utilizado para el reconocimiento facial fue Local Binary Pattern Histograms (LBPH). Es un método de extracción de características de imágenes que se basa en la distribución local de patrones binarios en una imagen facial. Este método ha demostrado tener una alta precisión para el reconocimiento de patrones faciales como: nariz, boca, ojos y aspectos relevantes o característicos del rostro..
- El diseño de la estructura mecánica del prototipo de sistema biométrico se realizó con el análisis estático de la estructura de soporte de pantalla, el cual dio resultados favorables en el análisis de deformación en el soporte de pantalla. El valor deflexión máximo calculado fue de  $-7,854824 \cdot 10^{-6}$  m menor al recomendado  $2.3333 \cdot 10^{-4}$  m. Se puede verificar que la estructura satisface las necesidades del diseño.
- Se investigó los parámetros de diseño a partir de las limitaciones físicas de personas con tetraplejía y como la robótica asistencial en combinación de equipos mecatrónicos puede subsanar las dificultades motrices para mejorar la calidad de vida física y emocional de las personas con discapacidad.



# Conclusiones y recomendaciones

- La técnica Anti-spoofing que se seleccionó fue la detección de parpadeo ocular en tiempo real, la cual requiere que el usuario realice el movimiento de pestañar frente a la cámara para evitar la suplantación de identidad, autenticar y verificar al usuario en cuestión de segundos; mediante la base de datos MediaPipe Face Mesh que analiza 468 puntos de referencia faciales en 3D.
- La interfaz gráfica del usuario fue elaborada con tkinter un toolkit de Python, dicha interfaz es de fácil manejo y amigable debido a que el usuario posee varias opciones en su menú principal como: registrarse, usuarios, registro, añadir o eliminar usuario y generar reportes. Además, la interfaz puede desplegar ventanas que indican si el registro fue correcto o no. En la etapa de registro el sistema es capaz de enviar un correo electrónico al usuario si existe un retraso en la hora de ingreso, lo cual presenta grandes ventajas para que la persona realice sus registros laborales de forma idónea. La opción de “Generar Reportes” del menú en la interfaz gráfica, puede crear planillas de asistencias, reportes de historial de registro y reportes de usuarios en formato de salida .xlsx o también conocido como Excel, lo que permite mayor eficiencia y eficacia durante el control de registros dentro de la empresa.



# Conclusiones y recomendaciones

- Las pruebas realizadas con el sistema implementado muestran que la fiabilidad y la velocidad del sistema son muy buenas siempre y cuando no existan más de 2 personas en la etapa de reconocimiento. Además, las pruebas muestran que al existir más de tres rostros la asertividad del sistema baja a 70%, mientras que para dos rostros su asertividad es de 80% y para un solo rostro aumenta al 90%. Así también, se obtuvo resultados con una mejor iluminación de un 90% para dos rostros y 80% para tres rostros. Como dato adicional el prototipo tiene una asertividad mayor de 85% al momento de detectar fotografías o desconocidos en cualquier escenario.
- Para validar la hipótesis se utilizó la prueba t-Student que permite comparar el antes y un después de una muestra, permitiendo conocer si la implementación del prototipo influye en la mejora del registro del personal de la empresa JVA Tecnología. Con un nivel de significancia de 10%, se obtiene: Estadístico  $t >$  Valor crítico o también  $28,50 > 1,31$ . Este resultado acepta la hipótesis alternativa y valida que: El diseño e implementación de un sistema biométrico mejora la eficiencia en los registros.



## Recomendaciones

- Es importante recolectar información de fuentes confiables ya que proporcionan la base teórica del diseño e implementación del prototipo del sistema biométrico para mejorar el registro de acceso de personal que utiliza reconocimiento facial, para así obtener conocimiento valioso sobre visión artificial, sus componentes, biometría, lenguajes de programación y Anti-Spoofing, por lo que se recomienda seguir actualizándose sobre este tema.
- Se recomienda estudiar detalladamente los aspectos técnicos de algoritmos, lenguajes de programación, bases de datos y técnicas Anti-Spoofing, ya que esto permitirá lograr un sistema biométrico que sea eficiente con una interfaz intuitiva y accesible para el usuario
- Se sugiere que el prototipo sea usado individualmente debido a que en las pruebas realizadas con el prototipo el nivel de asertividad disminuye cuando existen más de 3 rostros a un 70%.



# Conclusiones y recomendaciones

- Para que la base de datos funcione remotamente es fundamental crear una base principal que se pueda conectar con servicio web gratuito de FreeSQLdatabase y esta pueda acceder sin ninguna dificultad a los servicios de alojamiento de base de datos MySQL. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que las librerías usadas sean compatibles con el hardware y software usado para el prototipo y la ejecución sea correcta.
- Para el uso correcto del prototipo es fundamental tomar en cuenta las condiciones del factor lumínico, debido a que es una variable importante para una correcta ejecución del sistema por lo que se recomienda una iluminación plana del rostro o aquella iluminación que no genere sombras. Además, el usuario se debe registrar sin mascarilla, sin lentes o cualquier objeto que modifique su morfología facial.



# GRACIAS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA