



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

“SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA
APOYAR AL ECU-911 CON LA IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS EN LA LISTA DE
LOS MÁS BUSCADOS”

Proyecto de Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación,
presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y
Comunicaciones.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Procesamiento digital de señales e imágenes

AUTOR: Alex Fernando Garcés Núñez

PROFESOR REVISOR: Ing. Marco Antonio Jurado Lozada

Ambato – Ecuador

Enero 2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA APOYAR AL ECU-911 CON LA IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS EN LA LISTA DE LOS MÁS BUSCADOS, del señor. Alex Fernando Garcés Núñez, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato enero, 2017

EL TUTOR

Ing. Marco Antonio Jurado Lozada

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado “SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA APOYAR AL ECU 911 CON LA IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS EN LA LISTA DE LOS MÁS BUSCADOS”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato enero, 2017

Alex Fernando Garcés Núñez

CC: 1804925053

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato enero, 2017

Alex Fernando Garcés Núñez

CC: 1804925053

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA APOYAR AL ECU-911 CON LA IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS EN LA LISTA DE LOS MÁS BUSCADOS”, presentado por el señor Alex Fernando Garcés Núñez de acuerdo al Art. 17 del reglamento de graduación para obtener el título terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. José Vicente Morales Lozada
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Santiago Manzano
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Paulina Ayala
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios por su amor y bendición con la cual me ha guiado en cada uno de los caminos de mi vida

A mi familia por su comprensión y apoyo en cada uno de los pasos que me he propuesto seguir.

Nosotros amamos a Dios porque él nos amó primero — 1 Juan 4:19

Alex Fernando Garcés Núñez

AGRADECIMIENTO

A mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera.

A la universidad Técnica de Ambato y la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial por acogerme y permitirme formar parte de esta gran familia y alcanzar mis metas.

Al Ing. Mg. Marco Jurado por ayuda en el transcurso de desarrollo de esta investigación

Al ECU 911 en especial al Ing. David Mena por abrirme las puertas y guiarme en el desarrollo de este proyecto

A mis profesores por todos sus consejos y conocimientos compartidos para mi formación profesional.

Alex Fernando Garcés Núñez

INDICE DE CONTENIDOS

Contenido Pagina

Tema	i
Aprobación del tutor	ii
Autoría	iii
Derechos de autor	iv
Aprobación de la comisión calificadora	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice de Contenido.....	viii
Resumen	xvii
Abstract.....	xviii
Glosario de Términos	xix
Introducción.....	xx

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Tema	1
1.2 Planteamiento del Problema	1
1.3 Delimitación del Problema	2
1.4 Justificación	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 General.....	4
1.5.2 Específicos.....	4

CAPITULO II
MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes Investigativos	5
2.2 Fundamentación Teórica	7
2.2.1 Biometría	7
2.2.2 Sistemas biométricos	8
2.2.3 Requerimientos de un sistema biométrico.....	8
2.2.4 Clasificación de un sistema biométrico	9
2.2.5 Parámetros de un sistema biométrico	15
2.2.6 Visión artificial	17
2.2.7 Visión humana y visión artificial.....	19
2.2.8 Componentes de un sistema de visión artificial	21
2.2.9 Imagen Digital	23
2.2.10 Algoritmos para el análisis y reconocimiento de imágenes	24
2.2.11 Aplicaciones de la visión por computador o visión artificial	26
2.2.12 Algoritmos y técnicas utilizados en la detección facial.....	29
2.2.13 Técnicas desarrolladas en base a imágenes fijas	34
2.2.14 Métodos empleados que utilizan características específicas	42
2.2.15 Software de aplicaciones de visión por computadora	44
2.2.16 Hardware para desarrollo de visión por computadora.....	49
2.3 Propuesta de solución	51

**CAPITULO III
METODOLOGIA**

3.1 Modalidad de la investigación	52
3.2 Población y muestra	52
3.3 Recolección de información	53
3.4 Procesamiento y análisis de datos	53
3.5 Desarrollo del proyecto	53

**CAPITULO IV
DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

4.1 Análisis del SIS ECU-911	55
4.1.1 Antecedentes.....	55
4.1.2 Organigrama zonal y local del SIS ECU-911.....	56
4.1.3 Situación actual del reconocimiento facial en la institución	57
4.1.4 Vulnerabilidades.....	57
4.2 Factibilidad.....	57
4.2.1 Factibilidad técnica.....	58
4.2.2 Factibilidad económica.....	58
4.2.3 Factibilidad bibliográfica.....	58
4.3 Requerimientos del sistema.....	58
4.3.1 Hardware	59
4.3.2 Software.....	63
4.4 Descripción de la propuesta.....	67
4.5 Diseño del sistema.....	67
4.5.1 Análisis de requerimientos de la empresa	69

4.5.2 Bases de datos para registro de identificación.....	69
4.5.3 Etapas necesarias para realizar el reconocimiento facial.....	70
4.6 Interfaz gráfica de usuario	76
4.6.1 Identificación y reconocimiento	77
4.6.2 Adición de persona al sistema	77
4.7 Implementación del sistema de reconocimiento.....	79
4.8 Funcionamiento	81
4.8.1 Análisis de resultados	81
4.9 Efectividad y confiabilidad del sistema.....	81
4.9.1 Resultados obtenidos durante el día	82
4.9.2 Resultados obtenidos durante la noche.....	82
4.10 Análisis económico efectuado en el proyecto	83
4.10.1 Costos de hardware.....	83
4.10.2 Costos de Software	84
4.10.3 Costo de diseño.....	85
4.10.4 Costo total del prototipo	85
4.10.5 Análisis costo-beneficio	86

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	88
Recomendaciones	89
Referencias	90
Anexos.....	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.- Clasificación de un sistema biométrico	9
Figura 2.2.- Sistema de posicionamiento global	16
Figura 2.3.- Detección de rostro	17
Figura 2.4.- Método secuencial para reconocimiento en imágenes.....	18
Figura 2.5.- Imagen del ojo humano	20
Figura 2.6.- Componentes de un sistema de visión por computadora.....	21
Figura 2.7.- Imagen digitalizada.....	23
Figura 2.8.- Clasificación de un sistema biométrico	24
Figura 2.9.- Características en una imagen celular	27
Figura 2.10.- Visión artificial en la verificación de objetos.....	27
Figura 2.11.- Reconocimiento de caracteres	28
Figura 2.12.- Estructura de ejecución del algoritmo Viola-Jones	30
Figura 2.13.- Características de pixeles del detector Haar	32
Figura 2.14.- Utilización de la técnica Haar.....	33
Figura 2.15.- Estructura de ejecución del algoritmo Viola-Jones	33
Figura 2.16.- Eigenfaces al usar análisis de componentes principales.....	35

Figura 2.17.- Transformación de matriz a vector mediante PCA.....	36
Figura 2.18.- Algoritmo Eigenfaces en una matriz de n x m pixeles	37
Figura 2.19.- Conjunto de clases mediante aplicación de técnica LDA.....	39
Figura 2.20.- Red neuronal artificial	42
Figura 2.21.- Método EBGm en rostros.....	43
Figura 2.22.- Aplicación de técnica LBP a una imagen.....	43
Figura 2.23.- Análisis de imperfecciones en la piel	44
Figura 2.24.- Interfaz de programación Visual Studio	47
Figura 2.25.- Interfaz de programación Matlab.....	48
Figura 2.26.- Interfaz de programación Python.....	49
Figura 4.1.- Organigrama dirección zonal ECU-911	56
Figura 4.2.- Organigrama dirección local ECU-911	56
Figura 4.3.- Tarjeta de procesamiento Raspberry pi	61
Figura 4.4.- Modulo GPS Ublox NEO-6M	62
Figura 4.5.- Diagrama secuencial para el reconocimiento facial	67
Figura 4.6.- Ubicación de los componentes del sistema remoto	68
Figura 4.7.- Diagrama del centro de monitoreo del ECU-911	68
Figura 4.8.- Tabla de registro de personas identificadas en SQLite.....	70
Figura 4.9.- Etapas para el desarrollo del sistema de reconocimiento facial	70
Figura 4.10.- Diagrama de flujo para detección de un rostro.....	71
Figura 4.11.- Interfaz gráfica de ubicación GPS	75
Figura 4.12.- Alerta de ubicación enviada por e-mail.....	76
Figura 4.13.- Interfaz gráfica principal del sistema.....	76
Figura 4.14.- Diagrama de flujo de identificación y reconocimiento.....	77

Figura 4.15.- Diagrama de flujo para añadir persona al sistema	78
Figura 4.16.- Diagrama de flujo envío de posición GPS.....	78
Figura 4.17.- Armazón del sistema de reconocimiento	79
Figura 4.18.- Ubicación de placas en el interior del armazón	79
Figura 4.19.- Cableado interior del sistema de reconocimiento	80
Figura 4.20.- Conexión del sistema de reconocimiento en una unidad de transporte	80
Figura 4.21.- Porcentaje de efectividad durante el día	82
Figura 4.22.- Porcentaje de efectividad durante la noche	83

INDICE DE TABLAS

Tablas 2.1.-Ventajas y desventajas del reconocimiento dactilar	10
Tablas 2.2.-Ventajas y desventajas del reconocimiento de iris	11
Tablas 2.3.-Ventajas y desventajas de la técnica de reconocimiento de la geometría de la mano	11
Tablas 2.4.-Ventajas y desventajas del reconocimiento de firma.....	12
Tablas 2.5.-Ventajas y desventajas del reconocimiento de voz.....	13
Tablas 2.6.-Ventajas y desventajas del reconocimiento facial	13
Tablas 2.7.-Comparativa entre las técnicas de biometría más utilizadas	15
Tablas 2.8.-Características del sistema de posicionamiento global.....	16
Tablas 2.9.-Características de monitoreo en tierra del GPS	17
Tablas 2.10.-Comparaciónentre visión humana y visión artificial	20
Tablas 4.1.-Comparativa de computadores más utilizados	59
Tablas 4.2.-Comparativa entre cámaras digitales más utilizadas	60
Tablas 4.3.-Comparación entre tarjetas de adquisición de datos.....	61
Tablas 4.4.-Comparación entre módulos GPS.....	62
Tablas 4.5.-Comparación entre lenguajes de programación.....	63
Tablas 4.6.-Ventajas y desventajas de los algoritmos de reconocimiento.....	64
Tablas 4.7.-Sistemas operativos para Raspberry Pi.....	65
Tablas 4.8.-Comparación entre gestores de bases de datos	66
Tablas 4.9.-Ejemplo de distribución de pixeles con 8 niveles de Grises.....	73
Tablas 4.10.-Cantidad de pixeles por nivel en referencia a un histograma	74
Tablas 4.11.-Cantidad de capturas realizadas durante el día	82

Tablas 4.12.- Cantidad de capturas realizadas durante la noche	83
Tablas 4.13.- Valores del Hardware utilizado en el sistema	83
Tablas 4.14.- Valores de hardware empleado en el sistema.....	84
Tablas 4.15.- Valores del Software utilizado en el sistema.....	84
Tablas 4.16.- Costos del diseñodel sistema de reconocimiento	85
Tablas 4.17.- Valores Totales en el desarrollo del sistema.....	85

RESUMEN

El presente proyecto de investigación propone el desarrollo de un prototipo de sistema de reconocimiento facial destinado a la identificación y reconocimiento de personas en tiempo real, llevado a cabo en la dirección zonal 3 del ECU 911, para ser aplicado a la localización de individuos buscados por la justicia que se encuentran en una lista denominada “los más buscados”, con el objetivo principal de incrementar los índices de seguridad colectiva brindando un sistema robusto que pueda ser utilizado en diversos lugares concurridos como: terminales, transporte público, etc.

El sistema posee un registro de almacenamiento en una base de datos con las personas que han sido identificadas por el sistema, el uso de una cámara conectada al sistema permite la adquisición de la imagen del rostro de las personas que pasen por el sistema, realizando un análisis de la imagen anteriormente adquirida mediante el uso de funciones y librerías para el procesamiento de imágenes, comparando las características faciales de la imagen ingresada por medio de un algoritmo de reconocimiento facial con las imágenes almacenadas en el sistema, permitiendo identificar a la persona buscada y de esta forma se envía una alerta de ubicación en tiempo real mediante el uso de coordenadas GPS tanto en latitud como en longitud, mostrándose esta información en un mapa en la interfaz de monitoreo, el mensaje de alerta enviado por el sistema se muestra en un correo manejado por el administrador del sistema.

Por medio de un análisis de las técnicas existentes utilizadas en el reconocimiento facial, se estableció la aplicación de la técnica denominada Análisis de Componentes Principales (PCA), que es utilizada por medio de funciones para el reconocimiento facial, siendo aplicada por medio de la herramienta de programación Visual Studio, como un método que transforma variables correlacionadas en otro grupo de variables no correlacionadas denominadas componentes principales, mediante un algoritmo de reducción dimensional denominado eigenfaces, creando vectores para una mejor representación de un grupo de imágenes.

Palabras Clave:GPS, Reconocimiento facial,PCA, Eigenfaces

ABSTRACT

The present project of investigation proposes the development a facial recognition system prototype destined to the recognized and identification of people in real time, it was done in the zonal direction 3 of the ECU 911, to be applied in the location of wanted individuals by the justice, which are identified in a list call “the most wanted”, with the principal objective increases the percentage of collective security providing a robust system that will be used in diferent places like as terminals, public transportation, etc.

The system has a data base with the people register that were identified by the recognize system, a camera connected to the miniPC allows the facial images adquisition who pass through the system, making a image analysis previous with the functions and libraries to do an image processing, doing a comparison between the facial characteristics in the input image and the storage image by a face recognition algorithm, allowing identify the person wanted, sending a location alert in real time through the use of GPS coordinates in latitude and longitude, showing this information on a map in the monitoring interface , the alert message is sent by the system and is shown in an e-mail administered by the recognition system manager.

Doing an analysis of the existing techniques used in facial recognition systems, it was determined the application of Principal Component Analysis (PCA), used through the facial recognition functions, it was applied with visual studio programming tools, like a method which convert correlated variables in another group of uncorrelated variables called principal components, making use of an algorithm called eigenfaces,creating vectors for a better representation of the images group.

KeyWords: GPS, Facial Recognition, PCA, Eigenfaces

GLOSARIO DE ACRONIMOS

- AVI:** Audio Video Interface – Interfaz de Audio y Video
- DB:** Data Base - Base de Datos
- EBGM:**ElasticBunchGraphMatching-Correspondencia entre Agrupaciones de Grafos Elásticos
- FER:** Equal Error Rate - Tasa de Error Igual
- FAR:** False AcceptRate - Tasa de Aceptación Falsa
- FRR:** False RejectionRate: Tasa de Rechazos Falsos
- FTE:** Failure to Enroll - Falta de Inscripción
- GBR:** Green, Blue, Red - Verde, Azul, Rojo
- GPS:** Global position System – Sistema de Posicionamiento Global
- GUI:** GraphicalUser Interface – Interface Gráfica de Usuario
- HDMI:** High DefinitionMultiMedia Interface – Interfaz Multimedia de Alta Definición
- HMM:** HiddeMarkovModel - Modelo Oculto de Markov
- ICA:**IndependentsComponentsAnalysis - Análisis de Componentes Independientes
- IDE:**IntegratedDevelopmentEnvironment – Entorno de Desarrollo Integrado
- LCD:**LiquidCrystalDisplay-Pantalla de Cristal Liquido
- LDA:**LinearsDiscriminantsAnalysis - Análisis de Discriminantes Lineales
- LBP:**LocalsBinaryPatterns - Patrones Binarios Locales
- MJPEG:** JointPhotographicExpertsGrups – Unión de Grupo de Expertos Gráficos
- OCR:**OpticalCharacterRecognition – Reconocimiento Óptico de Caracteres
- PCA:** Principal ComponentsAnalysis - Análisis de Componentes principales
- PCI:** PeripheralComponentInterconnect– Interconexión de Componentes Principales
- PPI:** Pixels per Inch – PixelesporPulgada
- PCA:**PrincipalsComponentsAnalysis - Análisis de Componentes Principales
- PHP:**Hypertext Pre Processor – Pre Procesado de Hipertexto
- RAM:**Random Access Memory - Memoria de Acceso Aleatorio
- SIS:**Integrate Security System - Sistema Integrado de Seguridad
- USB:** Universal Serial Bus - Conector Serial Universal
- VA:** Artificial Vision - Visión Artificial
- WMV:** Windows Media Video

INTRODUCCION

Con el avance de los años, el reconocimiento facial se ha categorizado como una de las aplicaciones más estudiadas en áreas como la biometría, reconocimiento de patrones y procesamiento de imágenes. El prototipo de sistema de reconocimiento facial de personas buscadas tiene como objetivo principal el incrementar los índices de seguridad y vigilancia. A nivel global se han desarrollado proyectos relacionados con sistemas de visión por computadora, para ser utilizados en diversos lugares como por ejemplo: aeropuertos, terminales terrestres, centros comerciales, etc. Permitiendo asistir en la mejora de la seguridad colectiva, brindando alertas en resultado de identificación de individuos considerados peligrosos.

El trabajo investigativo consta de 5 capítulos distribuidos de la siguiente manera:

Capítulo I, corresponde con el análisis y planteamiento del problema existente en la actualidad con el Sistema Integrado de Seguridad ECU 911, de la misma forma la justificación del porque se busca realizar un prototipo de sistema de reconocimiento facial y se plantean objetivos que servirán como base en el desarrollo del prototipo.

Capítulo II, detalla el marco teórico en el mismo se detallan los aspectos teóricos para comprender los diferentes sistemas de visión artificial existentes, realizando un detallado estudio de estas diferentes técnicas de reconocimiento facial en el cual se analiza cada una de las etapas que implica el reconocimiento facial.

Capítulo III, señala la metodología a utilizarse, se identifica el tipo de investigación, recopilación de información, identificando las actividades necesarias para desarrollar la propuesta de solución.

Capítulo IV, se indica de manera detallada el desarrollo del prototipo de sistema de reconocimiento facial para la identificación de personas consideradas peligrosas. Determinando el diagrama de bloques del sistema, la selección de componentes, programación, pruebas de funcionamiento y presupuesto.

Capítulo V, Señala las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el desarrollo del sistema.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA APOYAR AL ECU 911 CON LA IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS EN LA LISTA DE LOS MÁS BUSCADOS.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La eficiencia en el desarrollo y empleo de sistemas de visión por computadora, ha ido en incremento con el paso de los años, este es el caso de la compañía Facebook que se encuentra utilizando el algoritmo deepface, estableciendo un porcentaje de confiabilidad del 97%, siendo aplicado como algoritmo de reconocimiento facial, que permite identificar un rostro humano a partir de un conjunto de imágenes digitales. [1]

En el mundo en los últimos años los índices de seguridad y protección han descendido a nivel global, mediante un estudio realizado por el instituto Legatum realizado en el 2015, el índice califica a 142 países, divididos en 5 regiones, mediante 8 categorías: economía, seguridad, educación, Salud y capital social. Desde el año 2013, el continente americano ha presentado bajos indicadores de seguridad. [2]

Ecuador, durante el primer semestre del 2016, existió un incremento de 2.2% en la inseguridad ciudadana, de lo cual el 60% de las personas considera como principal problemática el robo o asaltos, le sigue el 16% la venta de drogas, el 12% los robos a

domicilios y un 8% la violencia contra personas. A nivel de América Ecuador se coloca se en el puesto 8 en relación a la seguridad ciudadana y 84 a nivel mundial. [3]

El 28% de la población está de acuerdo en implementar políticas y programas para generar empleo, el 23% piensa que se requiere un mayor involucramiento de las fuerzas armadas, un 23% cree que se requiere mayor número de efectivos por parte de la policía, el 15% concuerda que se requiere mayor capacidad de respuesta de las autoridades, y un 10% concuerda con la creación de programas sociales.

En el periodo desde el 2011 hasta el 2015 la cantidad de personas incluidas en la lista de los más buscados se incrementó hasta los 189 individuos, para lo cual hasta el cierre del 2015 se contaron con los siguientes datos: 6 detenidos nacionales, 1 recapturado nacional, 39 detenidos provinciales, 7 detenidos en otros países.

Según cifras enviadas por parte de la policía nacional, en Tungurahua, en el año 2015 existieron 9 muertes violentas y 11 registrados en el 2014. De las 6 víctimas registradas durante el primer trimestre del 2016 se encuentran 1 mujer, 1 niño y 4 hombres.[4]

1.3 DELIMITACIÓN

1.3.1 Delimitación de Contenido

Área académica: Comunicaciones

Línea de investigación: Tecnologías de la Comunicación

Sublínea de investigación: Procesamiento digital de señales e imágenes

Delimitación Espacial: El proyecto de investigación se realizó en la coordinación zonal 3 del SIS ECU 911. Ubicado en el cantón Ambato, Parroquia Picaihua, Sector PROA.

Delimitación Temporal:El presente proyecto de investigación se realizó desde el 21 de diciembre del 2015 hasta el 30 de septiembre del 2016, previo a la aprobación por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En Ecuador, ha entrado el uso aplicativo del sistema integrado de seguridad ECU 911, el cual brinda la inmediata atención a situaciones de emergencia reportadas a la 911 y las generadas por el monitoreo de video vigilancia y alarmas, brindando respuesta inmediata con organismos públicos como: policía nacional, cruz roja, bomberos, fuerzas armadas, con la finalidad de apoyar permanentemente a la seguridad de toda la ciudadanía. Actualmente el SIS ECU-911 no utiliza sistemas de reconocimiento facial para la identificación de personas, solo cuenta con sistemas de vigilancia mediante la utilización de cámaras en lugares estratégicos, dando paso a la necesidad de repotenciar el uso de sistemas tecnológicamente modernos existentes en la actualidad como lo son los sistemas de reconocimiento facial para colaborar en tareas de identificación y reconocimiento de personas.

La provincia de Tungurahua, especialmente la ciudad de Ambato la coordinación zonal 3 del ECU 911 no cuenta con sistemas inteligentes de visión por computadora para colaborar con la identificación de personas en diferentes circunstancias tales como: búsqueda de personas desaparecidas, personas buscadas por la ley, etc. El Ministerio del Interior en conjunto con la Policía Nacional presenta una lista de personas buscadas por la justicia; diez personas están ubicadas en esta lista a nivel local y cien a nivel nacional. [5]

El desarrollo del sistema de reconocimiento tiene como finalidad la colaboración directa en tareas de identificación y reconocimiento de personas buscadas, obteniendo una alerta de localización inmediata de estos individuos, para una posterior ubicación de estas personas con la ayuda de los diferentes entes de seguridad como es el caso de la policía, con la premisa de incrementar la eficiencia en relación al tiempo de respuesta en estas tareas de localización de las mismas, en beneficio de la seguridad ciudadana en general dentro del país, buscando reducir los listados de estas personas buscadas, gracias a que ya han sido localizadas.

El proponer el desarrollo de un prototipo de un sistema de identificación y reconocimiento para personas buscadas nos permite aprovechar los diferentes

componentes tecnológicos existentes en la actualidad, destinando la elaboración de este proyecto para su aplicación en beneficio de la seguridad colectiva en general.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General:

- Implementar un prototipo de un sistema de reconocimiento facial con visión artificial para apoyar al ECU-911 con la identificación de personas en la lista de los más buscados.

1.5.2. Objetivos Específicos:

- Investigar los diferentes métodos y técnicas utilizadas para la identificación y ubicación de personas.
- Analizar los sistemas de alerta e identificación aplicados a la seguridad.
- Diseñar un prototipo de sistema de reconocimiento facial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Dentro de la bibliografía revisada se ha encontrado varios documentos referentes a los diferentes mecanismos de identificación existentes en la actualidad, además de tesis de grado con ciertas similitudes las cuales sirvieron de guía para el desarrollo del presente proyecto de investigación.

En la investigación desarrollada por Luis Eduardo Cando Tite, bajo el tema “Bloqueo Electrónico en el encendido de un vehículo, para proporcionar un sistema de seguridad contra robos”, se explica que el sistema hace uso de un módulo biométrico para el ingreso de las huellas dactilares que permitirán o no el encendido del vehículo; este sistema de bloqueo consiste en un conjunto de botones, sensores y actuadores que impiden el funcionamiento del auto, además de una pantalla LCD que ofrece la posibilidad de visualizar la actividad que se está realizando. [6]

Se están desarrollando sistemas de seguridad que no hagan uso únicamente de una llave o una contraseña, ahora se pretende trabajar con sistemas que utilicen características propias del dueño del vehículo como son sus rasgos faciales. Actualmente son diversas las aplicaciones de los sistemas biométricos, ya sea para seguridad, control de personal, acceso a lugares públicos o sitios de trabajo entre otros. [7]

Diversos autores proponen sistemas de bloqueo no solo para automóviles sino también para todo tipo de vehículos, que garanticen la seguridad gracias a la identificación del conductor, también se pueden realizar controles de alcoholemia para prevenir accidentes, mediante la utilización de un dispositivo lector del iris de los ojos y un dispositivo alcoholímetro utilizando un microprocesador que estará conectado a una base de datos, y así se podrá determinar si la persona que se encuentra en el vehículo está autorizada para hacer uso de este, caso contrario se bloqueará el vehículo. [8]

Se ha realizado un estudio por parte de Juan José Toro Agudelo acerca de las técnicas de biometría basadas en patrones faciales del ser humano. Debido a esto se puede realizar la identificación y posterior reconocimiento de personas, para permitir su acceso a ciertos recursos, pero este tipo de sistemas no se limita únicamente a controlar la identificación de personal, sino que permite una evolución en el campo de la video vigilancia, en la industria con la identificación de procesos, por mencionar algunas aplicaciones, en dicho trabajo en el cual se establece un profundo estudio de varias técnicas de reconocimiento facial existentes, enfocándose principalmente en los patrones faciales de las personas.[9]

La investigación realizada por Ana Belén Moreno Díaz se enfoca en la presentación de nuevas soluciones en el reconocimiento de patrones mediante visión tridimensional, la cual emplea propiedades de una escena real para poder realizar una interpretación de la misma, se profundiza en metodologías que faciliten en gran medida este tipo de sistemas, por las cuales en la presentación de diversas técnicas se ha planteado la implantación de bases de datos de patrones e imágenes faciales, las cuales consisten en mallados tridimensionales que se encuentran representando superficies de forma realista, también en dicho trabajo se realiza un profundo análisis de discriminación a un conjunto de descriptores faciales 3D, en los cuales se identifica y se extrae los mallados de superficie, posteriormente es necesario la corrección o normalización de las diversas imágenes.[10]

El estudio realizado por Roger Gimeno y Josep Ramos acerca de las técnicas de reconocimiento de patrones, se desarrolla en sistemas que se aplican directamente sobre las imágenes sin hacer uso de modelos 3D, en el cual los objetos están representados en función de las diferentes vistas del mismo, el principal objetivo de los diferentes

algoritmos es el de clasificar las diferentes subcaras de un objeto en un nuevo sub espacio, y esto es necesario para entrenar el sistema de detección de caracteres faciales y de objetos.[11]

El estudio realizado por Luis Blázquez en base al área de reconocimiento facial está basado en el análisis de puntos característicos de la cara en entornos no controlados, principalmente enfocado al desarrollo de un sistema automático de detección y corrección de puntos faciales los cuales son característicos de las personas que están mal enmarcados, y mediante la utilización de buses de datos controlados e incontrolados de libre acceso, de esta manera se realiza un análisis de cada uno de los rasgos faciales y así desarrollaron experimentos en cada etapa del sistema que se ha centrado en observar el potencial del detector y del corrector de los puntos faciales dentro de su proyecto.[12]

El estudio realizado por Sebastián Bronte acerca de los sistemas de detección y reconocimiento facial de conductores mediante sistemas de visión computacional, en dicho proyecto se establece el desarrollo de un sistemas de seguridad y reconocimiento de patrones faciales el cual puede estar implementado a bordo de un vehículo como una forma de seguridad antirrobo durante todo el día, de esta manera crearon una base de datos acerca del personal autorizado para la conducción y como parte esencial del proyecto utilizaron el algoritmo 2DPCA empleado para el procesamiento de los caracteres faciales obtenidas mediante la cámara, comprobando que el conductor se encuentre dentro de la base de datos.[13]

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.2.1 Biometría

La biometría es la ciencia que se dedica a la identificación de individuos a partir de una característica anatómica o un rasgo de su comportamiento, como se mencionó una característica anatómica tiene la cualidad de ser relativamente estable en el tiempo, tal como un rostro humano, huella dactilar, la silueta de la mano, patrones de la retina o el iris. Un rasgo del comportamiento es menos estable, pues depende de la disposición psicológica de la persona, por ejemplo la firma. [14,15]

El reconocimiento de rostros es un método biométrico por el cual un humano es identificado. Los seres humanos son capaces de detectar e identificar rostros sin mayor esfuerzo, la construcción de sistemas automatizados para llevar a cabo esta tarea es complicada debido a la variabilidad encontrada durante el proceso de la formación de la imagen.[14]

2.2.2 Sistemas Biométricos

Los sistemas biométricos son sistemas automáticos capaces de realizar tareas de identificación mediante la biometría, tomando decisiones para el reconocimiento haciendo uso de las características únicas de cada persona, las cuales pueden verificarse de forma automática.

Labores que tradicionalmente eran realizadas por seres humanos, con la tecnología actual son realizadas por sistemas automatizados. Existe una amplia gama de posibles actividades que pueden automatizarse, aquellas se relacionan con la capacidad para establecer la identidad de los individuos, las mismas que han cobrado importancia en los últimos años y como consecuencia directa, la biometría ha emergido.[15]

2.2.3 Requerimientos de un Sistema Biométrico

Al momento de elegir un sistema biométrico este debe contar con propiedades únicas por parte del usuario, además de características básicas entre las cuales se menciona:

- **Universalidad:** Cada individuo existente en el mundo posee esta característica.
- **Permanencia:** Las características biométricas no cambian a través del tiempo.
- **Realización:** El nivel de exactitud de la muestra se relaciona con este parámetro.
- **Unicidad:** En ninguna forma dos seres humanos comparten las mismas características.
- **Cuantificación:** La medición de la muestra efectuada se hace de forma cualitativa.
- **Aceptabilidad:** El grado o nivel de aceptación de la persona por parte del sistema.
- **Engañabilidad:** El nivel de dificultad que se requiere para burlar al sistema.[16]

2.2.4 Clasificación de un Sistema Biométrico

La clasificación de un sistema biométrico se basa en la acción de reconocer las diversas características propias que caracterizan a una persona del resto, las cuales se muestran a continuación:

Por Su Tipo: Los sistemas biométricos se subdividen en dos grupos denominados biometría dinámica y estática como se muestra en la figura 2.1

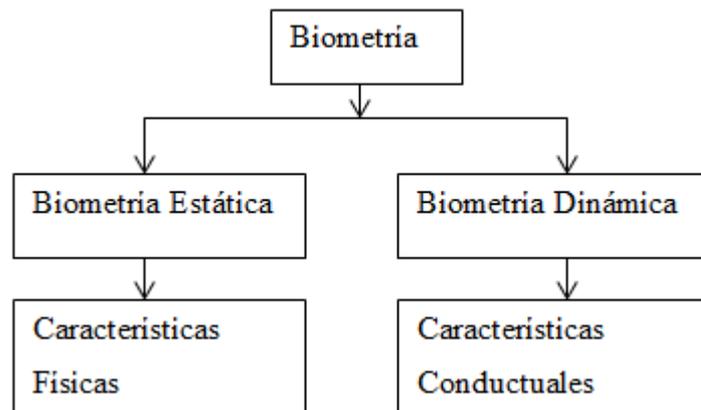


Fig. 2. 1 Clasificación de un sistema biométrico [17]

- **Biometría estática:** La biometría estática es el análisis relacionado con las características físicas del ser humano entre los cuales se puede mencionar:
 - huellas dactilares
 - reconocimiento de rostro
 - reconocimiento de iris
 - geometría de la mano

- **Biometría dinámica:** La biometría dinámica es el análisis de rasgos específicos relacionados con el comportamiento de una persona, y entre los cuales se puede mencionar:
 - reconocimiento de la voz humana
 - reconocimiento de la firma
 - reconocimiento del rostro

Por su tecnología

La biometría en relación con la tecnología es utilizada en la automatización de los sistemas biométricos para poder identificar seres humanos, incrementándose su uso y aplicabilidad con el paso de los años, dentro de los sistemas de reconocimiento actualmente existentes se puede mencionar los siguientes:

Reconocimiento Dactilar

El reconocimiento dactilar es una técnica de identificación biométrica por características, la cual ha sido utilizada desde la antigüedad en varios tipos de aplicaciones gracias a su forma como característica única e irrepetible en cada persona, pudiendo mencionar su elevado nivel de exactitud, el cual comienza desde la toma de la muestra hasta el registro de la misma. Al momento de examinar huellas dactilares estas pueden haber sido alteradas por condiciones físicas como cicatrices o cortes, en la tabla 2.1 se muestran las diversas ventajas y desventajas de esta técnica aplicada al reconocimiento.[18]

Tabla 2. 1 Ventajas y Desventajas del reconocimiento dactilar[17]

Ventajas	Desventajas
-Alto nivel de efectividad -Bajo costo de Implementación -Facilidad de uso -Sistema ampliamente desarrollado	-Cambio de huella debido a cortes o enfermedades o cicatrices

Reconocimiento de Iris

El reconocimiento de iris es una técnica de reconocimiento por características físicas propias del individuo, la cual mediante un escaneo del iris se realiza un muestreo del patrón de este importante órgano del ser humano, el mismo que se encuentra completamente desarrollado a los 2 años de vida, este es utilizado del mismo modo que una huella dactilar ya que su patrón es único e irrepetible, para ser sometida a un análisis de la estructura fisiológica para su respectiva extracción de patrones de la pupila usando imágenes de alta resolución del iris, y mediante una transformación matemática

se autentique al usuario correspondiente, en la tabla 2.2 se muestran las diferentes ventajas y desventajas de la técnica de reconocimiento de iris. [18]

Tabla 2. 2 Ventajas y Desventajas del reconocimiento de iris[17]

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Elevado nivel de Exactitud - Bajo nivel de error en la identificación - El rasgo biométrico analizado es único en cada persona - No existe variación del rasgo durante la vida 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo de implementación - Posible intrusión

Geometría de la mano

La geometría de la mano es una técnica de reconocimiento por características que mediante el empleo de la geometría de la mano y utilizando medidas y patrones de tamaño de la mano como lo son: Tamaño de dedos, palma y sus longitudes. La implementación de un sistema que evalúe las mencionadas características tendría dificultades al emplearse dentro de una gran población, debido a que la información geométrica puede variar dependiendo de la edad, enfermedades y objetos usados por el individuo, además este tipo de sistema por sus características puede llegar a ser grande en relación con otros sistemas como: huellas dactilares, reconocimiento de voz, etc. En la tabla 2.3 se muestran las ventajas y desventajas de la implementación de esta técnica de reconocimiento biométrico.[18]

Tabla 2. 3 Ventajas y Desventajas de la técnica de reconocimiento de la geometría de la mano[18]

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> -Facilidad de uso por parte de los usuarios -Facilidad de integración para control de otros sistemas 	<ul style="list-style-type: none"> -Elevado coste de elementos de hardware -Sistema requiere mayor espacio -Variación con la edad del tamaño de la geometría de la mano -Enfermedades degenerativas

Reconocimiento de la firma Escrita

El reconocimiento de la firma escrita es una técnica de reconocimiento basado en características, las mismas que se identifican por medio de un lector usando un esfero óptico, así como con la aplicación de reconocimiento óptico de caracteres. La firma de una persona es una característica escrita de identificación constantemente utilizada en la vida cotidiana para constancia y realización de trámites como por ejemplo en la validación de contratos, documentos, cheques, otras características importantes que posee son; ángulo de inclinación del bolígrafo, la presión con la que se acentúa el lapicero y la forma de escritura, a continuación en la tabla 2.4 se muestran las ventajas y desventajas de esta técnica de reconocimiento.[18]

Tabla 2. 4 Ventajas y Desventajas del reconocimiento de la firma[18]

Ventajas	Desventajas
-Facilidad de uso por parte del usuario -Costos Bajos -Sistema requiere poco espacio	-Susceptible a falsificación de la firma -Presencia de enfermedades degenerativas

Reconocimiento de la Voz

El reconocimiento de voz es una técnica de reconocimiento basado en características de la persona que mediante un análisis de variación del patrón sonoro de la voz en frecuencia y amplitud de una persona, permite la identificación de voz la cual varían dependiendo de la forma y tamaño la boca, fosas nasales y cuerdas vocales, las cuales en conjunto permite la emisión de sonidos, y pueden varían dependiendo de la edad y sexo llegando a ser afectadas por enfermedades y ruidos provocados por el entorno, entre las características importantes son:

- Cantidad de vibración en la laringe,
- El espacio entre cada una de las palabras,
- La frecuencia, además del tono

En la tabla 2.5 se presenta las ventajas y desventajas de esta técnica de identificación biométrica. [18]

Tabla 2. 5 Ventajas y Desventajas del reconocimiento de voz[18]

Ventajas	Desventajas
-Buen nivel de eficacia -Facilidad de Utilización por parte del usuario -Sistema relativamente reducido -Sistema de bajo costo	-La voz puede afectarse por variaciones de tonalidad de la persona -Sistema vulnerable a engaños con grabaciones

Reconocimiento Facial

El reconocimiento facial es una técnica en el campo de la biometría por características la misma que se desarrolla a través de la utilización de algoritmos computacionales haciendo uso de un procesamiento mediante ordenador son capaces de identificar automáticamente rostros de personas a partir de imágenes digitales empleando un profundo análisis de las características faciales de la persona y comparándolas con un conjunto de imágenes de la misma almacenados en el sistema. La mayor parte de los sistemas de reconocimiento facial actualmente clasifican la apariencia, por medio de la identificación de ciertos puntos nodales en el rostro como lo son: la distancia entre ojos, nariz o entre los ojos y la boca, a continuación en la tabla 2.6 se muestran las diversas ventajas y desventajas que posee esta técnica de reconocimiento. [18]

Tabla 2. 6 Ventajas y Desventajas del reconocimiento facial[19]

Ventajas	Desventajas
-Alta eficacia en la detección -Eficiente cuando el contacto sea dificultoso -Reducido espacio -Utilización a distancia -Uso donde la persona no es consiente que está siendo identificada -Constante actualización de librerías	-Sensibilidad a condiciones de luminosidad -Ubicación u orientación del rostro -Cirugías pueden impedir una correcta identificación

Etapas Correspondientes al Reconocimiento Facial

Los sistemas de reconocimiento facial tienen varias etapas entre las cuales están:

Detección del Rostro Humano

La detección del rostro humano es una aplicación de reconocimiento e identificación que se encuentra dentro de la detección de objetos, empleando un análisis computarizado es capaz de identificar rostros humanos en un segmento de video o imagen, esto se realiza independientemente de la ubicación, orientación, escala y para lo cual se requiere: una cámara, correcta iluminación, con esto se obtiene una adecuada segmentación de la imagen de acuerdo a la homogeneidad de la misma.

- **Inconvenientes en la detección de Rostros:** Los principales inconvenientes al momento de la detección de rostros pueden ser los siguientes: condiciones lumínicas del ambiente, imágenes distorsionadas y el cambio de contraste de la imagen.
- **Expresión facial:** La expresión facial depende del estado anímico de las personas, los gestos realizados, sonrisa, líneas de expresión, etc.
- **Ocultación:** La ocultación aparece cuando una imagen se encuentra sobrepuesta a otra.
- **Presencia de estructuras:** La presencia de estructuras corresponde en que si la persona lleva puesto objetos como: gafas, lentes, accesorios, etc.
- **Posición:** La posición depende en esencia de la ubicación de la persona en el momento de la captura de la imagen siendo esta afectada por la orientación y la posición de la cabeza y por ende el rostro. [19]

Alineación del Rostro: La alineación del rostro depende de un análisis previo haciendo uso de matemáticas para establecer una adecuada posición, iluminación requerida y el tamaño adecuado de imagen.

Extracción del rostro: La extracción del rostro se da al aplicar el análisis de la información de los rostros los mismos que varían en características mediante cambios geométricos.

Reconocimiento:El reconocimiento se da como objetivo final mediante la comparación de los patrones en medida de toda la información obtenida en la base de datos para establecer el reconocimiento.

2.2.5 Parámetros de un sistema biométrico

Los parámetros de un sistema biométrico son características que permiten identificar la funcionalidad del sistema por medio del cual se realiza la identificación biométrica, como se muestra a continuación:

- **FER:**Son las personas rechazadas al momento de intentar ingresar al sistema.
- **FAR:** Es la relación del hecho que una persona no autorizada sea aceptado.
- **FRR:** Es la tasa que identifica la probabilidad de que una persona autorizada sea rechazada al momento de intentar ingresar al sistema
- **FTE:** Es la causa principal de un fallo al momento de crear un patrón lo cual incrementa la probabilidad numérica de una persona no registrada en el sistema.
- **Umbral:** Es el nivel de consistencia que posee un patrón de identificación. [20]

En ciertos sistemas se integra el reconocimiento de rostros y huellas dactilares, la razón es que el reconocimiento de rostros es confiable y rápido, mientras que la identificación mediante huellas dactilares es rápida pero no extremadamente confiable. En la Tabla 2.7 se muestra una comparativa entre las técnicas de biometría actualmente utilizadas.

Tabla 2.7 Comparativa entre las técnicas de biometría más utilizadas[20]

Técnica	Requiere solicitar muestra	Contacto con el dispositivo de medición	Coste	Requiere Mantenimiento
Reconocimiento facial	No	No	Medio	Si
Huellas digitales	Si	Si	Medio	Si
Geometría de la mano	Sí	Sí	Bajo	Sí
Iris	Si	Si	Alto	Si
Voz	No	No	Bajo	Poco
Firma	Si	No	Bajo	Si

Sistema de posicionamiento global (GPS)

El sistema de posicionamiento global es un sistema de ubicación terrestre que mediante el uso de señales de radiofrecuencia se puede determinar las coordenadas de localización de cualquier persona u objeto con un fallo de centímetros en su precisión, dicho sistema emplea la trilateración que es un desarrollo matemático que establece posiciones relativas de un objeto mediante el uso de triángulos conociendo dos o más puntos de referencia para poder determinar la distancia entre el individuo a cada posición de referencia se requieren por lo menos tres puntos de referencia como un ejemplo se muestra la figura 2.2

Cuenta con una flota de 24 satélites alrededor de la órbita terrestre a 20150 km de altura, que orbitan de manera sincronizada, en la cual el receptor emplea lectura de 4 satélites enviando la señal de identificación y la hora de cada uno, así el dispositivo calcula el tiempo de retardo en la llegada de las señales, mediante el uso de las diferentes estaciones terrestres se controlan los satélites en cuanto se refiere a mantenimiento y configuración.[21]

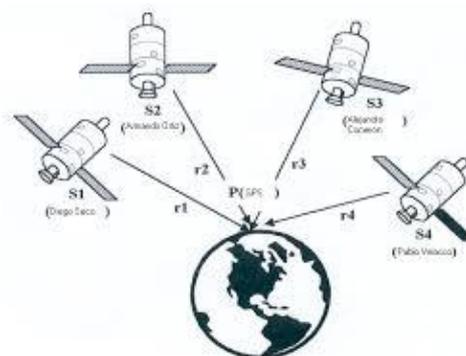


Fig. 2. 2 Sistema de Posicionamiento Global [21]

Precisión en el sistema GPS

El posicionamiento oficial brinda una aproximación de 15m, pero actualmente un GPS portátil puede ser tan preciso con un error de 2 a 3 metros en un 96% de las veces, además posee una segmentación espacial y de control en tierra como se muestra en la tabla 2.8 y 2.9 a continuación:

Tabla 2.8 Características del Sistema de posicionamiento global[21]

Segmento Espacial	
Satélites en la constelación	24 (4 por cada órbita, 6 órbitas)
Altitud de la tierra	20200 km
Periodo de órbita	11 h 55min
Inclinación	56 grados
Vida útil promedio	8 años

Tabla 2.9 Características de monitoreo en tierra del GPS[21]

Segmento de control en tierra	
Estación principal	1
Antena de tierra	4
Estaciones de seguimiento y monitoreo	5
Frecuencia de portadora	
Militar	1227,60 MHz
Civil	1575,42 MHz

2.2.6 Visión Artificial

La visión artificial es el conjunto de técnicas científicas que mediante un procesamiento computacional utilizando algoritmos de identificación permite la adquisición, análisis y procesamiento de imágenes para obtener información específica, la cual es procesada por un ordenador, como ejemplo se muestra la figura 2.3, al igual que los seres humanos los cuales adquieren información del entorno a través de los ojos los sistemas de visión artificial intentan establecer un efecto similar obteniendo datos útiles de una o varias imágenes por medio de un dispositivo electrónico programable que realice un control de automático. Los sistemas de visión artificial completan tareas de inspección con un alto nivel de flexibilidad y repetitividad; nunca existe cansancio, aburrimiento y distracción y pueden trabajar en ambientes donde las personas no podrían realizar una correcta inspección visual. [22]

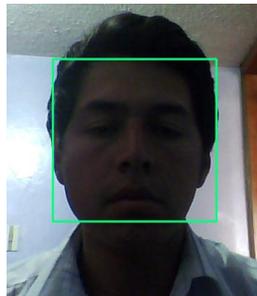


Fig. 2. 3 Detección de rostro
Elaborado por: Investigador

En un ser humano, los ojos proporcionan al cerebro información del ambiente que lo rodea, basado en experiencias previas con objetos similares, interpreta la asociación entre las imágenes recibidas y es capaz de tomar decisiones. De forma similar, los sistemas de visión artificial ven al objeto por medio de una cámara, interpretan y procesan la imagen a través de una aplicación en un sistema computarizado. Las aplicaciones de visión artificial se encuentran principalmente en tareas de inspección y ensamblaje, ya que estos son considerados trabajos repetitivos, a continuación en la figura 2.4 se muestra dicho proceso secuencial.[22]

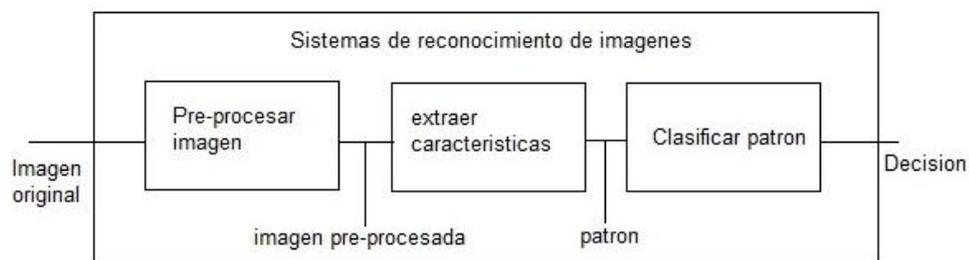


Fig. 2. 4Método secuencial para reconocimiento en imágenes[22]

Ventajas de la Visión Artificial

La visión artificial tiene claras ventajas en tareas que se realizan a grandes velocidades y en las que existe un alto grado de repetición, como ejemplo en procesos de inspección visual de una línea de ensamblaje que trabaje sin interrupción.

En procesos en los que se necesita realizar una inspección visual de grandes cantidades de objetos, los márgenes de error se ven reducidos debido a que se evitan factores externos los cuales son capaces de realizar actividades repetitivas con eficiencia y rapidez, permitiendo incluso la identificación de detalles fuera del alcance del ojo humano, entre algunas ventajas tenemos:

- Mejora en la producción
 - Aumento de eficiencia en tiempo
 - Reducción de costes generales
 - Mayor tiempo de utilización en relación al hombre
 - Capacidad de medir con exactitud características en las muestras
 - Bajos costos de implementación

- Evita fallas Humanas
 - Falta de concentración
 - Uso en lugares inaccesibles
 - Uso en lugares peligrosos
 - Múltiple detección en la misma línea de producción[23]

Desventajas de la Visión Artificial

Considerando la capacidad visual de los ojos y el cerebro del ser humano, los sistemas artificiales aún poseen ciertas desventajas las cuales se evalúan en dependencia al nivel de implementación de dicho sistemas, entre las cuales cabe mencionar:

- Son sistemas en investigación y desarrollo
- Susceptibles a problemas de iluminación
- Velocidad de interpretación menor a la del ser humano. [23]

2.2.7 Visión humana y visión artificial

La visión humana es un complejo sistema integrado y conformado principalmente por: el cerebro, nervio óptico así como los dos ojos, los cuales permiten la detección de imágenes con la retina, enviando la información hacia el cerebro para su procesamiento.

Dentro de un sistema de visión artificial la cámara es comparada con el ojo humano, ya que este posee varias partes y órganos diferentes como se muestra en la figura 2.5 a continuación:

- **Iris** en el ser humano se compara con el diafragma en un sistema de cámara digital
- **Cristalino** posee la característica de realizar un enfoque correcto, como la función óptica en una cámara
- **Retina** es comparable a un sensor, el cual identifica el nivel de luminosidad requerido para la imagen
- **Lóbulo parental** es uno de los lóbulos que conforman el cerebro el cual se encarga de recibir las sensaciones provenientes de los sentidos, este se puede asemejar a un sistema digital que realiza el procesamiento de información

- **Nervio óptico** comparado al cableado o bus de datos que permite la transmisión de información.[24]

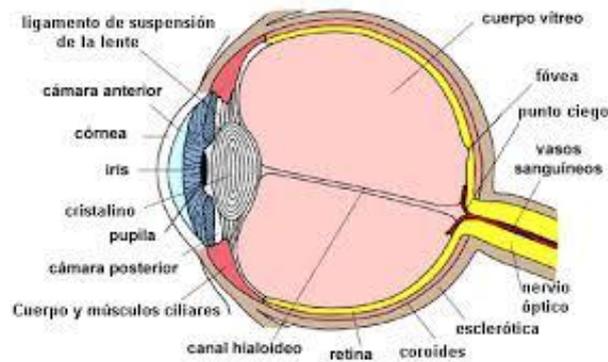


Fig. 2. 5 Imagen del ojo humano [24]

Es inverosímil pensar que un sistema de visión artificial se acerque al nivel de calidad y eficacia que posee un sistema de visión humano, pero en cuanto a tareas reiterativas y peligrosas lo supera, más aun debido a que en los últimos años se han ido desarrollando cámaras con mayor cantidad de resolución y enfoque aunque aquello repercuta también en el tiempo de procesamiento de información, el cual se incrementa.[24]

Diferencias entre la visión humana y visión artificial

A continuación en la tabla 2.10 se muestran las principales diferencias entre la visión humana y la visión por computadora.

Tabla 2. 10 Comparación entre visión humana y visión artificial [24]

Características	Visión Humana	Visión Artificial
Procesamiento en paralelo	Si	No
Procesamiento Serial	No	Si
Perspectiva Tridimensional	Si	No
Perspectiva Bidimensional	No	Si
Fácil reconocimiento del color	Si	No

La visión humana es una actividad que realiza un procesamiento paralelo. En contraste, la gran mayoría de sistemas de visión artificial usan procesamiento serial en sus algoritmos. La visión de los seres humanos es naturalmente tridimensional. En cambio, la mayoría de sistemas de visión artificiales aún realizan procesamiento bidimensional.

Los seres humanos interpretan imágenes de color, mientras que muchos de los sistemas de visión artificial aún trabajan con imágenes en escala de grises una de las razones es la gran cantidad de datos que manejarían si utilizaran imágenes a color.[25]

2.2.8 Componentes de un sistema de Visión Artificial

La aplicación de técnicas de visión por computadora ha incrementado su uso en la industria, en la cual su principal uso es en las tareas repetitivas y otras dificultosas para un operador. Dichos sistemas de manera básica poseen diferentes elementos como lo son. Fuente de iluminación, sensor de imagen, tarjeta de captura y adquisición, computadora de procesamiento central y algoritmos de procesamiento a nivel de software como se muestra en la figura 2.6

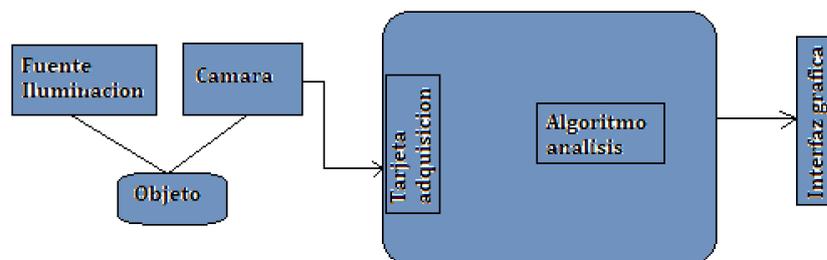


Fig. 2. 6 Componentes de un sistema de visión por computadora[26]

Fuente de iluminación

La fuente de iluminación es la encargada de brindar irradiación de luz correcta para la adquisición de las imágenes, siendo afectados los algoritmos de procesamiento debido a la toma de imágenes con cambios en el contraste y sombras. Entre los principales objetivos de una correcta iluminación se encuentran: Sobresalir rasgos de interés, mejorar las condiciones del entorno que rodea el objeto de interés.

Cámara

La cámara es la facultada a la hora de capturar las imágenes siendo proyectadas mediante sensores integrados los cuales son sensibles a la luz, entre la tecnología más conocida se encuentra CCD que utiliza compuertas lógicas, fotodiodos además de elementos fotosensibles capturan las imágenes, para una posterior transferencia de información y datos a un sistema electrónico, con la finalidad de poder interpretar, analizar y

almacenar o visualizar dichas imágenes. Este sistema puede mostrar en un monitor la visualización de la imagen, un grabador de vídeo para almacenarla o un ordenador para visualizar, almacenar y procesar la imagen. Las cámaras de video han tenido una rápida evolución en los últimos años, desde las primeras cámaras hasta las actuales, que están equipadas con sensores capaces de capturar imágenes en condiciones de poca luz.[26]

Las cámaras que se utilizan en visión artificial poseen una serie de características específicas, como el control del disparo de la cámara para capturar las piezas que pasan por delante de la cámara exactamente en la posición requerida. Las cámaras de visión artificial son más sofisticadas que las convencionales, pues brindan un completo control de los tiempos, señales de video, velocidad de captura y sensibilidad. Estos son factores fundamentales en aplicaciones tecnológicas como en la industria.

Computador central

El computador central es el sistema principal el mismo que está compuesto por hardware y software siendo indispensable al momento de recibir, analizar y procesar los datos por medio de algoritmos, obteniéndose como resultado un mejor desempeño del sistema cumpliendo así objetivos específicos para los cuales fue creado.[26]

Cuantización

La cuantización es el número de bits utilizados para efectuar la representación de información obtenida, independientemente de cualquiera sea la arquitectura usada, por ejemplo si se usa un sistema escala de grises de 8 bits como máximo obtendríamos 256 niveles, en cambio si se tiene 11 bits sería 2048 escalas de grises afectando positivamente o negativamente la definición. Con el avance de la tecnología actual, en el mercado se ofrecen múltiples opciones para incrementar el uso de este tipo de sistemas en el campo industrial.[27]

Tarjetas capturadoras de video

Las tarjetas capturadoras de video son placas compuestas por componentes electrónicos utilizadas para la captura de imágenes a alta velocidad, el desarrollo de este tipo de placas de captura ha ido a la par con el rápido avance de la velocidad en los ordenadores. En el pasado se limitaban debido a la capacidad de procesamiento de los

ordenadores, por lo que la mayoría de tarjetas capturadoras llevaban procesadores integrados.

En los últimos años el uso de procesadores integrados es cada vez más frecuente y se utilizan en procesos donde se requiere una gran velocidad de procesamiento que los ordenadores convencionales actuales aún no son capaces de proporcionar. Ofrecen una gran potencia de proceso y análisis, independizando al ordenador para que pueda realizar otras tareas de control.

Con la llegada del bus PCI al ordenador se aumentó la velocidad de transferencia y permitió realizar la visualización de la imagen en tiempo real sin necesidad de hardware gráfico adicional.

El bus PCI también permitió transportar la imagen desde la tarjeta hasta el procesador en tiempos relativamente cortos. Mediante los modernos procesadores se ha logrado hacer gran parte de los procesos en tiempo real.[27]

2.2.9 Imagen Digital

Una imagen digital es un conjunto de valores denominados digitales ordenados dentro de un vector o matriz, en la cual al hablar de visión artificial está se fundamenta en el procesamiento de imágenes, las mismas pueden ser obtenidas de diversos formatos como lo son las fotos, grabaciones en video, las cuales se obtienen a partir de una cámara digital, para las cuales es necesario la aplicación de diversos algoritmos ya sean estos básicos o complejos con la finalidad de juntamente con el computador realizar un procesamiento de dicha información, a continuación en la figura 2.7 a continuación se muestra un ejemplo de una imagen digital.[28]

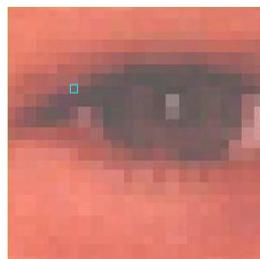


Fig. 2. 7Imagen digitalizada [28]

Composición de una imagen digital

La composición de una imagen digital es la obtención de la imagen utilizando sensores ópticos con la finalidad de tener una representación en dos dimensiones de dicha imagen a ser capturada, esta recibe una transformación llamada digitalización para poder ser procesada por un computador en forma de píxeles, siendo considerada la unidad más pequeña de la cual está conformada una imagen.

Al momento de efectuar una imagen o foto, su tamaño se identifica en megapíxeles como posea la cámara, lo cual va de la mano la calidad y cantidad de memoria que va a ser utilizada. Por ejemplo si se tiene una resolución de 56 ppiequivalente a: 56 ancho x 56 alto =3136 píxeles.

En caso de reducir una imagen en resolución la cantidad de píxeles disminuye, y de esta manera se tendría una notable disminución en la percepción de la imagen, además que el tamaño es directamente proporcional a la resolución de la imagen.[29]

2.2.10 Algoritmos para el análisis y reconocimiento de imágenes

Los algoritmos para el análisis y reconocimiento son técnicas de visión por computadora que varían en relación a los objetivos y técnicas que se utilizan, siguiendo un adecuado procedimiento como se muestra en la figura 2.8

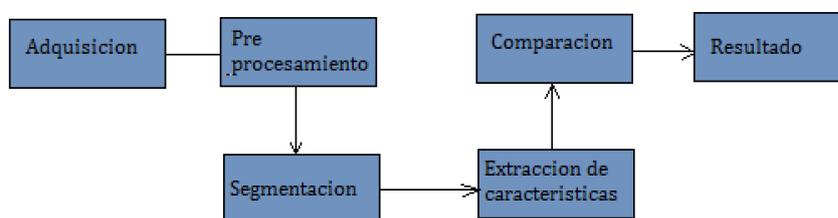


Fig. 2. 8 Clasificación de un sistema biométrico [30]

- **Filtrado de la imagen**

El filtrado de una imagen es la manipulación de imágenes que son adquiridas con un sistema de captura y las mismas no pueden ser utilizadas directamente dentro de un sistema de visión debido a que poseen variación cierta variación de intensidad la misma que es afectada por diversas fuentes como lo son: ruido, iluminación y al bajo contraste al momento de su detección y obtención, haciéndose necesario la realización de un pre-procesamiento con la única finalidad de corregir dicho problema, ayudando también a la identificación de ciertas características específicas buscadas en las imágenes facilitando así el manejo de las mismas en etapas posteriores.

- **Segmentación de la imagen**

La segmentación de la imagen es la separación de las regiones y características de interés de las imágenes una vez estas han sido capturadas y filtradas, y esto se logra dividiendo en dos regiones la escena para la detección de bordes y otros elementos en las mismas. La operación de segmentación propiamente depende de la escena y el tipo de información que se busque en la misma.

- **Extracción e identificación de características**

La extracción e identificación de características en una imagen es la toma de medidas de los diferentes objetos estudiados una vez que fueron definidos, a estos se los extrae en forma de vector, para lo cual tomando en cuenta que para la elección de características como norma general se debe tomar en cuenta que estas deben ser:

- **Discriminantes:** Que posean diversos valores dentro de la misma clase
- **Fiabiles:** Que conlleven valores similares dentro de la misma clase
- **Mínimos:** Se debe obtener la misma información con menor número de características de la misma imagen.
- **Tiempo de aceptación :** De esta forma podrían ser empleados en tiempo real

Reconocimiento de formas

El reconocimiento de formas es el empleo de técnicas computacionales utilizadas para hacer decisiones una vez los datos hayan sido recogidos por el sistema que adquiere

imágenes y las procese mediante operaciones y transformaciones, dicha información es obtenida en forma de vector extrayendo rasgos y características de la imagen que está siendo analizada.

En la industria se utiliza mayormente en aplicaciones encargadas de realizar la inspección y clasificación de objetos, esto desencadena en la necesidad de tener una etapa que realice la selección de características así como la etapa de aprendizaje, estas etapas se enfocan en reconocer patrones geométricos de formas como lo es el aplicar redes neuronales las cuales pueden desarrollarse mediante un aprendizaje adaptativo. [30]

Las actuales investigaciones en dicho campo han permitido el desarrollo de varios algoritmos los cuales son implementados físicamente por medio de hardware.

2.2.11 Aplicaciones de la visión por computador o visión artificial

La visión artificial continua en su permanente desarrollo especialmente en el sector industrial, con su eficacia y rapidez en el desarrollo de actividades se ha incrementado, ya que este campo está estrechamente ligada al aprovechamiento haciendo uso del procesamiento para obtener una mayor calidad en su uso para realizar el análisis de información.

En la Metrología 2D y 3D

En la metrología se utiliza para el diseño de sistemas industriales los cuales permitan el control de la meteorología con la finalidad de hallar desviaciones referidas a medidas reales. Estos sistemas buscan encontrar las diversas magnitudes físicas para verificarlas, ya que una de las ventajas corresponde a que en ningún momento el sistema tiene contacto con los elementos fabricados, estos sistemas verifican cada una de las dimensiones de la pieza con un gran nivel de precisión, como lo muestra su gran acogida en el sector automovilístico debido a que la precisión que alcanza es menor a la centésima de milímetro. [31]

En la Medicina

En la medicina se viene utilizando de la mano de la tecnología actualmente desarrollada orientándose principalmente para la realización de procesamiento de imágenes enfocadas a la identificación de males y enfermedades en los cuales se aplica: radiografía, rayos x, resonancia, etc. En la figura 2.9 se muestra un ejemplo de identificación de patrones.[31]

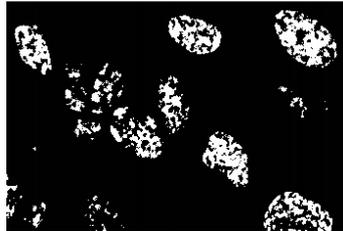


Fig. 2. 9Características en una imagen celular [31]

Revisión y Monitoreo de Calidad

La utilización en el campo industrial y en especial dentro de la revisión y monitoreo de calidad se en labores de reconocimiento e identificación de productos u objetos elaborados, ya que uno de los principales objetivos es el analizar el empaquetamiento, contorno y forma sea el adecuado caso contrario eliminando dicho producto de la línea de producción, y de esta forma utilizando diversos algoritmos como la transformada de Hough, un ejemplo se muestra en la figura 2.10 [31]

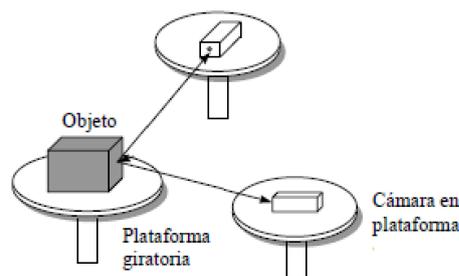


Fig. 2. 10Visión artificial en la verificación de objetos[31]

En la Lectura de Datos

En la lectura de datos dentro de diversos sistemas de visión han sido empleados para ayudar con el reconocimiento e identificación, para su posterior almacenamiento. Estos tipos de productos utilizan un número de serie, la cual está estrechamente ligada a una marca obtenida a partir de una imagen digitalizada con varios caracteres para su

respectiva identificación, un ejemplo se muestra en la figura 2.11, y a partir de esto se tiene las siguientes características principales:

- **Estudio de la Fuente:**El estudio de la fuente es cuando los caracteres utilizados no son estándares o son impresos de manera especial, para lo cual se requiere un almacenamiento de diferentes muestras de caracteres con su fuente para realizar la identificación.
- **Segmentar los Caracteres:**La segmentación de caracteres es la separación de cada uno de los mismos en el proceso de identificación, de igual forma se utiliza el modulo denominado OCR que se ha desarrollado para que cualquier paso dentro del proceso sea implementado fácilmente, ya que el cambio de texto y la identificación son los conocidos.
- **Rotación e Invariabilidad del Tamaño:**La rotación del tamaño son dos métodos que se sostienen en la multifuncionalidad, el primero aprovecha la escala de grises para obtener la información, el segundo utiliza la identificación mediante los conocidos Descriptores de Fourier, además los textos se pueden leer a pesar de estar en forma arbitraria.
- **Verificación de Calidad de Impresión:**La verificación en la calidad de impresión es la relación mediante el módulo OCR que ayuda con la identificación de la compresión de los caracteres, debido a que esta calidad se puede calcular mediante comparación con las muestras ingresadas.
- **Ubicación y ángulo de Orientación de los Objetos:**La ubicación y ángulo de orientación de un objeto se utiliza para identificar suángulo de inclinación, además de su posicionamiento en un espacio determinado como ejemplo se puede mencionar la manipulación de una banda transportadora automatizada para ubicación y retiro de productos.
- **Cálculo de Productos en Procesos Complicados:** El cálculo de productos en procesos es la identificación en relación a la cantidad de productos que son empaquetados de manera automatizada, entre lo cual esta verificar fallas como: tamaño, longitud y aspectos de dichos productos
- **Reconocimiento de Superficies:**El reconocimiento de superficies es la identificación de contornos, bordes y texturas en productos que atraviesan un

proceso de elaboración en alguno de sus niveles a través de una línea de producción u ensamblaje. [32]



Fig. 2. 11 Reconocimiento de caracteres [32]

Sistemas aplicados a la seguridad y vigilancia

Los sistemas aplicados a la seguridad y vigilancia son sistemas que se afianzan como parte indispensable para obtención de información, permitiendo hallar cualquier tipo de error u anomalía dentro del sistema de vigilancia el cual se enfoca en: la detección de objetos o seres humanos, identificar las diferentes regiones de interés, además de la detección de un hecho sustancialmente identificable o alguna técnica de desviación, cuando esta cambia respecto a un patrón esperado.

Vigilancia en la transportación: La vigilancia en transportes corresponde a sistemas utilizados en diversos escenarios en los cuales se busca la seguridad e integridad de las personas como en: trenes, aeropuertos, autobuses, control de señalización, control fronterizo y de aduana.

Por ejemplo existe un sistema denominado Opel Insignia, el cual posee una cámara ubicada de manera estratégica y es capaz de trabajar con 30 imágenes por segundo, debido a que posee dos microprocesadores los cuales realizan un procesamiento en paralelo, el uno se encarga de procesar las imágenes procedentes de las diversas señalizaciones en la carretera y el segundo se encarga de procesar las imágenes de la calzada y separación de carriles. [33]

2.2.12 Algoritmos y técnicas utilizados en la detección facial

Los algoritmos y técnicas utilizados en la detección e identificación facial son el resultado de un profundo análisis matemático para establecer un modelo el cual pueda ser aplicado mediante procesos computacionales en el campo de la visión artificial, entre los más utilizados se tiene los siguientes:

Algoritmo Viola-Jones

El algoritmo Viola-Jones es un detector de clasificadores en cascada, Tiene como finalidad el escaneo mediante un detector varias veces la imagen utilizando diferentes escalas y posiciones, de esta forma se enfoca en la eliminación de segmentos que no contengan un rostro, así el clasificador va evaluando estas características lo cual va de la mano en que si se aumenta la velocidad de clasificación esto desencadenaría en un error de clasificación, por lo que se establece un método que permita mantener los requisitos de funcionamiento del clasificador y a la vez la disminución en el tiempo de clasificación, como ejemplo se muestra en la figura 2.12.[34]

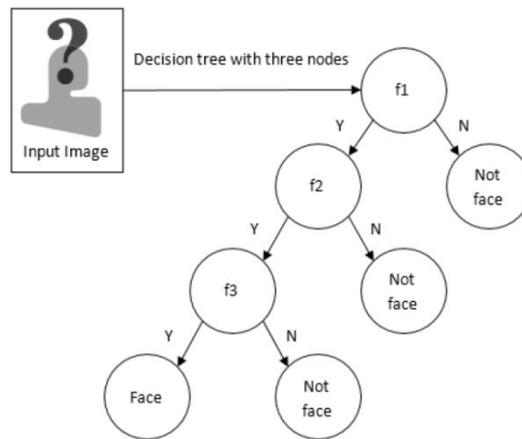


Fig. 2. 12Estructura de ejecución del algoritmo Viola-Jones[34]

Al utilizar un clasificador fuerte este determina si la ventana que se está analizando es una no-cara o al contrario es una posible cara, una vez que una sub ventana pasa por todas las etapas del clasificador será considerada como una cara, al igual en la primera etapa del clasificador se pasa por alto los denominados falsos positivos los cuales se muestran en un estado similar al de identificación de un rostro el cual en etapas posteriores el detector se encargara de su eliminación.

El proceso llevado a cabo por Viola-Jones se basa en objetivos de detección y rendimiento parecidos a sistemas anteriores que poseían tasas de detección entre 85% y 95%, de esta forma al utilizar una cascada de clasificadores, incremento de falsos positivos se calcularía con la ecuación (1) mostrada a continuación:

$$F = \prod_{i=1}^K f_i \quad (1)$$

F es el porcentaje de falsos positivos del detector K, así mismo K corresponde con el número de clasificadores, f_i es el valor calculado por la clasificadora i de falsos positivos, en cuanto a la tasa de detección de la cascada se determina por la ecuación (2) como se muestra a continuación:

$$D = \prod_{i=1}^K d_i \quad (2)$$

En el cual D corresponde con la tasa de detección del detector, K viene a ser el número de clasificadores y d_i es la tasa de detección que se calcula para el clasificador i , por este motivo establecido se observó que en un detector de 10 etapas con tasa de identificación de 99% y falsos positivos de 30%.

- Detección global $0.99^{10} \approx 0.9$
- Falsos positivos global $0.3^{10} \approx 6 \times 10^{-6}$

El proceso de entrenamiento de clasificadores se tiene en cuenta las limitaciones que se tendrá por una mayor tasa de detección y una menor de falsos positivos, lo que implica que dichos clasificadores necesitaran más tiempo para determinar si la sub ventana contiene o no un rostro, y para esto se requiere la correcta identificación del número de etapas así como el umbral de las mismas. [34]

Características del detector HaarClassifier

El detector HaarClassifier es un algoritmo que mediante el estudio de las diferentes características de tipo Haares usado como algoritmo de reconocimiento de rostros, las cuales son calculadas mediante la diferencia de la suma de pixeles que se encuentran ubicados en dos o más zonas rectangulares adyacentes. Este algoritmo usa tres segmentos o tipos de características mostrados en la figura 2.13.

- **Dos-rectángulos:** Es la suma de los pixeles de dos rectángulos adyacentes horizontal y vertical
- **Tres-rectángulos:** Es el resultado obtenido gracias a la suma de pixeles en el interior de dos rectángulos y restados de un tercer rectángulo ubicado en el interior
- **Cuatro-rectángulos:** Es la diferencia de rectángulos que son par en su lado diagonal

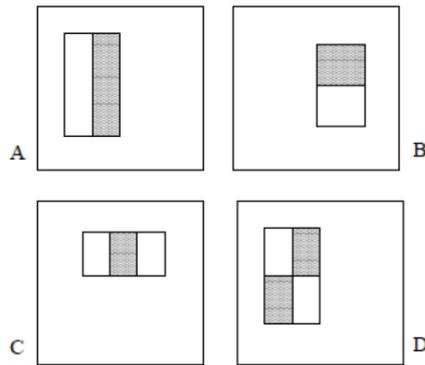


Fig. 2. 13 Características de pixeles del detector Haar[35]

Para el pronto hallazgo de las características rectangulares se requiere de una imagen intermedia denominada integral, la cual es de una tamaño equivalente a la original y esta a su vez es calculada mediante una suma de pixeles ubicados arriba y a lado izquierdo, en la ecuación (3) se muestra las dos imágenes

$$ii(x,y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y') \quad (3)$$

La implementación de la ecuación (4, 5) anterior requiere de las siguientes ecuaciones:

$$s(x,y) = s(x, y - 1) + i(x, y) \quad (4)$$

$$ii(x,y) = ii(x - 1, y) + s(x, y) \quad (5)$$

En las cuales $s(x, y)$ es una suma de filas, además $s(x, -1)=0$ e $ii(-1, y)=0$. Al efectuar una pasada atravez de la imagen original la imagen integral queda calculada empleando las ecuaciones descritas anteriormente.[35]

A continuación en la figura 2.14 se muestra un ejemplo planteado haciendo el empleo de los cuatro puntos de la matriz obteniendo valores de una zona denominada A como: $2=A+B$; $3=A+C$; $4=A+B+C+D$. De esta forma los pixeles dentro de la zona D se calculan como $4+1-(2+3)$.

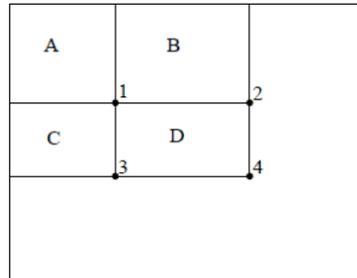


Fig. 2. 14Utilización de la técnica Haar[35]

Entrenamiento realizado por el clasificador

El entrenamiento realizado por el clasificador es una tarea efectuada por medio del detector utilizado principalmente en la propuesta realizada por Viola-Jones usando una variación del algoritmo AdaBoost que es un método que tiene como único objetivo implementar un clasificador eficiente a partir de clasificadores pequeño acrecentando clasificadores simples uno a continuación del otro. Un ejemplo se muestra en la figura 2.15, en la cual se distingue la primera y segunda característica determinada por AdaBoost mostrándose en la primera fila a la vez que la segunda se muestra sobrepuesta al rostro en la imagen comparando las distancias entre las regiones de los ojos y nariz.[36]

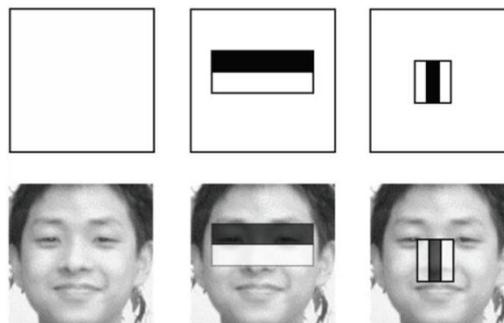


Fig. 2. 15Estructura de ejecución del algoritmo Viola-Jones[36]

La región de luminosidad establecida para las características precedentes es la que se interpreta como un área a sumar, en cambio al detectar una región oscura es al contrario esta se resta. Esto se da porque los dos rectángulos de características implican la suma rectangular adyacente se puedan calcular en arrays de referencia. [36]

En resumen lo propuesto por Viola-jones es la implementación de una cascada de clasificadores que permiten obtener una detección en tiempo real. En la cual cada clasificador corresponde con una etapa de la secuencia en cascada que con cada etapa se entrena usando los ejemplos anteriores descartando las sub imágenes que no corresponden con un rostro, para en etapas posteriores ser capaz incluso de rechazar sub imágenes mucho más complejas, optimizando así el algoritmo con la finalidad de obtener mayores detecciones positivas debido a su requerimiento indispensable en sistemas que trabajan en tiempo real.

2.2.13 Técnicas desarrolladas en base a imágenes fijas

Análisis de componentes principales (PCA)

El análisis de componentes principales es un método estadístico que permite la identificación de patrones en un conjunto de datos de forma que el principal objetivo sea la caracterización de sus igualdades y diferencias. Al ser aplicado al reconocimiento facial esta técnica es capaz de obtener un conjunto de rostros utilizando la menor cantidad de parámetros, algo similar a un color que puede crearse a partir de la mezcla de colores primarios, de la misma forma un rostro puede crearse a partir de la combinación de rostros, lo cual implica que cada eigenface es una vector de valores. Además es requerimiento cumplir ciertas características para el correcto funcionamiento del algoritmo como lo es que cada imagen debe tener el mismo contraste y resolución también tamaño, al igual que se requiere la normalización de los ojos y boca.

Tiene por característica el ser una técnica estadística de síntesis de datos, que reduce el número de variables frente a una base de datos de almacenamiento, de esta manera se busca su reducción perdiendo la menor cantidad de información posible. Ya que esta técnica ha sido la pionera atravez de la cual se van venido elaborando diversas técnicas para el reconocimiento facial. [37]

Una ventaja del algoritmo PCA es la reducción de los datos necesarios en la identificación para una relación 1 a 1000, este algoritmo utiliza eigenfaces, las imágenes deben estar normalizadas y del mismo tamaño, así permiten el alineamiento de la boca y los ojos como se observa en la figura 2.16.

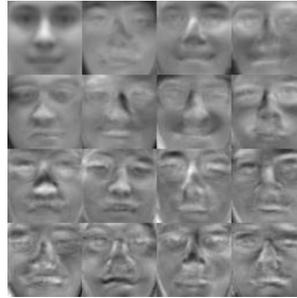


Fig. 2. 16Eigenfaces al usar análisis de componentes principales [37]

Fases para el análisis de componentes principales

- **Análisis de la matriz de correlaciones:** El análisis de matriz de correlaciones es adecuado si se posee altas correlaciones entre las variables, lo cual implicaría que existe información redundante.
- **Selección de factores:**La selección de factores es cada uno de los factores realizados recogiendo primeramente la mayor cantidad de variabilidad original, el que continúa recoge lo que el primero no pudo y así sucesivamente, los componentes principales son aquellos que recogen la cantidad adecuada de componentes principales.
- **Análisis de matriz factorial:**El análisis de la matriz factorial son los componentes que se representan en forma de matriz, de esta manera se representan los coeficientes factoriales de cada una de las variables, de esta forma se obtendrá columnas como componentes principales y varias variables como filas.
- **Interpretación de factores:**La interpretación de factores deben tener ciertas características como lo son: los coeficientes factoriales deben ser lo más próximos a 1, una variable debe tener coeficientes elevados con solo un factor, no debería existir factores con coeficientes similares. [37]

En la figura 2.17 se muestra un ejemplo de transformación de matriz a vector de la forma que se requiere por el algoritmo PCA.

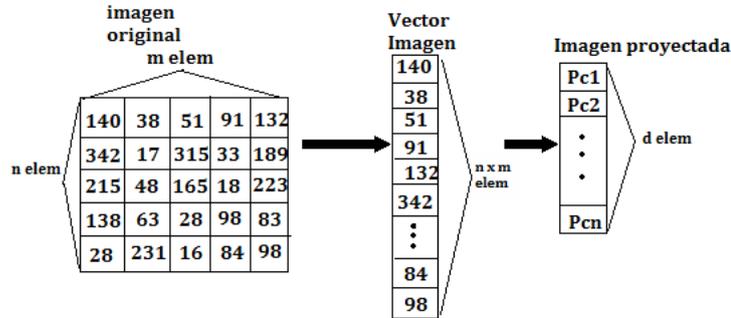


Fig. 2. 17 Transformación de matriz a vector mediante PCA [37]

Calculo de las puntuaciones factoriales

El cálculo de las puntuaciones factoriales es parte del análisis de componentes principales que poseen puntuaciones para cada uno de los casos que nos permitirán realizar una adecuada representación gráfica, la cual se calcula con la siguiente ecuación(6):

$$X_{ij} = a_{i1} * Z_{1j} + \dots + a_{ik} * Z_{kj} = \sum_{s=1}^k a_{is} * Z_{sk} \quad (6)$$

La letra (a) representa los coeficientes y la (Z) son valores estándar que como variable poseen cada sujeto de la muestra

Algoritmo Eigenfaces

El algoritmo Eigenfaces es un conjunto de vectores que mediante la extracción de características tienen por objetivo el reconocimiento de rostros, los cuales son obtenidos a partir de una matriz de covarianza de distribución de probabilidad sobre el espacio vectorial de la imagen del rostro, mediante la posición de cada imagen representa un propio vector denominado eigenface.

Estos eigenfaces forman un conjunto ortogonal, de esta forma se encontraban la proyección de una imagen, ya que el producto escalar sobre estas eigenfaces, a esto se denomina entrenamiento de eigenfaces.

Para proceder con el cálculo para extraer a las eigenfaces se establece la existencia de un conjunto de imágenes “M”, las cuales fueron previamente segmentadas en (Q columnas y P filas), de esta forma se transforman en vectores (ϕ_i), construyéndose una matriz que posee cada vector como si fuera una columna, obteniéndose una matriz de [(P x Q) x “M”] filas y columnas, como se muestra en la figura 2.18a continuación. [38]

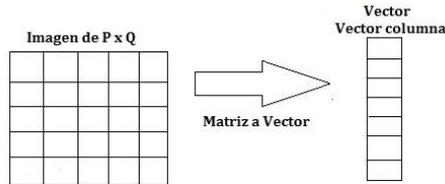


Fig. 2. 18 Algoritmo Eigenfaces en una matriz de n x m píxeles [38]

El entrenamiento consiste en cada uno de los siguientes pasos

Cada imagen Γ_n con $i = 1, 2, \dots, M$

Es organizada mediante un vector con dimensiones N^2 , de esta forma el valor es construido concatenando con cada una de las filas de la imagen, así la matriz será de $N^2 \times M$

2. Se obtiene un rostro promedio según la ecuación (7)

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n \quad (7)$$

3. El rostro promedio Ψ obtenido es restado a cada una de las imágenes Γ_i con i entre $1 \dots M$ obteniendo un nuevo conjunto de vectores

$$\phi_i = \Gamma_i - \Psi$$

Esto forma la matriz $\Lambda = [\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_M]$ de $N^2 \times M$

4. Lo que se busca es los auto-vectores de la matriz de Λ mediante la ecuación (8)

$$C = \frac{1}{M^2} \sum_{i=1}^M \Gamma_i^T \Gamma_i = \Lambda \Lambda^T \quad (8)$$

De dimensiones $N^2 \times N^2$, estos vectores son ortogonales utilizados en la construcción de diferentes representaciones de las imágenes, la matriz C hace intratable este paso por el espacio y tiempo requerido, para lo cual es necesario la aproximación de estos tipos de vectores.

- a. La matriz de covarianza reducida

$$L = \frac{1}{M} A^T A \text{ Con dimensiones } M \times M$$

- b. Los auto vectores de L, los cuales se ordenan de mayor a menor según sus correspondientes, que forman la matriz v
 c. Se acercan los auto vectores C, como en la ecuación (9)

$$u = A_v \tag{9}$$

Y cada columna forma su propio vector

5. Así obtenemos el patrón

$$\Omega_i^T = [w_1, w_2, \dots, w_n] \text{ con } i = 1, 2, \dots, M$$

Donde

$$w_k = u_k^T (\Gamma_i - \Psi) \text{ Con } k = 1, 2, \dots, M$$

Con esta imagen facial ingresando al sistema, el procesamiento para reconocimiento de imágenes en la base, de esta forma se calcula el patrón Ω usando dicho procedimiento descrito, lo que se busca es la menor distancia. [38]

$$\min(\|\Omega - \Omega_i\|^2) \text{ Con } i = 1, 2, \dots, M$$

Encontrada la menor distancia la cual indica que dicha imagen es la correspondiente

Análisis discriminante lineal (LDA)

El análisis de discriminante lineal es un algoritmo que busca maximizar la varianza de todas las muestras obtenidas entre clases, minimizando entre las diversas muestras de una misma clase, buscando tener un distanciamiento entre la proyección conformada por las imágenes de personas iguales, así como por las imágenes de distintas personas,

esta técnica asume las imágenes de una misma persona como una clase, de esta forma se tendrá varias clases como personas, después de este paso se tendrá dos matrices de dispersión que no son iguales, por lo cual se tiene que la matriz de dispersión interna es S_W y la siguiente matriz es S_B como lo muestran las ecuaciones(10) y (11). [39]

$$S_W = \sum_{i=1}^P \sum_{k=1}^{N_i} (I_k^i - \mu_i)(I_k^i - \mu_i)^T \quad (10)$$

$$S_B = \sum_{i=1}^P (\mu_i - \mu)(\mu_i - \mu)^T \quad (11)$$

Lo más relevante para la aplicación de esta técnica es la utilización de caras de entrenamiento(x), las cuales poseen diferentes expresiones faciales, al igual que distintas ubicaciones del rostro y estas tendrán un tamaño igual(N). De esta manera se separa en distintas clases(C) como personas existan, todas las imágenes deben estar con su respectiva identificación, como se representa en la imagen siguiente, el principal objetivo es el de maximizar la varianza entre clases y reducir la varianza de cada una de las mismas, por lo cual es necesario el empleo del algoritmo siguiendo ciertos parámetros:

- **Base de datos:**La base de datos almacena los datos ingresados.
- **Calcular media individual y general:**Se realiza la concatenación de medidas
- **Calcular matriz de covarianza y valores propios:**Se utilizan valores propios y la separabilidad de diferentes datos
- **Datos finales:**Estos permiten el incremento de separación entre clases y realiza la proyección de datos. [39]

En la figura 2.19se muestra un ejemplo de distintas clases utilizando el algoritmo LDA



Fig. 2. 19Conjunto de clases mediante aplicación de técnica LDA [39]

Reconocimiento de Caracteres Ópticos (OCR)

El reconocimiento de caracteres ópticos es un método proporcionado por diferentes sistemas de reproducción por escáner, una de las principales características que posee es el transformar diferentes imágenes de caracteres de letras, de esta manera permite el reconocimiento por medio de una computadora, mediante esta técnica se puede utilizar el reconocimiento de contornos o patrones. Los algoritmos que se pueden aplicar en base a los contornos son mayormente recomendables en referencia a caracteres que se encuentren en un contraste balanceado respecto al fondo, al igual que los algoritmos aplicados en base a los patrones por poseer una correlación de grises la misma que resulta ser más robusta en ambientes en donde la iluminación no favorece al contraste de la imagen. [40]

Análisis de componentes independientes (ICA)

El análisis de componentes independientes es un método usado para el cálculo de vectores base de un espacio determinado, de esta manera se busca realizar una transformación lineal para la disminución de la dependencia estadística entre los diferentes vectores base, los cuales mediante el análisis de componentes independientes se determina que no son ortogonales entre sí.

Además se busca la adquisición de imágenes de diversas fuentes en variables no correlacionadas, a través de ICA se obtiene mayor eficiencia debido a que este método en cambio adquiere imágenes dentro de variables estadísticamente independientes, lo cual permite obtener una mayor información local respecto a otras técnicas como PCA, pero de igual forma para ICA el tiempo necesitado para entrenamiento es mayor. [41]

Aprendizaje Automático

El aprendizaje automático también conocido como machine learning es una extensión de la inteligencia artificial que permite el desarrollo de técnicas computacionales por medio de la creación de algoritmos con la capacidad de reconocer patrones en torno a cierta información suministrada como ejemplo, siendo considerada como un proceso de inducción de conocimientos.

Los diversos algoritmos de aprendizaje automático se pueden identificar en función de la salida de los mismos entre los cuales se consideran:

- **Aprendizaje supervisado:** Considerado como una función que permite el establecimiento de correspondencia directa entre las entradas y salidas del sistema, en el mismo su sistema de aprendizaje intenta clasificar una cierta cantidad de vectores empleando la comparativa con otras clases
- **Aprendizaje no supervisado:** El sistema intenta reconocer patrones para etiquetar las entradas debido a que se desconoce la clasificación correcta
- **Aprendizaje semisupervisado:** es una mezcla de los anteriores ya que toman en cuenta ejemplos conocidos como clasificados y no clasificados.
- **Aprendizaje por refuerzo:** Este algoritmo es capaz de recolectar información para su aprendizaje observando el entorno que lo rodea, realizando una retroalimentación en relación a sus actos efectuados.
- **Transducción:** Su característica es su intento por predecir las diversas categorías tomando como relación los ejemplos de entrada.
- **Aprendizaje multitarea:** Hace uso de un conocimiento previamente aprendido dentro del sistema para la toma de decisiones en problemas de similares características a los aprendidos.[42]

Aprendizaje profundo

Aprendizaje profundo es una clase de algoritmos de aprendizaje automático que pertenecen a la rama de la Inteligencia Artificial que permiten una representación de una función en torno a una arquitectura de aprendizaje, por lo cual se determina que una función podría ser representada por diversas arquitecturas de profundidad k , para lo cual tiene por características que entre más elementos sean usados para la representación de una función, será mayor el número de patrones para realizar el proceso de aprendizaje para una mejor obtención de generalización. Al hablar de la profundidad de una arquitectura se da una definición relacionada al camino más extenso comprendido entre el nodo de ingreso del sistema y el nodo de salida del mismo, en la figura 2.20 se muestra una red neuronal artificial.

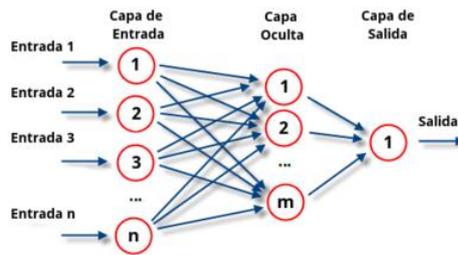


Fig. 2. 20Red neuronal artificial[42]

Una neurona artificial se puede definir como la combinación de la transformación de pesos sinápticos, continuada por una transformación no lineal. Al momento de establecer una neurona artificial dentro de la arquitectura profunda de manera computacional se obtiene las denominadas neuronas artificiales multicapa, la expresión más sencilla es la obtención de una capa oculta relacionada con la capa de salida obteniéndose un nivel de profundidad 2. De la misma forma estudios han determinado que la corteza del cerebro se ha establecido que tiene de 6 a 10 capas de profundidad al momento de desarrollar un procesamiento de la información visual.[42]

2.2.14 Métodos empleados que utilizan características específicas

Correspondencias entre agrupaciones de grafos elásticos (EBGM)

La correspondencia entre agrupaciones de grafos elásticos es una técnica enfocada al análisis de diversas características como lo son: el nivel de iluminación ambiente, las expresiones faciales de la persona, su posición o ubicación respecto al análisis lineal realizado en las imágenes.

En este método a diferencia de los anteriores es indispensable el empleo de las transformadas de Gabor, las cuales corresponden a filtros especiales identificando la corteza facial, la cual se proyecta mediante una plantilla elástica. Lo más importante al momento de emplear este método es la ubicación correcta del punto de referencia y en varios casos se lo obtiene al fusionar los métodos LDA y PCA, como se muestra a continuación en la figura 2.21 se muestra un ejemplo de la aplicación de dicho algoritmo.[43]

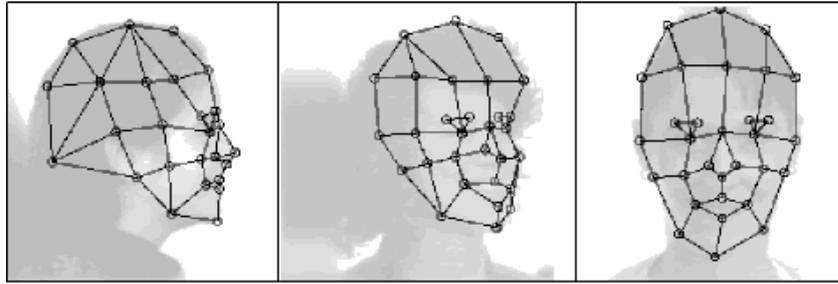


Fig. 2. 21Método EBGGM en rostros [43]

Patrones binarios locales (LBP)

Los patrones binarios locales son una técnica que analizando la textura representada en una imagen provee una importante información al momento de la identificación de diversos objetos en un área determinada como se muestra en la figura 2.22. Una de las principales características de este método es que en su textura permite la duplicación de uno o varios de estos patrones que pueden estar contenidos en una misma región, él puede relacionarse con un grupo de diminutas variaciones, por ejemplo: si cada pixel a su alrededor es analizado y este toma el valor de 1 caso contrario 0 todo depende de la examinación previa identificando si la intensidad es mayor o menor que la intensidad del pixel.[44]



Fig. 2. 22Aplicación de técnica LBP a una imagen [44]

Modelo oculto de markov (HMM)

El modelo oculto de markov es un modelo estadístico también denominado proceso de markov con variables desconocidas, su principal objetivo es el análisis de todos los parámetros desconocidos comenzando por los parámetros observables, dicha técnica se usa principalmente en:

- Los modelos para reconocimiento de voz.
- Modelan de una forma estadística los distintos fonemas
- Hacia los años ochenta reemplazaron a las técnicas de comparación de patrones, los cuales realizaban la modelación en forma determinista
- Corresponden a la base de tecnología empleada en los reconocedores de voz a nivel comercial. [45]

Técnica de análisis de imperfecciones en la piel

La técnica análisis de imperfecciones en la piel es el análisis enfocado directamente en los detalles y características de la piel de una persona, los cuales pueden contener de cicatrices, lunares, manchas en el rostro, etc. De esta forma se optimizaría el tiempo de procesamiento dentro de la base de datos, ya que varias imágenes quedarían descartadas inmediatamente, en la figura 2.23 se muestra un análisis de imperfección en el rostro. [46]

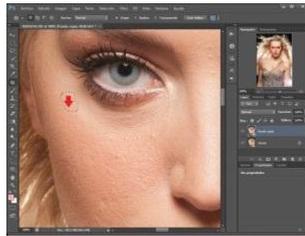


Fig. 2. 23Análisis de imperfecciones en la piel[46]

2.2.15 Software de aplicaciones de visión por computadora

El software es un elemento importante en una aplicación de visión por computadora, pues es el encargado de analizar, procesar e identificar características de las imágenes.

En la actualidad existe una gran variedad de aplicaciones comerciales que se utilizan para el desarrollo de este tipo de sistemas de reconocimiento, estas herramientas tienen funciones y librerías que ayudan al desarrollo de aplicaciones de visión por computadora sin un alto grado de complejidad.

OpenCV

OpenCV es una librería especialmente diseñada para captura, procesamiento y visualización de imágenes en áreas como robótica, monitorización, biométrica, interacción hombre-máquina, y reconocimiento de objetos. Proporcionando bibliotecas de tipos de datos estáticos y dinámicos (matrices, grafos, árboles, etc.), además OpenCV está optimizado para ser usado bajo procesadores Intel, Pentium III y Pentium 4, etc., pero puede ser usado bajo cualquier otro tipo de procesadores.

OpenCV permite la implementación de una gran variedad de herramientas para la interpretación de la imagen, de igual forma OpenCV provee una librería de algoritmos para las técnicas de calibración (calibración de la cámara), detección de rasgos, para rastrear (flujo óptico), análisis de la forma (geometría, contorno que procesa), análisis del movimiento (plantillas del movimiento, estimadores), reconstrucción 3D (transformación de vistas), segmentación de objetos y reconocimiento (histogramas, bordes Canny, etc.).[47]

EmguCV

EmguCV es un envoltorio de .NET multiplataforma para las librerías OpenCV de procesamiento de imágenes para Intel. Este permite que las funciones OpenCV puedan ser llamadas desde lenguajes .NET. EmguCV siendo compatible con varios lenguajes de programación como lo son: C#, VB, VC++, Python. En otras palabras EmguCV es OpenCV para entorno .NET en donde se puede trabajar con entorno gráfico ideal para trabajar con aplicaciones Windows Forms de Microsoft Visual Studio. Las librerías están escritas en lenguaje C# y tienen la misma funcionalidad de las versiones de OpenCV.

OpenCV tiene la estructura modular, lo cual incluye diferentes librerías compartidas o estáticas entre las cuales están las diferentes funciones:

Core: Este define las estructuras básicas de los datos incluyendo los array-multidimensionales

Highgui: Conjunto de funciones para la manipulación de la GUI

Proveer la facilidad para la manipulación de ventanas y la visualización de imágenes dentro de ellas, entre las cuales se tiene:

- Utilización de del mouse para el desplazamiento y manipulación de eventos
- Leer y escribir desde un disco o memoria cualquier tipo de imágenes
- Grabar video desde una cámara y guardarlo con cualquier extensión [48]

Base de Datos SQLite

SQLite es un sistema que permite crear una base de datos relacional, la cual a diferencia de otros sistemas de gestión denominados cliente-servidor, una de sus características es que su biblioteca se enlaza directamente pasando a ser parte del mismo. Haciendo uso de las funcionalidades de SQLite mediante llamadas a subrutinas, de esta forma se puede recopilar información que se puede almacenar en forma de tablas, con la posibilidad de organizar, presentar y buscar dentro de su base de datos, sobresaliendo características como:

- Aprovecha las ventajas graficas de la interfaz de Windows mediante el uso de asistentes y macros
- Elevado nivel de seguridad de los datos manejados
- Ofrece funciones eficientes y de fácil aplicabilidad para el manejo de información
- Permite el manejo de información mediante el manejo de informes y formularios complejos así como sus gráficos dentro de un solo archivo[49]

Visual Studio

Microsoft Visual Studio es un software que provee de un completo entorno de programación con mejoras visuales como lo es el rediseño del IDE con la finalidad de mejorar la legibilidad con mayor calidad, además que las ventanas del documento como lo es el editor de código y vista de diseño se pueden situar fuera de la ventana del IDE. Mayormente utilizado en la ingeniería disponible para la plataforma Windows, permite el desarrollo de soluciones computacionales atravez de los diversos lenguajes de programación que soporta como lo son: C, C++, C#,Visual Basic, .NET, Java, Python, Ruby, PHP, F#, En la figura 2.24 se muestra la interfaz gráfica de programación.

En ingeniería se utiliza entre otros para:

- Desarrollo de aplicaciones mediante interfaz gráfica (GUI)
- Diseño de sistemas
- Juntamente con las Funciones y librerías Face API es aplicada a la visión por computadora
- Crear sitios y aplicaciones Web
- Permite trabajar mediante los Frameworks
- Compatible con Windows Iot Core para manejo de miniPCs en diversos proyectos tecnológicos.

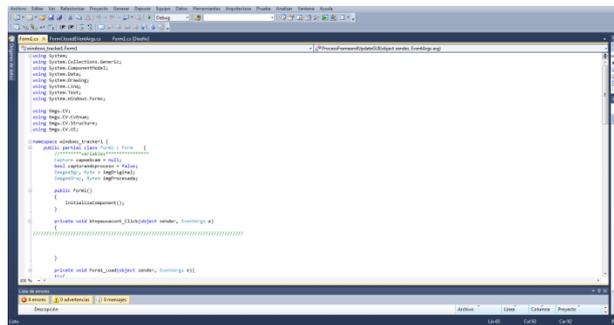


Fig. 2. 24 Interfaz de programación Visual Studio
Elaborado por: Investigador

Una ventaja de Visual Studio es la posibilidad de crear un proyecto Windows Universal Platform para crear una conexión de manera remota con la miniPC Raspberry Pi, utilizando así las diferentes librerías y funciones para el procesamiento de imágenes y visión artificial, por lo cual es necesaria una configuración previa para empezar la programación respectiva.[50]

Matlab

Matlab es un eficiente lenguaje de programación que por medio de la manipulación de matrices mediante una interfaz IDE de programación permite un completo manejo de software matemático siendo lanzada a finales de la década de los setenta, el mismo que utiliza un lenguaje propio de compilación (Lenguaje M), el mismo que al ser multiplataforma está disponible para: Windows, Mac, Linux, Unix. Dicho lenguaje posee características importantes como lo son:

- Interfaz gráfica que permite visualizar datos en 2D y 3D
- El uso de Simulink para simulación de sistemas dinámicos mediante interfaz en bloques
- El manejo de toolboxes con más de 35 toolboxes que permiten el manejo de datos en diferentes instancias. [51]

En la figura 2.25 se muestra la interfaz de programación de Matlab

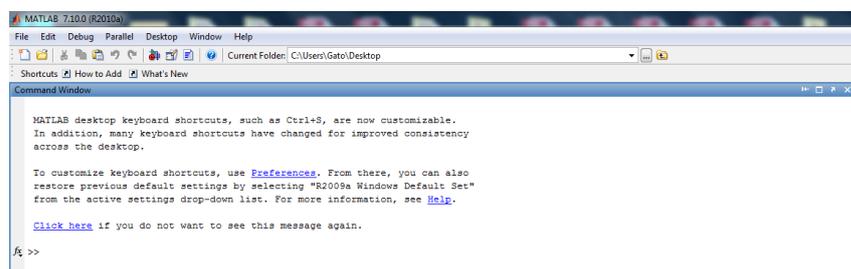


Fig. 2. 25 Interfaz de programación Matlab
Elaborado por: Investigador

Python

Python es un lenguaje multiplataforma de alto nivel el mismo que se enfoca hacia una programación interpretada, este lenguaje se desarrolló en los años ochenta por Guido Van Rossum del centro de matemáticas e informática de los países bajos, en la figura 2.26 se muestra la interfaz gráfica de programación de Python, entre de las principales características que posee dicho lenguaje de programación se destacan:

- Lenguaje de propósito general
- Simplicidad en el manejo de sintaxis
- Lenguaje Open Source
- Lenguaje orientado a objetos
- Lenguaje de alto nivel
- Incrustable dentro de programas C o C++
- Posee extensas librerías para su desarrollo. [52]

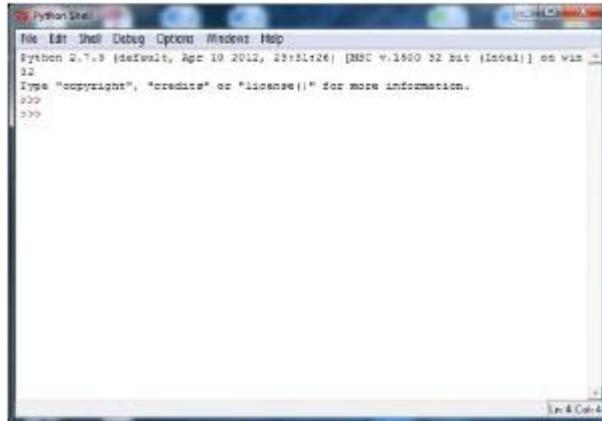


Fig. 2. 26 Interfaz de programación python
Elaborado por: Investigador

2.2.16 Hardware para desarrollo de visión por computadora

El hardware es un elemento importante en el desarrollo de aplicaciones de visión por computadora, pues es el encargado de adquirir y recopilar información de una fuente, para ser analizada en fases posteriores con la ayuda de un procesamiento computarizado, el mismo que permitirá identificar características de las imágenes.

En la actualidad existen un sinnúmero de dispositivos de hardware que permiten realizar una adquisición de datos dentro de cualquier entorno, permitiendo al desarrollador un posterior análisis y procesamiento de información obtenida a través de las tarjetas de adquisición de datos, su aplicabilidad se puede enfocar en diversos ámbitos como lo es: sistemas de procesamiento de datos, sistemas embebidos, visión por computadora, interfaces HMI, sistemas scada, etc.

Arduino

Arduino es una placa electrónica que integra un microcontrolador y un entorno de desarrollo (IDE), diseñado para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios, en la

parte de hardware consiste de una placa de circuito impreso con un microcontrolador Atmel AVR y puertos digitales y analógicos de entrada y salida, cuatro de los mismos pueden conectarse a placas de expansión (shields) que aumentan las características de funcionamiento de la placa arduino.

El software es un entorno de desarrollo (IDE) basado en el entorno de Processing y lenguaje de programación basado en Wiring, así como en el cargador de arranque (bootloader) que es ejecutado en la placa. El microcontrolador de la placa se programa a través de un computador, haciendo uso de comunicación serial mediante un convertidor de niveles RS-232 a TTL serial.[53]

Raspberry Pi

Raspberry Pi es un minicomputador de placa reducida de bajo coste desarrollado en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con el principal objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en el desarrollo de proyectos en todos los ámbitos, actualmente corre bajo software libre opensource Linux lanzado en diferentes versiones por lo cual es considerado un producto con propiedad registrada pero de uso libre. De esa forma mantienen el control de la plataforma pero permitiendo su uso libre tanto a nivel educativo como particular.

Su diseño incluye un System-on-a-chip Broadcom BCM2835, que contiene un procesador central (CPU) ARM1176JZF-S a 700 MHz hasta 1 GHz, un procesador gráfico (GPU) VideoCore IV, y 512 MB de memoria RAM. El diseño no incluye un disco duro ni unidad de estado sólido y se requiere del uso de una tarjeta SD para el almacenamiento permanente; tampoco incluye fuente de alimentación ni carcasa.[54]

MinnoBoard Max

MinnoBoard Maxes una mini placa computadora de hardware libre de bajo consumo desarrollada sobre una arquitectura Intel con un procesador de 64bits creada por OSHWA.org con la posibilidad de crear, estudiar, modificar, y distribuir. Esta placa ofrece un desempeño y flexibilidad excepcional cumpliendo todos los estándares. Esta tarjeta embebida ofrece un gran rango de capacidades en torno al hardware o software, diseñada con el desarrollo de software de código abierto en mente y como una forma de demostrar las capacidades del procesador Intel Atom E3815, desarrollada como una placa educativa para el desarrollo de proyectos alrededor del mundo para enseñar las capacidades del software y hardware libre, es escalable al ofrecer conexión con multitud de módulos, perfectos para ampliar las posibilidades de la placa de desarrollo.[55]

Módulo GPS (Ublox M6)

El módulo Ublox M6 es uno de los módulos GPS más compactos del mundo, el mismo que posee similar al de una tarjeta SD y ha sido diseñado específicamente para dotar de funcionalidades GPS básicas en el desarrollo de cualquier proyecto. Se trata de una solución GPS totalmente integrada de sencilla instalación y excelente eficiencia.[56]

Cámara Web

Una cámara web o cámara de red es una pequeña cámara digital conectada a una computadora mediante un puerto de conexión USB o DIN, la cual puede capturar imágenes y almacenarlas en la pc o ser transmitirlas a través de Internet, ya sea a través de páginas web o de forma privada. Sin embargo, existen otras cámaras autónomas que únicamente necesitan un punto de acceso a la red informática, ya sea Ethernet o inalámbrico, estas son útiles en múltiples tareas como lo son: la seguridad, video vigilancia, reconocimiento facial, etc.[57]

2.3. Propuesta de Solución

Se ha propuesto el diseño un prototipo de sistema de reconocimiento facial moderno mediante procesamiento de imágenes que permite el envío de una alerta de identificación y posicionamiento de una persona buscada identificada por el sistema, mediante las coordenadas en relación a un mapa GPS, con lo cual se busca el incrementar la posibilidad de localización, buscando la reducción en el tiempo de ubicación de dichos individuos contribuyendo a mejorar el bienestar y seguridad colectiva.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto tuvo una modalidad de investigación aplicada, con un enfoque cualitativo-cuantitativo. Cualitativo porque se trabajó de manera dinámica en la consecución de objetivos a partir de una problemática, para sustentar el desarrollo de una propuesta coherente a la ingeniería y la tecnología. Cuantitativo porque se apeló a concepciones científicas, teorías y principios para su contextualización teórica, estableciendo valores y variables métricas que enfatizan la solución del problema en una metodología de diseños, pruebas y prototipos. Con el propósito de desarrollar un sistema de visión artificial destinado a la detección y reconocimiento de rostros con aplicabilidad en seguridad; se iniciará desde la problemática, coordinada al desarrollo de un plan experimental que recogerá datos fehacientes para la obtención de resultados técnicos.

La investigación también fue de modo bibliográfica documental para fundamentar el tema, establecer una estructura metodológica del proyecto de investigación y realizar el marco teórico; para este propósito se utilizaron fuentes de información primaria y secundaria como libros, revistas, publicaciones científicas, etc., de tal forma que se sustente el informe final de ingeniería.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Para el presente proyecto de investigación no se contó con población, puesto que se realizó una investigación aplicada.

3.3. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para el presente proyecto se recopiló información utilizando fichas de resumen de contenidos bibliográficos; además de guías de observación como instrumento para recolectar información en el proceso de desarrollo de la investigación.

3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La información formó parte de un proceso de análisis, para lo cual se traza los datos más importantes, estipulados de la siguiente manera:

- Análisis y depuración de la información recolectada.
- Procesamiento de la información.
- Optimización de datos e información.
- Diseño e implementación del sistema de detección y reconocimiento de rostros aplicado a la seguridad.
- Pruebas piloto y memorias técnicas.
- Depuración y control de errores.
- Presentación de resultados.

3.5. DESARROLLO DEL PROYECTO

En el desarrollo e implementación de un sistema de reconocimiento facial con visión artificial para apoyar al ECU 911 con la identificación de personas en la lista de los más buscados, se procedió con la siguiente estructura de actividades:

- 1.- Examinar métodos utilizados por los entes de seguridad para la identificación de personas.
- 2.- Estudiar la efectividad de las técnicas actuales utilizadas para la identificación de personas
- 3.- Indagar las formas de alerta utilizadas por la coordinación zonal 3 del ECU 911.
- 5.- Diseño del esquema de un sistema de detección y reconocimiento de rostros.

- 6.-Diseño de la aplicación e interfaz gráfica de usuario.
- 7.-Diseño del sistema de reconocimiento facial y la interfaz de monitoreo
- 8.-Implementación del sistema de detección y reconocimiento de rostros.
- 9.-Pruebas del prototipo y corrección de errores.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 ANÁLISIS DEL SIS ECU-911

4.1.1 Antecedentes

El sistema integrado de seguridad ECU-911 fue creado en el año 2010 durante el gobierno del Ec. Rafael Correa, su creación se debió a la necesidad de contar con un sistema de monitoreo robusto, que permita una reacción inmediata en cuestiones de seguridad debido a que cuenta con diversas entidades articuladas como son: cruz roja, secretaria nacional de riesgos, ministerio de salud pública, iess, comisión nacional de tránsito, cuerpo de bomberos, ministerio de defensa nacional. Mediante una continua modernización tecnológica de todos sus centros brinda una permanente atención de emergencias mediante llamadas coordinadas con instituciones gubernamentales dando pronta respuesta con los diferentes entes y dependencias a cargo de la misma

Durante los años de funcionamiento el sistema integrado de cámaras las cuales están ubicadas en lugares estratégicos, dicho sistema no posee un complemento que permita hacer uso de tecnología de reconocimiento facial para identificar personas con este medio. Uno de los objetivos del ECU-911 es estar a la vanguardia de la tecnología para brindar un respaldo sólido en cuanto a seguridad ciudadana se refiere. Para lo cual se necesita la realización de un prototipo de reconocimiento de rostros para identificar y ubicar a personas potencialmente peligrosas que son requeridas por la justicia, con la premisa de incrementar la seguridad ciudadana a través de esta gestión.

4.1.2 Organigramazonal y local del SIS ECU-911

En la figura 4.1 y 4.2 se muestra la estructura del Sistema Integrado de Seguridad ECU-911 que está conformada por diferentes áreas, contando con diversos tipos de organización estructural en relación al tipo de administración.

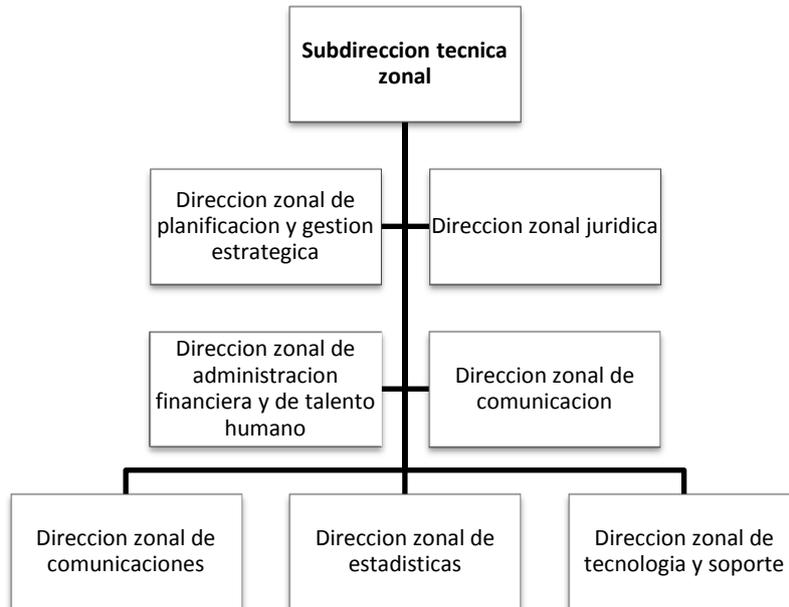


Fig. 4. 1 Organigrama dirección zonal ECU-911[58]
Elaborado por: Investigador

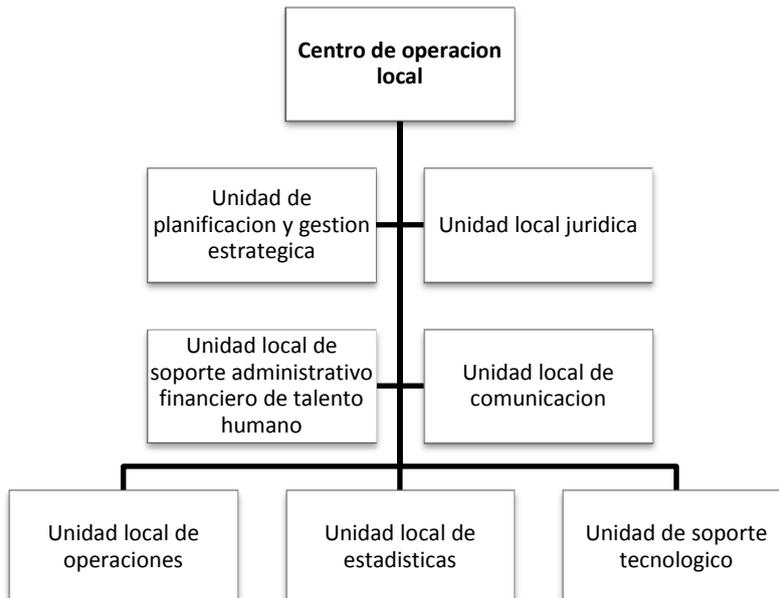


Fig. 4. 2 Organigrama dirección local ECU-911[58]
Elaborado por: Investigador

4.1.3 Situación actual del reconocimiento facial en la institución

El sistema de alerta incorporado por el SIS ECU 911 en los diferentes medios de transporte de pasajeros se los realiza con un control manual de botones ubicados en sitios estratégicos, siendo estos accesibles por parte del usuario y conductor de la unidad de transporte, el sistema al ser activado envía la señal de video en tiempo real a un operador dentro de las instalaciones del ECU 911 más cercano para efectos de ayuda inmediata con los diferentes entes de seguridad existentes dentro del país. Esto implica que el sistema de forma autónoma no es capaz por si solo de identificar y reconocer si algún individuo es una persona potencialmente peligrosa buscada por la ley y la justicia. El utilizar un prototipo de sistema que ayude al reconocimiento y alerta de ubicación en tiempo real es una mejora significativa a aprovechamiento de la tecnología existente en la actualidad en beneficio de la seguridad de la colectividad en general.

4.1.4 Vulnerabilidades

Las vulnerabilidades actualmente en la utilización de sistemas de seguridad mediante el uso de cámaras instaladas en diversos sitios, pueden presentar ciertas desventajas como lo son:

- Las cámaras por si solas no pueden identificar personas, por lo que se requiere personal vigilando dicho sistema.
- Los sistemas de seguridad podrían ser burlados, ya que no proveen una seguridad del 100% en la captura de imágenes, esto va de la mano con el nivel de efectividad que provee cada marca comercial
- Los puntos ciegos los cuales dependiendo de las características físicas de las cámaras pueden resultar un impedimento para la vigilancia.

Por estas atribuciones se requiere un sistema que ayude a la identificación e incremente la probabilidad de ubicación y captura de dichas personas buscadas, de tal forma que sea confiable, seguro y eficaz.

4.2 FACTIBILIDAD

La factibilidad está enfocada a la disponibilidad de los diversos recursos ineludibles para el desarrollo de la propuesta cumpliendo los objetivos establecidos.

El desarrollo del prototipo es viable en varios escenarios entre los cuales están:

4.2.1 Factibilidad técnica

La factibilidad técnica en relación con la adquisición de los materiales y equipos necesarios para el desarrollo son ampliamente ubicables y adquiribles dentro de la provincia y el país.

4.2.2 Factibilidad económica

La factibilidad económica referente al desarrollo del proyecto es sostenible y por consiguiente desarrollable en su totalidad ya que los gastos son financiados por el investigador

4.2.3 factibilidad bibliográfica

La factibilidad bibliográfica englobada a la bibliografía necesaria y requerida para la investigación del proyecto se encuentra ampliamente dentro de artículos científicos, tesis de grado, libros, investigaciones y publicaciones en revistas indexadas.

4.3 REQUERIMIENTO DEL SISTEMA

Los requerimientos del sistema para el desarrollo del prototipo de sistema de reconocimiento facial son de gran importancia en relación a la elección de los elementos de hardware que en conjunto formaran el sistema físico permitiendo una correcta comunicación complementándose con el software que por medio de un lenguaje de programación y la utilización de librerías se encargan de realizar el procesamiento de la información necesaria para la funcionalidad del sistema.

Hardware: Es necesario el empleo de diferentes componentes de hardware para realizar el procesamiento de la información receptada, para lo cual a continuación se muestran las características estándar requeridas para formar parte del sistema:

- Computador
 - 4 GB de memoria RAM
 - SO Windows 10
 - Procesador CUAD CORE 1.2 GHz
 - LCD 17"
 - Disco duro de 500 GB
- Una cámara Digital para la adquisición de las imágenes.
- Un ordenador de placa reducida para la adquisición de datos en forma remota.
- Un módulo GPS.

Software: Se requiere un software que maneje los datos e información dentro de un entorno de programación mediante la utilización de diversas librerías de programación para el tratamiento de las señales y datos recibidos de forma remota permitiendo llegar a la obtención del objetivo planteado, para lo cual se requiere de lo siguiente:

- Lenguaje de Programación que permita el manejo de librerías para el procesamiento de imágenes, ya que el CPU realiza el proceso principal
- Algoritmo de reconocimiento para su aplicación a imágenes
- Sistema operativo para el ordenador de placa reducida.
- Base de datos para almacenamiento de imágenes

4.3.1 Hardware

Comparación entre Computadores

Es el encargado del procesamiento central además de su vital papel en la interacción con los demás dispositivos, el cual debe reunir características específicas como se muestra en la tabla 4.1

Tabla 4. 1 Comparativa de computadores más utilizados

	Apple Mac Pro	Asus N550JK	Acer X556UJ	HP Pavilion g7
Disco Duro	256 GB	1TB	500 GB	750 GB
Procesador	Intel Core i5 2,9GHz	Intel Core i7 2,5GHz	Intel Core i3	AMD A6-3420M 1.50GHz
Tarjeta grafica	Intel Iris Graphics 6100	NVidiaGeForce GTX 850M	NVidiaGeForce 920M	AMD RadeonGraphics
Conectividad	2 USB 3.0/HDMI	3USB3.0/lector de tarjetas SD/HDMI	2 USB 2.0/HDMI	3USB2.0/HDMI/Lector de tarjetas SD
Sistema operativo	OS x	Windows 10 Pro	Windows 10 Home	Windows 10Home
Tipo de almacenamiento	SSD	HDD	HDD	HDD
Resolución	2500 x 1600	1920 x 1080	1366 x 768	1920 x 1080
Memoria RAM	8 GB	8 GB	4 GB	4 GB
Costo	\$ 699	\$ 750	\$ 420	\$350

Elaborado por: Investigador

Con un estudio previo de las características los diferentes ordenadores señalados se ha optado por utilizar la marca HP modelo Pavilion g7, debido a que cumple con los

requerimientos estándares básicos necesarios para un correcto desempeño dentro del sistema de reconocimiento, entre los que se menciona:

- Eficiente soporte técnico
- Menor costo, siendo este un importante factor a tomarse en cuenta en caso de requerirse una implementación masiva.

Comparación de cámaras digitales

Es el dispositivo esencial para la adquisición de las imágenes en tiempo real, para lo cual la selección se basa en características como: Resolución 640 x 480 pixeles, formato MJPEG/WMV, calidad de captura e iluminación.

Para la utilización dentro del sistema es necesario un análisis previo la selección de la cámara adecuada para los requerimientos del sistema, como se lo muestra en la tabla 4.2

Tabla 4. 2 Comparativa entre las cámaras digitales más utilizadas

Características	Logitech C170	Microsoft Lifecam Hd3000	ALTEK	Genius 321
Interfaz	USB 2.0	USB 2.0	USB 2.0	USB 2.0
Zoom	2mpx	8mpx	Lente manual	3 mpx
Formato imagen y video	JPG/AVI	JPEG, BMP/AVI	MJPEG/AVI	MJPEG, WMV/AVI
Sensor	VGA	CMOS	VGA pixel CMOS	VGA pixel CMOS
Resolución	1024x768	720p HD	640 x 480	640 x 480
Compatibilidad	Windows 7/10/vista/XP	Windows 7/10/vista/XP/MAC	Windows 7/10/vista/XP	Windows 7/10/vista/XP/MAC
Driver	Requerido	Plug and play	Plug and play	Plug and play
Costo	\$ 25	\$ 57,40	\$ 19	\$18

Elaborado por: Investigador

En relación al análisis previo realizado se ha optado por la adquisición de la Webcam Genius 321, debido a que cumple con los requisitos óptimos como:

- Por el bajo costo en relación a las características ofrecidas
- Mejor calidad del sensor de conversión de imagen A/D
- Plug and play ya que el ordenador de placa reducida no posee lector de CD

Comparación de micro ordenadores o tarjetas de adquisición de datos

En la actualidad con el despliegue tecnológico se pueden encontrar varios tipos de ordenadores de placa reducida como se muestra en la tabla 4.3, por lo cual es necesaria la valoración de características para su implementación dentro del proyecto actual.

Tabla 4. 3 Comparación entre tarjetas de adquisición de datos

Características	Raspberry Pi 2 modelo B+	Raspberry Pi 3	BeagleBone Black	Orange Pi
CPU	ARM11 700MHz	ARM11 4 núcleos 1,2 GHz a 64 bits	Sitara AM3359AZCZ 1GHz	Allwinner H3 4 núcleos 1GHZ
RAM	512 MB	1GB	512 MB	1 GB
USB	2.0/4	2.0/4	2.0/1	2.0/3
Salidas de video y resolución	HDMI 1920x1200	HDMI 1920x1200	HDMI 1280x1024	HMI 1280x 1024
Almacenamiento	microSD	microSD	microSD	microSD
Ethernet	Si 10/100Mbps	Si 10/100Mbps	Si 10/100Mbps	Si 10/100Mbps
Conexión Wireless 802.11n	NO	SI	NO	NO
Tamaño (mm)	85,6x56,5	85,6x56,5	86.3x53,3	85x55
Peso (g)	45	43	39,6	48
Consumo	5v/600mA	5v/900mA	5v/460mA	5v/600mA
Costo	\$ 64	\$71	\$ 92	\$ 83

Elaborado por: Investigador

Mediante un minucioso análisis de características entre los ordenadores de placa reducida se ha optado por la elección de la tarjeta Raspberry Pi 3 por sus características entre las cuales se destacan:

- Mayor memoria RAM
- Mayor velocidad del Procesador
- Posee tarjeta integrada para la conexión Wireless
- Bajo costo en relación a las características que posee

En la figura 4.3 se muestra una fotografía de miniPC



Fig. 4. 3 Tarjeta de procesamiento Raspberry pi [53]

Comparación de módulos GPS existentes en el mercado

Con el pasar del tiempo en la presente época el uso de módulos GPS en el diseño de sistemas electrónicos ha ido en incremento debido a una necesidad de ubicación constante de dichos sistemas en relación a la obtención de información de forma inmediata como es el caso del traking en vehículos en movimiento. En el desarrollo del

proyecto se requiere la utilización de un módulo GPS, para la obtención de coordenadas en tiempo real para la ubicación de una persona buscada, identificada por el sistema de reconocimiento facial, en la tabla 4.4 se muestra una comparación de los principales módulos GPS utilizados en el desarrollo de sistemas ubicación en tiempo real.

Tabla 4. 4 Comparación entre módulos GPS

Características	Ublox NEO-6M	SKM 53	GPRS
Comunicación	Serial	Serial	I2C
V alimentación	3.5-5 V	5V	6-12V
Tamaño antena	22x22mm	18,2x18,2mm	SMD integrada
Tamaño modulo	23x30mm	30x20mm	81x70mm
Batería incluida	si	si	si
Peso	9gr	14gr	22gr
Sensibilidad	-161dBm	-165 dBm	-143dBm
BaudRate	9600	9600	9600
Exactitud	1 μ s	<1s	1s
Frecuencia receptora	1575.42Mhz	15753Mhz	1800Mhz
Costo	\$ 36	\$65	\$ 70

Elaborado por: Investigador

Conforme al análisis previo de los diferentes módulos GPS existentes en el mercado, se optó por la elección del modulo Ublox NEO-6M ya que cumple las características necesarias como lo son:

- Bajo costo
- Exactitud en la obtención de la señal

En la figura 4.4 se muestra una imagen del módulo GPS seleccionado para el proyecto.



Fig. 4. 4Modulo GPS Ublox NEO-6M[54]

4.3.2 Software

La fase de adquisición y procesamiento de imágenes es el más importante por lo cual es necesario realizar un análisis de los diferentes tipos de software de procesamiento de información existentes en la actualidad para llevar a cabo este proposito, en la tabla 4.5 se detallan cada una de las características de estas herramientas de programación.

Tabla 4. 5 Comparación entre herramientas de programación

Características	Visual Studio	SimpleCV	OpenCV	Matlab
Sistema Operativo	Windows	Multiplataforma	Multiplataforma	Multiplataforma
Idioma	Múltiple	Ingles	Ingles	Ingles
Licencia	Propietario	Libre	Libre	Propietario
Última actualización	2015	1.3	3.1	2016
Aplicaciones	-Diseño de plataformas web -Visión Artificial -Diseño de sistemas embebidos -Procesamiento de Imágenes	-Procesamiento de imágenes -Visión Artificial	Reconocimiento de objetos -Visión Artificial -Procesamiento de imágenes	-Software matemático -Visión artificial -Diseño de controladores -Análisis estadístico
Ventajas	-Posee interfaz gráfica eficiente -Amplia documentación -Librerías de reconocimiento facial -Ejecución de código de forma remota, mediante conexión con Windows IoT	-posee una amplia bibliotecaopensource -Lenguaje orientado a objetos	-Biblioteca opensource -Específico para visión artificial -Amplia documentación	-Lenguaje de alto nivel -Orientado a objetos -Gráficos de calidad
Desventajas	-No es posible la exportación de código a otras plataformas	-Lentitud al compilar	-Necesita librerías IPL extra	-Mayor consumo de recursos de la PC
Costo	\$499	Gratuita	Gratuita	\$2650

Elaborado por: Investigador

Después de un completo análisis de cada herramienta de programación se seleccionó Visual Studio 2015 debido a varias características:

- Es un lenguaje que está orientado a objetos, permitiendo el desarrollo de aplicaciones empresariales en diversos ámbitos.
- Cuenta con librerías y funciones sólidas para el procesamiento de imágenes
- Es un software robusto, ya que posee una seguridad en el tratamiento de tipos de datos.

- Permite una completa interacción con diversas plataformas para una interoperabilidad mediante servicios .NET Framework teniendo acceso basado en bibliotecas.
- Menor consumo de memoria durante procesamiento de datos.
- Posibilidad de utilización de 5 usuarios con una misma cuenta con la creación de Visual Studio Team.
- Extensa cantidad de información para su aprendizaje y utilización.
- Posee compatibilidad Windows IoTCore para establecer una comunicación con el ordenador de placa reducida, por medio de direccionamiento ip en forma remota.
- Permite un monitoreo constante en forma remota con la placa Raspberry Pi.
- Gran cantidad de características en relación a su bajo precio.

Análisis de las principales técnicas de reconocimiento facial

Las principales técnicas utilizadas en el reconocimiento facial se muestran en la tabla 4.6a continuación mediante un cuadro comparativo

Tabla 4.6 Ventajas y Desventajas de los algoritmos de reconocimiento

Técnica	Ventajas	Desventajas
LDA	Maximiza la varianza entre clases desconocidas. Minimiza la varianza entre las diferentes clases ya conocidas.	-Dificultades al momento de trabajar con matrices singulares. -Complicaciones a la hora de reestablecer datos originales.
EBGM	Analiza los puntos de referencia mediante la aplicación de la transformada de Gabor. La posición y expresión no afecta al análisis de características.	-deficiencia en la localización de los puntos característicos de referencia para el análisis.
PCA	-Permite la reducción en la dimensionalidad de los conjuntos de datos. -Ampliamente usada para la distinción entre las similitudes y diferencias de las combinaciones lineales de las imágenes obtenidas y las almacenadas. -Es uno de los algoritmos más utilizados. -Mayor facilidad en la implementación del algoritmo. -Empleado en sistemas de reconocimiento en tiempo real. -Trabaja en tiempo real con los datos de registros de las imágenes de los individuos a identificarse.	-La luminosidad al momento de realizar la extracción de imágenes.
	-Es mayormente conocido en el desarrollo de aplicaciones prácticas.	-Dificultad al momento de recuperar datos originales.

LPP	-Minimiza la dimensionalidad de los datos.	-No trabaja con vectores ortogonales. -No es un método supervisado.
------------	--	--

Elaborado por: Investigador

Las librerías utilizadas por Visual Studio 2015 para el procesamiento de imágenes para reconocimiento facial utilizan el Análisis de Componentes Principales (PCA), funcionando mediante el conjunto de funciones conocidas como Face API. Para el análisis de características faciales relacionadas con la captura de la imagen del rostro a identificar, permitiendo la reducción de dimensionalidad, eliminando la información no relevante. Además que al hacer uso de algoritmos para descomprimir las estructuras faciales en componentes ortogonales denominados Eigenfaces, y de esta forma al hacer uso de combinaciones lineales es capaz de distinguir las diferentes similitudes entre las imágenes que se ingresan al sistema en relación con las almacenadas en el mismo, gracias a un correcto análisis al momento de la extracción de cada una de las características faciales que componen la imagen del rostro capturado.

Comparación de sistemas Operativos para la tarjeta Raspberry pi

Debido a la cantidad de sistemas operativos que corren en la placa Raspberry pi como se muestra en la tabla 4.7 basados en Linux es necesario identificar las características de cada uno.

Tabla 4. 7 Sistemas operativos para Raspberry pi

Sistema Operativo	Descripción
Ubuntu Mate	Está basada en Linux mediante el uso de software libre y código totalmente abierto
OSMC	Una característica sobresaliente es su velocidad y fácil manejo usado principalmente en los mediacenter
PINET	Es un proyecto basado en código abierto usando redes de usuarios basado en la red
Raspbian	Una de las más conocidas y empleadas por los usuarios desarrollada en base a debían, siendo posible su manejo a través de SSH
SNAPPI UBUNTU CORE	Considerada una distribución base, el cual maneja un concepto diferente llamado SNAPPY
Windows 10 IoT Core	Usado en el sistema operativo Windows diseñada especialmente para el desarrollo de proyectos electrónicos mediante la mini PC Raspberry Pi

Elaborado por: Investigador

Mediante un análisis previo se optó por la instalación de Windows IoT Core debido a que posee múltiples ventajas sobre otros sistemas operativos, entre los que se puede mencionar:

- Arquitectura interna de 32 bits
- Compatibilidad con Visual Studio como entorno de programación
- Interfaz de monitoreo remoto mediante direccionamiento ip

Base de datos

Dentro del diseño del sistema es importante la utilización de una base de datos para el almacenamiento del registro de las personas que han sido identificadas por el mismo como se muestra en la tabla 4.8

Tabla 4. 8 Comparación entre gestores de bases de datos

	Oracle	MySQL	SQL Server	SQLite
Plataforma	Windows, Mac, Linux	Windows, Unix., Linux	Windows todas las versiones	Windows, Linux, MacOS
Ventajas	-Soporta varias funciones de un servidor siendo la más completa -Proporciona una base de datos más orientada a internet -Es multiplataforma	-Alta velocidad, seguridad y conectividad de operaciones -Bajos costos a la hora de hacer bases de datos -Facilidad en su configuración -Baja probabilidad de dañar datos	-Útil al manejar datos de internet -Facilidad de trabajo compartido -Permite administrar permisos de todo	Lee y escribe de forma directa sobre archivos almacenados en el disco duro -Realiza operaciones de manera más eficiente que otras bases de datos -En la versión 3 soporta hasta 2 TB de tamaño de bases de datos
Desventajas	-Licencia con un alto costo -Elevado costo de la información relacionada con Oracle -Lentitud al ser mal configurado	-No es intuitivo Gran cantidad de utilidades no están documentadas	-Utiliza gran cantidad de memoria RAM -Posee varias restricciones al momento de realizar practicas -Relación precio calidad menor a Oracle	-No posee clave foránea cuando se crea tabla estando en el modo de consola
Lenguajes	Java, SQL, PHP, .NET	C++, C, PHP, Java, etc.	T-SQL	Java, PHP, C#, Ruby

Memoria	13 GB	200MB	2GB	200 MB
Licencia	Pagada	Pagada	Pagada	Gratuita
Versión	11g Reléase	6.0.0	SQL Enterprise	SQLite 3.8.2

Elaborado por: Investigador

Por lo mencionado anteriormente se ha determinado que la mejor opción a utilizarse es SQLite debido a que es la mejor alternativa para el manejo de la información, por sus principales características como lo son:

- Menor consumo de memoria RAM
- Mayor velocidad en ejecución
- Licencia Gratuita
- Reducido espacio en el sistema

4.4 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

El sistema se encuentra desarrollado en diferentes fases evitando fallos en el reconocimiento, optimizando la velocidad de identificación y alerta de ubicación, en la figura 4.5 se identifica las etapas del sistema propuesto.

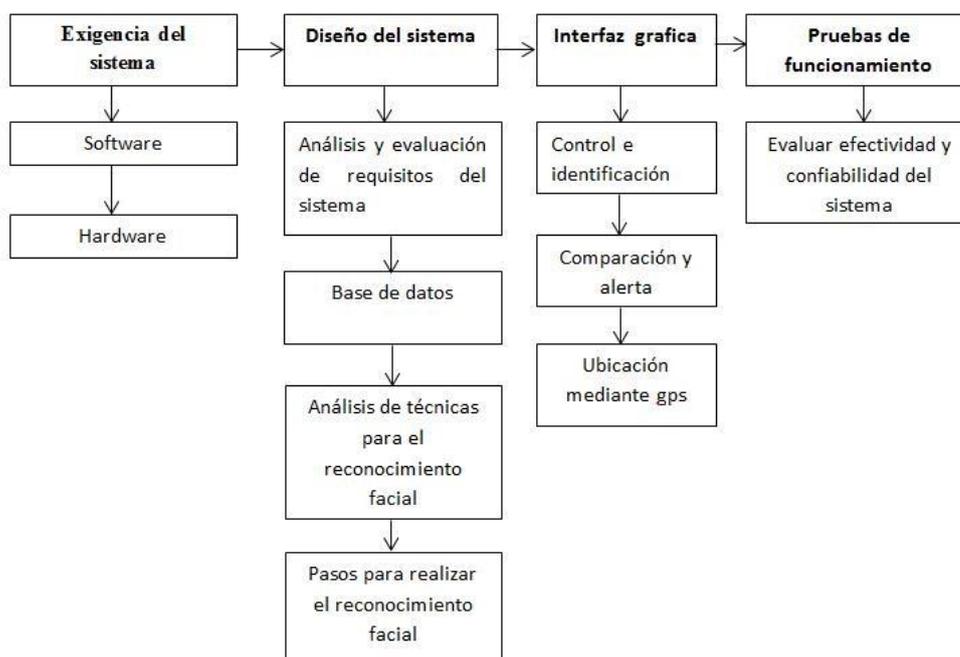


Fig. 4. 5Diagrama secuencial para el reconocimiento facial
Elaborado por: Investigador

4.5 DISEÑO DEL SISTEMA

El sistema tiene como propósito realizar el reconocimiento facial de personas buscadas y brindar una alerta en tiempo real, así como el posicionamiento del sistema mediante las

coordenadas GPS de latitud y longitud. Para lo cual en el desarrollo del sistema se tomó en cuenta algunos requerimientos importantes como lo son: velocidad de procesamiento, eficacia, tamaño, además del costo de elementos empleados en el desarrollo del prototipo de sistema de reconocimiento facial, en la figura 4.6 y 4.7 se muestra un esquema general de conexión de hardware del sistema de reconocimiento.

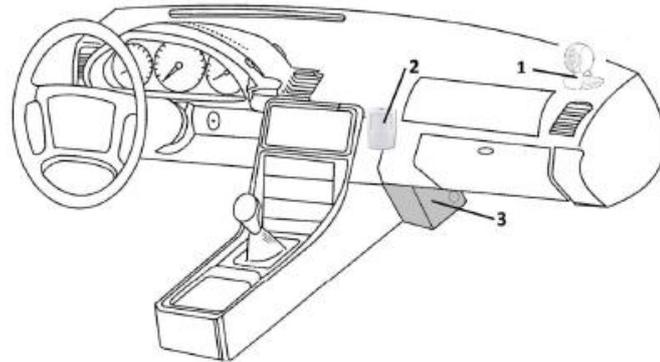


Fig. 4. 6 Ubicación de los componentes del sistema remoto
Elaborado por: Investigador

1. Cámara
2. Sensor de presencia
3. Caja con los demás elementos del sistema de reconocimiento
 - Modulo GPS
 - Ordenador de placa reducida
 - Cable de alimentación
 - Batería de alimentación

En la figura 4.7 se muestra la ubicación del centro destinado al monitoreo del sistema de reconocimiento facial.

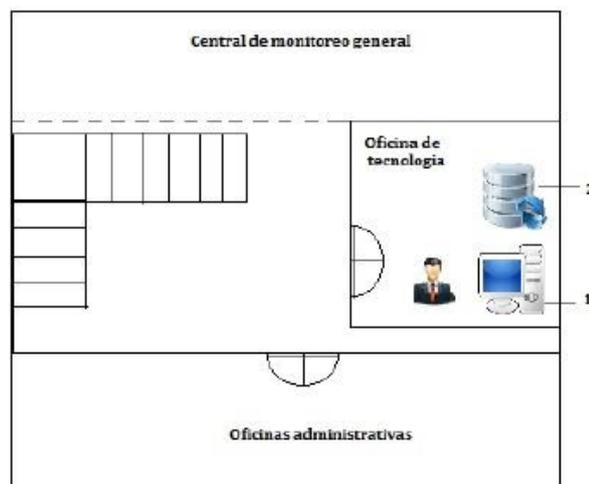


Fig. 4. 7 Diagrama del centro de monitoreo del ECU-911
Elaborado por: Investigador

1. Computador Principal (procesamiento centralizado)
2. Base de datos (registro de reconocimiento)

La ocupación del sistema es brindar un reconocimiento y alerta en caso de contrastar alguna persona solicitada por la justicia con la base de datos existente para dicha comparación, alertando su ubicación mediante GPS, actualizando el registro de forma remota conforme el listado aumente.

4.5.1 Análisis de requerimientos de la empresa

Los requerimientos necesarios se identificaron mediante una entrevista al administrador del departamento de tecnología así como un análisis previo conociendo el estado actual del sistema de alerta de emergencias empleado en taxis y buses, además del manejo de cámaras de seguridad del SIS ECU 911, por lo cual se estableció el desarrollo de un sistema el cual realiza funciones como:

- Captura de la imagen facial del individuo por parte del sistema de reconocimiento instalado a bordo del vehículo en movimiento para su procesamiento en forma remota.
- Interfaz de usuario intuitiva y amigable para un mejor desempeño por parte del administrador que será el encargado de monitorear el sistema de reconocimiento.
- Análisis y procesamiento de información en tiempo real, con la finalidad de reducir los intervalos de alerta por localización de una persona buscada
- Comparación y extracción de las características faciales con las de los individuos almacenados en el sistema de forma eficiente.
- Alerta inmediata de reconocimiento una vez que el sistema ha identificado y reconocido la presencia de una persona buscada.
- Posicionamiento exacto del sistema en tiempo real por medio de coordenadas GPS en relación a la latitud y longitud.
- Obtener un sistema eficiente con costos reducidos, para complementar los sistemas de monitoreo manual.

4.5.2 Bases de datos para registro de identificación

Se procedió con la recopilación de 5 imágenes del rostro de cada uno de los individuos buscados por el sistema para realizar las respectivas pruebas de funcionamiento, estas se almacenan con un tamaño de 640x480 píxeles.

Base de datos de información de personas buscadas

En la figura 4.8 se muestra la base de datos, en la cual se registra nombre, hora de identificación, posición GPS, ciudad, nombre de calle, estos datos se obtienen de cada persona que ha sido identificada y reconocida por el sistema.

Id	Nombre	Tiempo	Posicion	ciudad	calle	efectividad
1	luis	8/9/2016 7:14:42 AM	-1.2770, -78.6193	Ambato	Julio Cañar	88.96
2	marco	8/9/2016 7:34:55 AM	-1.2771, -78.6195	Ambato	Julio Cañar	87.31
3	lii	8/9/2016 9:43:33 AM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	82.63
4	marcelo	8/9/2016 9:44:26 AM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	82.50
5	ernesto	8/9/2016 9:56:37 AM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	82.1
6	marcelo	8/9/2016 9:57:18 AM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	82.3
7	jose	8/9/2016 3:48:02 PM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	87.7
8	adrian	8/9/2016 4:17:18 PM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	88.1
9	marco	8/9/2016 5:42:15 PM	-1.2680, -78.6244	Ambato		85.9
10	fernando	8/16/2016 11:28:22 ...	-1.2771, -78.6195	Ambato	Julio Cañar	89.0
11	fernando	8/16/2016 11:40:05 ...	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	87.0
12	luis	8/16/2016 11:41:40 ...	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	82.8
13	julio	8/16/2016 11:49:07 ...	-1.2768, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	83.3

Fig. 4. 8 Tabla de registro de personas identificadas en SQLite
Elaborado por: Investigador

4.5.3 Etapas necesarias para realizar el reconocimiento facial

El sistema brinda un tratamiento a las imágenes una vez que han sido adquiridas, lo cual ayuda a mejorar la precisión a la hora de identificación, además de su buen funcionamiento del sistema el cual se lo realiza por etapas como se observa en el diagrama de la figura 4.9



Fig. 4.9 Etapas para el desarrollo del sistema de reconocimiento facial
Elaborado por: Investigador

A) Adquisición y pre procesamiento

La correcta identificación de las personas requiere de un correcto proceso en el cual primeramente se adquiere la imagen mediante la cámara web y posteriormente se realiza un pre procesamiento para que la imagen mejore en su resolución, con la finalidad de tener una correcta extracción de características faciales, como se muestra en el diagrama de flujo en la figura 4.10

Consiste en la captura de la imagen facial de una persona para lo cual el sistema captura una imagen mediante el uso de la cámara para la adquisición de la misma, y es indispensable la utilización de la librería adecuada para el uso de la cámara conectada al sistema.

Los pasos a seguir para la detección del rostro son los siguientes

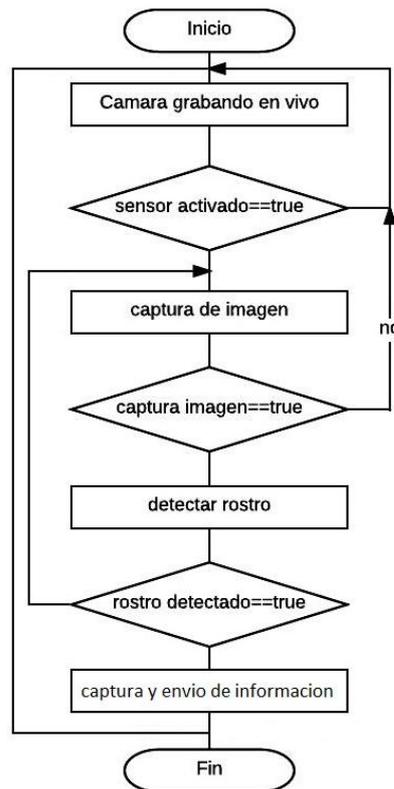


Fig. 4. 10Diagrama de flujo para detección de un rostro
Elaborado por: Investigador

El primer paso es el establecimiento de la conexión entre la cámara y el sistema de reconocimiento de forma correcta, posterior a esto se realiza la adquisición de la imagen por medio del ordenador de placa reducida, permitiendo una extracción de las características faciales por medio del uso de librerías denominadas Face API para el reconocimiento del rostro de las personas que han pasado por el sistema de reconocimiento.

B) Envió de información

Una vez realizada la etapa de adquisición y pre procesamiento de la imagen esta información es enviada por la nube, conjuntamente con el resto de información necesaria como la posición del sistema con las coordenadas GPS, para lo que se necesita

una conexión con un modem LTE, siendo requerimiento necesario para que el sistema funcione en sitios en movimiento como sistemas de transportación, la información es receptada en la computadora central que es la encargada de realizar el procesamiento de manera centralizada gracias a que se crea un puente virtual por medio de una dirección ip que es establecida para el ordenador de placa reducida, haciendo uso del software seleccionado para la extracción de imágenes faciales de las personas que pasen por este sistema de identificación y reconocimiento.

C) Extracción de características (Procesamiento principal)

Con la información disponible en el computador central con relación a los rostros almacenados por carpetas se procede con un análisis de los mismos haciendo uso de las funciones de Face API proporcionadas por Visual Studio, para poder extraer las características de la imagen para su reconocimiento, internamente realiza procesos importantes como lo son:

Ecuación del histograma: La ecualización del histograma es la variación realizadade una imagen en zonas específicas, obteniéndose distribuciones uniformes de escala de grises, en otras palabras la misma cantidad de pixeles en los niveles de gris, correspondientes a una combinación de 2^8 tonos posibles, lo que se muestran mediante el uso de la ecuación. (12)

$$S_k = T(r_k) = (L - 1) \sum_{j=0}^k P_r(r_j) = \frac{L - 1}{M \times N} \sum_{j=0}^k n_j \quad (12)$$

Dónde:

S_k = imagen de salida

$T(r_k)$ = Es el valor único creciente en el intervalo $0 \leq r \leq 1$

L = niveles de grises

M =ancho de imagen

N =alto de la imagen

P_r =densidad de probabilidad

n_k =número de pixeles

r_k =nivel de gris

k -esimo nivel de gris

n_j =número de pixeles que tiene el nivel de gris r_j

Al momento de calcular la ecualización de un histograma se muestra una relación de imágenes mediante una asignación de cada uno de los pixeles de la entrada y la intensidad de r_k el cual se considera como un pixel de salida s_k , como ejemplo práctico a

continuación se muestra la tabla de cálculo de una imagen de 4096 pixeles con 8 niveles de gris como se muestra en la tabla 4.9

Tabla 4.9 Ejemplo de Distribución de Pixeles con 8 niveles de Grises

Nivel de gris (r_k)	Numero de pixeles (n_k)	$P_r(r_k)=(n_k)/(M \times N)$
$r_0=0$	450	0.11
$r_1=1$	1475	0.36
$r_2=2$	680	0.12
$r_3=3$	565	0.14
$r_4=4$	512	0.13
$r_5=5$	320	0.08
$r_6=6$	170	0.04
$r_7=7$	85	0.02

Elaborado por: Investigador

Al momento de calcular la densidad de probabilidad de cada nivel de gris $P_r(r_k)$ es necesaria la utilización de la ecuación (13):

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{M \times N} \quad (13)$$

En donde al realizar el cálculo de cada nivel tomando en cuenta la ecuación para hallar de la densidad se tiene:

$$P_r(r_0) = \frac{450}{4096} = 0.11$$

$$P_r(r_1) = \frac{1475}{4096} = 0.36$$

$$P_r(r_2) = \frac{680}{4096} = 0.12$$

.

$$P_r(r_7) = \frac{85}{4096} = 0.02$$

De esta forma se aplica la ecuación anterior para la obtención de los valores que ecualizan la imagen lo cual aproxima a un valor valedero muy cercano

$$s_1 = T(r_1) = (8 - 1) \sum_{j=0}^1 P_r(r_j) = 0.11 + 0.36 = 0.47$$

$$s_2 = T(r_2) = (8 - 1) \sum_{j=0}^2 P_r(r_j) = 0.11 + 0.36 + 0.12 = 0.59$$

$$S_0 = 1.33 \Rightarrow 1$$

$$S_1=3.08 \Rightarrow 3$$

$$S_2=4.55 \Rightarrow 5$$

$$S_3=5.67 \Rightarrow 6$$

$$S_4=6.23 \Rightarrow 6$$

$$S_5=6.65 \Rightarrow 7$$

$$S_6=6.86 \Rightarrow 7$$

$$S_7=7.00 \Rightarrow 7$$

De esta forma se obtuvo el histograma en el cual $r_0=0$ ha cambiado por $s_0=1$, así quedaría distribuido de la siguiente manera como se muestra en la tabla 4.10

Tabla 4.10 Cantidad de pixeles por nivel en referencia a un histograma

Histograma ecualizado r_k	Cantidad de pixeles n_k
$S_0=1$	790
$S_1=3$	1023
$S_2=5$	850
$S_3=6$	656
$S_4=6$	329
$S_5=7$	245
$S_6=7$	122
$S_7=7$	81

Elaborado por: Investigador

La detección e identificación del rostro se realiza por la extracción de características específicas faciales como: ojos, nariz, cejas, boca, posición, área, etc. Estos pixeles permiten realizar una diferenciación al intentar efectuar un reconocimiento de los mismos.

Es necesario el cálculo de los eigenfaces para poder hacer la extracción de las características faciales, las cuales deben corresponder con los rostros de las mismas clases establecidos para cada conjunto de imágenes por persona y muy diferentes a los rostros existentes en las diferentes clases.

D) Reconocimiento

El reconocimiento de rostros se realiza mediante un análisis estadístico una vez extraídas las características faciales de las personas las cuales están almacenadas de forma temporal, para lo cual internamente mediante el uso de funciones especiales como lo es la aplicación del Análisis de Componentes Principales, el cual transforma las características faciales en información relevante, siendo necesaria la utilización de comparaciones mediante medidas de distancia, así examinando las diferencias entre

imágenes. Esta se determina por la utilización de la mediana Euclidiana, estos son los que poseen características normales.

La distancia Euclidiana es definida como el cuadrado de la suma de diferencias entre muchas componentes de su vector raíz, la cual se analiza por la ecuación (14) siguiente:

$$d = \sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2 + \dots + (a_n - b_n)^2} \quad (14)$$

Esto se calcula considerando de ejemplo una imagen digital de matriz

$$X = \begin{bmatrix} 3 & 5 & 2 & 4 \\ 1 & 0 & 3 & 5 \\ 9 & 10 & 2 & 5 \end{bmatrix}$$

Utilizando la aplicación de la ecuación anterior se obtuvo los siguientes datos:

$$d_1 = \sqrt{(3 - 1)^2 + (5 - 0)^2 + (2 - 3)^2 + (4 - 5)^2} = 5.57$$

$$d_2 = \sqrt{(3 - 9)^2 + (5 - 10)^2 + (2 - 2)^2 + (4 - 5)^2} = 7.75$$

$$d_3 = \sqrt{(1 - 9)^2 + (0 - 10)^2 + (3 - 2)^2 + (5 - 5)^2} = 12.85$$

De esta forma se definió la matriz de distancia euclidiana

$$\begin{bmatrix} & s1 & s2 & s3 \\ s1 & 0 & 5.57 & 7.75 \\ s2 & & 0 & 12.85 \\ s3 & & & 0 \end{bmatrix}$$

E) Alerta de ubicación

En la figura 4.11 se muestra esta importante etapa, ya que una vez identificada una persona buscada que concuerda con un registro en la base de datos, en la cual muestra la información relacionada con la ubicación por medio de las coordenadas en donde se encuentra, las cuales servirán para ubicar su posición relativa a un mapa, de esta forma se envía la alerta a una correo institucional el cual podrá leerse desde un dispositivo electrónico como lo es una Tablet o celular el cual podría llevar consigo la persona encargada de administrar el sistema como se muestra en la figura 4.12.



Fig. 4.11 Interfaz gráfica de ubicación GPS
Elaborado por: Investigador



Fig. 4.12Alerta de ubicación enviada en el e-mail
Elaborado por: Investigador

Ajuste de tamaño: El sistema realiza un redimensionamiento de las imágenes extraídas con la cámara web a un tamaño de 640x480 pixeles para almacenarlas en el mismo, las cuales corresponden a matrices de tamaño adecuado para continuar con el análisis de cada una de las características faciales.

4.6 INTERFAZ GRAFICA DE USUARIO

En la figura 4.13 se muestra la interfaz gráfica de usuario la cual será manipulada por la persona que monitoree el sistema, la misma que brindar una vista agradable y cómoda manipulación de las diferentes opciones con que cuenta el sistema de reconocimiento facial, esta se visualiza por medio de la aplicación gratuita Windows IoT Watcher.



Fig. 4.13Interfaz gráfica principal del sistema
Elaborado por: Investigador

De la figura 4.13 se detalla lo siguiente:

- 1) Pantalla de monitoreo constante del sistema en tiempo real.
- 2) Registro de personas identificadas que han sido reconocidas por el sistema
- 3) Listado de almacenamiento de las personas buscadas.
- 4) Mapa que muestra en tiempo real la ubicación del sistema en movimiento.

- 5) Segmento de pantalla en el que se muestra la imagen facial de cada persona que se ha identificado por el sistema de reconocimiento, la misma que es enviada como parte de la señal de alerta de localización.

Posteriormente en las figuras 4.14, 4.15, 4.16 se realiza una detallada descripción de las diferentes opciones que posee el sistema mediante diagramas de flujo con su respectiva explicación

4.6.1 Identificación y reconocimiento

Esta es la forma en la cual una vez encendido el sistema es capaz de reconocer una persona que pasa a través del mismo.

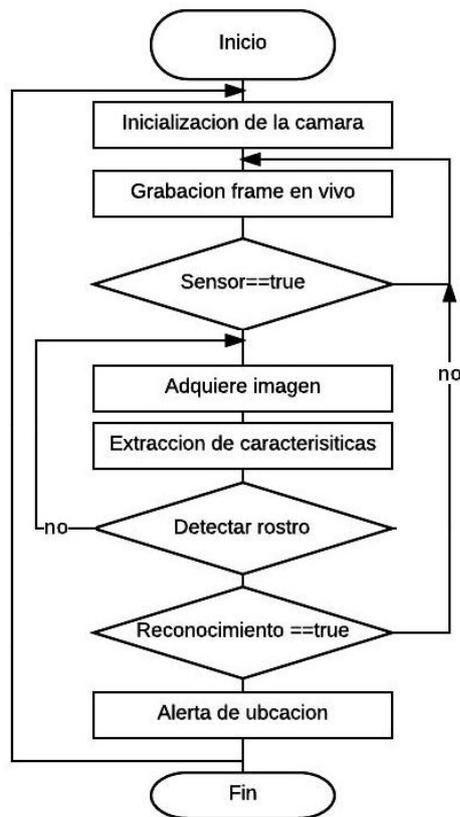


Fig. 4.14 Diagrama de flujo de identificación y reconocimiento
Elaborado por: Investigador

4.6.2 Adición de persona al sistema

De esta forma se procede con el ingreso de un nuevo individuo al sistema con su fotografía y nombre con el cual será identificado por el sistema.

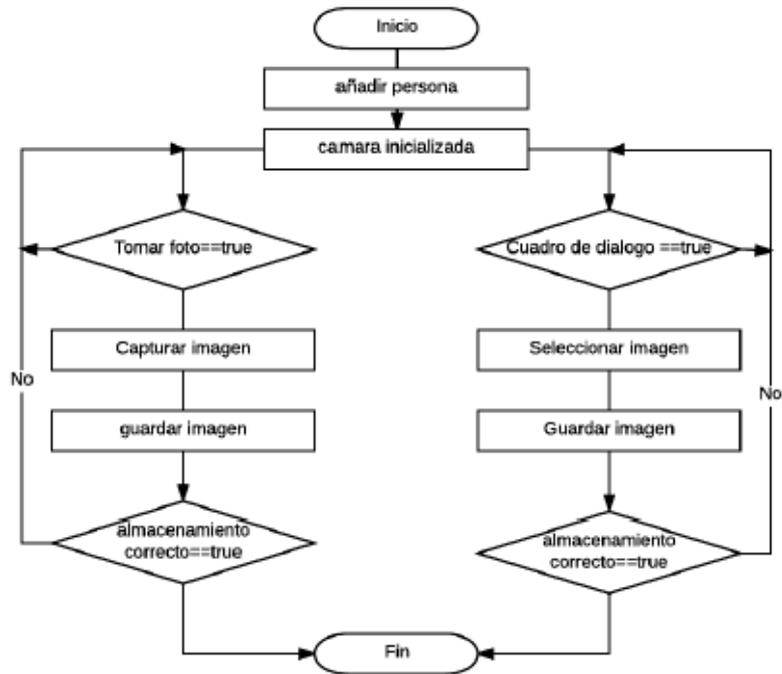


Fig. 4.15 Diagrama de flujo para añadir persona al sistema
Elaborado por: Investigador

Alerta de ubicación GPS

Se utiliza un email para la recepción de alertas enviadas por el sistema de reconocimiento cada vez que una persona registrada ha sido identificada por el sistema.

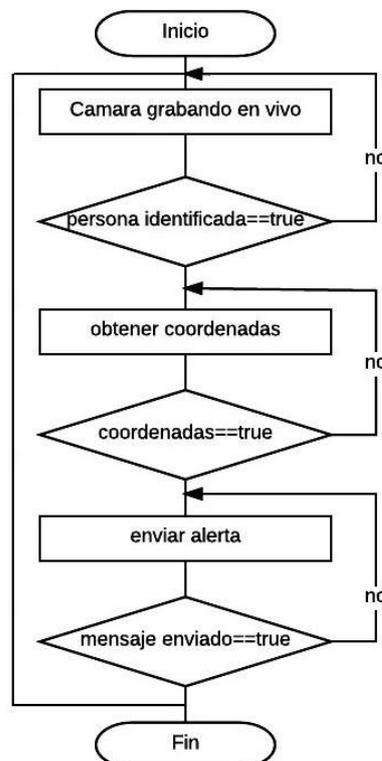


Fig. 4.16 Diagrama de flujo envío de posición GPS
Elaborado por: Investigador

4.7 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO

Una vez desarrollada la programación del sistema de reconocimiento, seleccionados cada uno de los elementos y dispositivos electrónicos correctos que componen el segmento de hardware del sistema propuesto, se procede en base a los siguientes ítems:

a) Ubicación de los elementos del prototipo de reconocimiento

El sistema de reconocimiento presenta un diseño en forma de caja como se muestra en la figura 4.17



Fig. 4.17 Armazón del sistema de reconocimiento
Elaborado por: Investigador

De la figura 4.17, se detalla lo siguiente

- El armazón del sistema de reconocimiento está elaborado en plástico de 3mm de alta calidad de color plateado metálico.
- Posee una abertura en la cual se encuentra insertado un ventilador para efectos de reducción en la temperatura del sistema y cada uno de sus componentes.

b) Ubicación de placas electrónicas en el armazón del sistema de reconocimiento.

En la figura 4.18 se ilustra la ubicación de cada placa electrónica en el interior del armazón del sistema de reconocimiento



Fig. 4.18 Ubicación de placas en el interior del armazón
Elaborado por: Investigador

c) Cableado de las placas electrónicas hacia la placa principal Raspberry Pi

Una vez las placas electrónicas han sido ubicadas en el lugar correspondiente, se procede con la respectiva conexión mediante cables tipo hembra-hembra entre los puertos GPIO de la placa principal Raspberry Pi y las placas GPS, módulo Relé, así como su alimentación por medio de un cargador de 5V colocado en el interior del armazón del sistema de reconocimiento, de igual manera se conecta la cámara por medio del puerto USB para la extracción de imágenes con el fin propuesto. Esto se muestra en la figura 4.19



Fig. 4.19 Cableado interior del sistema de reconocimiento

Elaborado por: Investigador

d) Ubicación del prototipo en una unidad de transporte

A continuación se muestra la ubicación de los diferentes componentes electrónicos que componen el sistema de reconocimiento facial, los cuales como muestra la figura 4.20 se encuentran ubicados de la siguiente forma:



Fig. 4.20 Conexión del sistema de reconocimiento en una unidad de transporte

Elaborado por: Investigador

De la figura 4.20, se describe lo siguiente:

- **Armazón con componentes electrónicos:** están situados en el compartimento superior de la cabina del conductor
- **Cámara:** está ubicada en un tubo de sujeción al ingreso de la unidad
- **Sensor de presencia:** está ubicado al ingreso de la unidad

4.8 FUNCIONAMIENTO

En el desarrollo del sistema de reconocimiento facial, fueron necesarias pruebas de funcionamiento, con la finalidad de determinar los diferentes porcentajes de confiabilidad de dicho sistema, tomando en cuenta que el mismo realiza un procesamiento de la imagen receptada por la cámara web una vez que el sensor de presencia ha sido activado, de esta forma la captura del rostro es procesada mediante un análisis de características faciales del individuo en comparación con los rostros almacenados dentro del sistema.

4.8.1 Análisis de resultados

El sistema realizó pruebas de funcionamiento para determinar el nivel de eficacia en el reconocimiento de las personas que pasan por el sistema, para lo cual se obtiene los siguientes tipos de datos:

Persona Buscada – Identificada: Al momento que una persona buscada pasa por el sistema y es identificada mediante su nombre y posición, este es el caso exitoso y se denomina verdadero positivo.

Persona Buscada – No Identificada: Al momento que una persona buscada pasa por el sistema y no es identificada mediante su nombre y posición, este es el caso fallido y se denomina falso negativo.

Persona No Buscada – No Identificada: Al momento que una persona no buscada pasa por el sistema y no es identificada por el mismo y se denomina verdadero negativo

4.9 EFECTIVIDAD Y CONFIABILIDAD EN EL SISTEMA

Una vez establecidas las pruebas respectivas durante el día y la noche se procede con el cálculo del porcentaje total de efectividad brindado por el sistema. Para lo cual se realiza un análisis de cada uno de los casos que el sistema brinda, a continuación se presentan los resultados efectuados durante el día y la noche haciendo uso de la ecuación 15

$$x = \frac{\# \text{ de casos efectuados} * 100\%}{\# \text{ total de capturas efectuadas}} \quad (15)$$

4.9.1 Resultados obtenidos durante el día

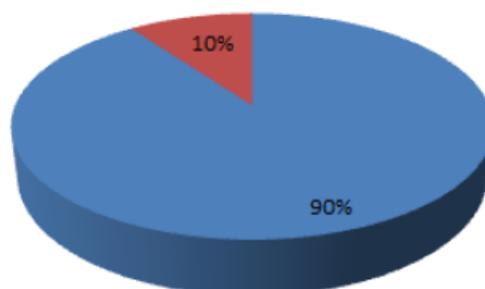
Se capturaron 20 fotografías de personas buscadas por el sistema y 10 fotografías a personas externas no registradas en el sistema. En general se obtuvieron 30 capturas entre personas buscadas y no buscadas. En la tabla 4.11 se muestra la cantidad de capturas realizadas durante el día, para encontrar el porcentaje de efectividad para el resultado se utiliza la ecuación 14 y el porcentaje de efectividad se muestra en la figura 4.21

Tabla 4.11 Cantidad de capturas realizadas durante el día

Resultados en el día	# casos	Porcentaje
1. Persona buscada - identificada	17	56,66%
2. Persona buscada - no identificada	3	10,00%
3. Persona no buscada - no identificada	10	33,33%

Elaborado por: Investigador

■ 1 ■ 2



4.21 Porcentaje de efectividad durante el día

Elaborado por: El Investigador

4.9.2 Resultados obtenidos durante la noche

De igual forma que se realizó en el día, en la noche se capturaron en un total de 30 fotografías a individuos buscados y 15 fotos a individuos externos al registro de personas. En general se obtuvieron 45 capturas entre personas buscadas y no buscadas. En la tabla 4.12 se muestra la cantidad de capturas realizadas durante la noche, para hallar el porcentaje de efectividad por resultado obtenido se utiliza la ecuación 14 y el porcentaje de efectividad se muestra en la figura 4.22

Tabla 4.12 Cantidad de capturas realizadas durante la noche

Resultados en la noche	# casos	Porcentaje
1.Persona buscada - identificada	24	53,33%
2.Persona buscada - no identificada	6	13,33%
3.Persona no buscada-no identificada	15	33,33%

Elaborado por: Investigador

■ 1 ■ 2

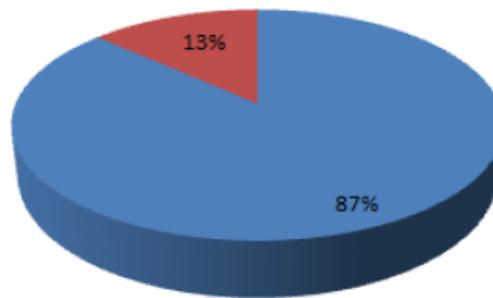


Fig.4.22 Porcentaje de efectividad durante la noche

Elaborado por: El Investigador

En la tabla 4.13 se muestran los resultados totales en relación a las pruebas de confiabilidad realizadas y los porcentajes de efectividad se muestran en la figura 4.19.

Tabla. 4. 13 Porcentajes totales de efectividad del sistema

	Día	Noche
% de efectividad	89,99%	86,66%
% de inconsistencia	10,00%	13,33%
% total	100%	100%

Elaborado por: Investigador

4.10 ANÁLISIS ECONÓMICO EFECTUADO EN EL PROYECTO

4.10.1 Costos de Hardware

Mediante este análisis se muestra en la tabla 4.14 los diversos dispositivos y componentes hardware empleados en el desarrollo del sistema de monitoreo y reconocimiento facial.

Tabla. 4. 14 Valores de hardware empleado en el sistema

DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO(USD)	VALOR TOTAL(USD)
Placa Raspberry pi	1	71	71
Cámara Web Digital	1	18	18
Modulo GPS	1	36	36
Computador	1	350	350
Batería Recargable	1	22,5	22,5
Sensor de Presencia	1	7,5	7,5
Módulo Relé	1	5,5	5,5
Alarma	1	11	11
Extensión eléctrica	1	4	4
Cargador 5V	1	5	5
Caja de plástico	1	19	19
tornillos	20	0,15	3
Cable Cat 5E(m)	5	0,65	3,25
Espadines Hembra	8	0,6	4,8
Espadines Macho	8	0,6	4,8
Rollo de estaño(45gr)	1	3	3
Memoria Micro (16Gb)	1	13	13
Total			581,35

Elaborado por: Investigador

4.10.2 Costo de Software

A continuación en la tabla 4.15 se muestran los valores en relación al costo por la utilización de software propietario utilizado en el desarrollo del sistema de reconocimiento facial.

Tabla. 4. 15 Valores del Software utilizado en el sistema

DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO(USD)	VALOR TOTAL(USD)
Licencia Visual Studio 2015	1	499	499
Licencia Windows 10	1	148	148
Total			647

Elaborado por: Investigador

Debido a que el sistema de reconocimiento corresponde con un trabajo de investigación, se debe cancelar el valor correspondiente de las licencias de software utilizadas en el desarrollo del proyecto de la siguiente forma:

- Licencia de Microsoft Visual Studio 2015: una sola vez (licencia de por vida)
- Licencia Microsoft Windows 10: una sola vez (licencia de por vida)

4.10.3 Costo de diseño

La valoración total del costo económico para el diseño de este sistema de reconocimiento facial, se tomar como referencia el salario básico establecido por el Ministerio del Trabajo para un Ingeniero en electrónica es:

Mes: \$ 394,59

Día: $\$ 394,59/30 = \$ 13,15$

Hora: $\$ 13,15/8 = \$ 1,64$

El tiempo estimado de desarrollo fue de 100 horas, distribuidas como se detalla en la tabla 4.16 de la siguiente forma:

Tabla. 4. 16 Costos del diseño del sistema de reconocimiento

DESCRIPCION	TIEMPO(HORAS)	COSTO HORA (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Diseño Prototipo	25	1,64	41,00
Programación	60	1,64	98,40
Pruebas funcionamiento	15	1,64	24,60
		Valor Total	164,00

Elaborado por: Investigador

4.10.4 Costo total del prototipo

En la tabla 4.17 se muestra el costo total necesario para el desarrollo del prototipo de sistema de reconocimiento facial.

Tabla. 4. 17 Valor total para implementación del sistema

DESCRIPCION	CANTIDAD(USD)
Costo Hardware	581,35
Costo Software	647,00
Costo Diseño	164,00
Costo Total	1392,35

Elaborado por: Investigador

4.10.5 Análisis costo-beneficio

La empresa NEC ha lanzado un sistema de seguridad mediante reconocimiento facial destinado a instituciones y entidades públicas, con un costo mensual de \$880, brindando características como:

- Identificación y reconocimiento en tiempo real
- Interfaz de monitoreo del sistema
- Alerta de identificación

En el mercado se oferta un sistema de reconocimiento facial con características similares al prototipo desarrollado, este es el caso de la cámara inteligente Netatmo que en el mercado tiene un costo de 210 USD, el mismo que posee características limitadas como son:

- Reconocimiento de personas
- Alerta de intruso vía mail
- Grabación de videos

El presente sistema de reconocimiento desarrollado es distinto a diferencia de otros sistemas de reconocimiento facial usados en diversos ámbitos como: registro de personas, seguridad en el hogar, etc. Ya que posee características únicas establecidas mediante un análisis previo con el objetivo de cubrir requerimientos específicos en la funcionalidad en la cual será utilizado, entre estas características tenemos:

- Reconocimiento en tiempo real
- Posicionamiento GPS en latitud y longitud
- Brinda un registro de personas identificadas
- Alerta de identificación a distancia
- Interfaz de monitoreo intuitiva
- Utiliza lenguaje de programación robusto
- Facilidad de instalación y configuración

El valor considerado para la implementación del presente sistema de reconocimiento es de USD 1392,35. Cabe mencionar que dicho costo es elevado debido a la adquisición de

las licencias de software propietario necesarias para la manejo del sistema, así como en el valor de adquisición de la computadora la que será la encargada de realizar el procesamiento y servirá como estación de monitoreo para la persona encargada de administrar el sistema. Este prototipo de sistema de reconocimiento facial fue desarrollado con la principal finalidad de ser aplicado en forma específica como es el caso del reconocimiento de personas buscadas. Los costos establecidos para la elaboración del sistema podrían reducirse en caso de efectuarse una producción en masa.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El prototipo de reconocimiento facial ofrece un elevado porcentaje de efectividad al momento de realizar el reconocimiento, y esto se debe a que realiza el procesamiento utilizando Análisis de Componentes Principales (PCA) por medio del algoritmo eigenfaces, pero estos valores en el porcentaje de efectividad al momento del reconocimiento varían, pudiendo disminuir debido a diferentes factores como lo es la iluminación así como la posición del rostro al momento de realizar la extracción de la imagen facial previo el análisis de características del faciales del individuo que pasa por el sistema de reconocimiento.
- La fase de reconocimiento del sistema puede ser afectado por una incorrecta ubicación de la cámara, adquiriendo imágenes perturbadas por variaciones luminosas, así como a la presencia de ciertos factores como: sombreros, anteojos, gafas, etc. Esto ocasiona la existencia de errores en la extracción de características faciales en la fase de procesamiento dentro del sistema.
- El sistema fue desarrollado en base a objetivos específicos, con la finalidad de ser un prototipo portable y económico para ser aplicado en el reconocimiento de personas buscadas, al utilizar el algoritmo eigenfaces se obtuvo como resultado un sistema robusto, debido a que este es uno de los más utilizados en entornos controlados, siendo la mejor opción en sistema de reconocimiento en tiempo real.

5.2 Recomendaciones

- Es recomendable que por cada una de las personas buscadas se tenga un registro de por lo menos cinco imágenes almacenadas en el sistema para obtener el mayor porcentaje de efectividad al momento de la extracción de características por medio del algoritmo eigenfaces, las que son utilizadas al realizar la comparativa de los rasgos faciales con las imágenes procesadas de los rostros de las personas que pasan por el sistema, de igual forma estas imágenes deben tener un formato de tamaño de 640x480 pixeles con el cual se lo llevo a cabo en el proyecto como estándar para las imágenes capturadas y almacenadas en la etapa de reconocimiento.
- Se recomienda una adecuada instalación del sistema, tomando como factor importante la ubicación de la cámara buscando evitar las variaciones luminosas excesivas que podrían ocasionar sombras en las imágenes faciales al momento de realizar la captura de las mismas, de esta forma se asegura el correcto funcionamiento en la etapa de procesamiento y extracción de datos de los rostros a ser identificados.
- Se recomienda que este proyecto de investigación se utilice como antecedente para futuras investigaciones, logrando la integración de nuevas funciones y características, con una implementación entorno a las nuevas tecnologías existentes con el objetivo de contar con mejores herramientas para la identificación y reconocimiento de personas buscadas.

REFERENCIAS

- [1] «Facebook». [En línea]. Available: <https://research.facebook.com/publications/480567225376225/deepface-closing-the-gap-to-human-level-performance-in-face-verification/>. [Último acceso: 20 10 2016].
- [2] «undp.org» [En línea]. Available: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/presscenter/pressreleases/2016/07/12/citizen-insecurity-thwarts-latin-america-s-development-says-undp.html> [Último acceso: 19 10 2016].
- [3] «cedatos» [En línea]. Available: http://www.cedatos.com.ec/seguridad_ecuador/detalles_noticia.php?Id=86 [Último acceso: 20 10 2016].
- [4] «policía nacional» [En línea]. Available: <http://www.policianacional.com.ec/actualidad/estadisticas-tungurahua-seguridad433.html>. [Último acceso: 19 10 2016].
- [5] «M. Interior» [En línea]. Available: <http://www.ministeriointerior.gob.ec/>. [Último acceso: 27 10 2015].
- [6] Cando L., Noviembre, 2011, “Bloqueo electrónico en el encendido de un vehículo para proporcionar un sistema de seguridad contra robos”, Universidad Técnica de Ambato.
- [7] Roca S., Chaparro I., 16 de octubre, 2008, “Sistema de bloqueo para automóviles y otros vehículos”, Número de publicación WO2008122676 A1.
- [8] Oliveras A., Roca S., Chaparro I, 2 de Febrero, 2012, “Dispositivo de identificación y seguridad por biometría ocular a corta distancia”, Número de publicación WO2012013849 A1.
- [9] J. Toro, Técnicas de Biometría Basadas en Patrones Faciales del ser Humano, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2012. Disponible en:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/2738>

[10]M. Díaz, Reconocimiento Facial Automático mediante Técnicas de Visión Tridimensional, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2004. Disponible en:

<http://oa.upm.es/view/creators/Moreno=3AAna=3A=3A.html>

[11]J. Ramón, Estudio de Técnicas de Reconocimiento De Patrones, Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2010. Disponible en:

<https://upcommons.upc.edu/pfc/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=Hernandez+Chiva%2C+Emilio>

[12]B. Pérez, Reconocimiento Facial Basado en Puntos Característicos de la Cara en entornos no controlados, Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2013. Disponible en:

<https://repositorio.uam.es/browse?value=Blazquez+Perez%2C+Luis&type=author>

[13]S. B. Palacios, Sistema de Detección y Reconocimiento Facial de Conductores Mediante Sistemas de Visión Computacional, Alcalá: universidad de Alcalá, 2008. Disponible en:

<http://dspace.uah.es/dspace/browse?value=Brito%2C+Manuel&type=author>

[14]J. R. Valvert Gamboa, “Métodos y Técnicas de Reconocimiento de rostros en imágenes digitales bidimensionales”. Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, Año 2012, pp. 13-18.

[15] «UNAM». [En línea]. Available: <http://redyseguridad.fi-p.unam.mx/proyectos/biometria/basesteoricas/caracteristicasindicador.html>. [Último acceso: 18 10 2015].

- [16] Udabol.edu.bo, “Sistemas biométricos, fundamentos y teorías con aplicaciones”, Universidad Aquino Bolivia, Año 2010, Bolivia, Recuperado de: <http://www.udabol.edu.bo/biblioteca/sistemas/rednero/7r1sisbio19e/sisbiometricos.htm>.
- [17] «e. futuro». [En línea]. Available: <http://www.efefuturo.com/noticia/la-biometria-sobrepasa-la-huella-dactilar-para-explorar-las-venas-de-la-mano/>. [Último acceso: 19 10 2015].
- [18] U. -. F. d. Ingeniería, «Clasificación de los sistemas biométricos,» [En línea]. Disponible en:

<http://redyseguridad.fip.unam.mx/proyectos/biometria/clasificacionsistemas/clasificaciontecnologia.html>. [Último acceso: 03 2016].
- [19] J. Dave, "Fotografía digital" Primera Edición, Editorial McGraw-Hill, México, Año 2010, pp. 21-22.
- [20] A. G. B. Cesar Tolosa Borja. [En línea]. Available: <https://www.dsi.uclm.es/.../web.../Biometria/Trabajo%20Biometria.pdf>. [Último acceso: 02 2016].
- [21] S. Benavides, «samubebe88.blogspot.com,» 2010. [En línea]. Available: <http://samubebe88.blogspot.com/2010/08/gps.html>. [Último acceso: 04 2016].
- [22] R. Gonzalez; R. Woods, "Digital Image Processing," Second Edition. Editorial Prentice-Hall, United States of America, Año 2002, pp. 10-19.
- [23] Cancelas José “Introducción a la Visión por Computador”, Standard, EN 100-732, 2010, España, Recuperado de: http://isa.uniovi.es/~cancelas/doctorado/sis_percep0.pdf.
- [24] a. e. i. Departamento de electrónica, «webantigua,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/Robotica/ApuntesVA/cap1IntroVA.pdf>. [Último acceso: 02 2016].
- [25] M. Aguilar, “Detección y localización de rostros en imágenes bidimensionales”. Tesis. Instituto Politécnico Nacional, México, Año 201, P.p. 1-6.

- [26]R. Pinto, J. Sossa, “Detección de rostros utilizando descriptores invariantes y algoritmos genéticos”, Universidad del Valle, México, Año 2013, pp. 32-41.
- [27] R, Brunelli. “Template matching”. Pattern Recognition. George Mason University, Virginia, Año 1998, pp. 751-768.
- [28]L. Gonzales, «tecnología de la información digital,» 2013. [En línea]. Available: <http://platea.pntic.mec.es/~lgonzale/tic/imagen/conceptos.html>. [Último acceso: 03 2016].
- [29]M. Sebastian, «enciclopedia virtual,» 2011. [En línea]. Available: http://www.eumed.net/libros-gratis/2011d/1022/composicion_imagen.html. [Último acceso: 04 2016].
- [30]L. Salgado, «Seminarios.com,» 2007. [En línea]. Available: arantxa.ii.uam.es/~jms/seminarios_doctorado/.../20070503LSalagado.pdf. [Último acceso: 03 2016].
- [31]J. A. S. Sanchez, Avances en la Robotica y Vision por computadora, Casilla: Universidad casilla de la mancha, 2002.
- [32]Y. Gonzalez, «Aplicaciones vision por computadora,» 2011. [En línea]. Available: http://dmi.uib.es/~ygonzalez/VI/Material_del_Curso/Teoria/Aplicaciones_VC.PDF. [Último acceso: 03 2016].
- [33]A. Ingram, «carwow,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.carwow.co.uk/blog/how-does-road-sign-recognition-work>. [Último acceso: 02 2016].
- [34] G. Ottado, «www.eva.fing.edu.uy,» 2010. [En línea]. Available: https://eva.fing.edu.uy/file.php/514/ARCHIVO/2010/TrabajosFinales2010/informe_fina1_ottado.pdf. [Último acceso: 04 2016].
- [35]Guevara M., Echeverry D., Ureña W., 38 de junio del 2008 “Detección de Rostros en imágenes Digitales usando Clasificadores en Cascada”, Numero de publicación ISSN 0122-1701.

[36] Arlandis J., Cano J., Hernandez J., Llobert R., Mainar G., Paredes R., Pla J., Perez A., Cortez C., Salvador I., Toselli A., Villegas M., 26 de Octubre de 2005 “Grupo de Reconocimiento de Imágenes y Vision Artificial”, Numero de publicación WO2005102676 A1.

[37] Martinez D., Loaiza C., Caicedo E., 11 de mayo del 2011, “Una propuesta para incrementar por medios genéticos la capacidad discriminante de las técnicas PCA y LDA aplicadas al reconocimiento de rostros con imágenes IR”, Numero de publicación ISSN 1794-9165

[38] Matthew A., Pentland A., May1991 “Face Recognition Using Eigenfaces”, Publication Number CH2983-5/91/0000/0586.

[39] F. A. Gonzales, Algunas aportaciones al analisis de datos utilizando tecnicas de representacion multivariable, Cadiz: Universidad de Cadiz, 1999.

[40] D. d. C. d. I. C. e. I. Artificial, «www.ua.es,» 2015. [En línea]. Available: https://moodle2013-14.ua.es/moodle/pluginfile.php/70421/mod_page/content/15/6-Reconocimiento%20de%20objetos.pdf. [Último acceso: 04 2016].

[41] Alvares D., Fetecua J., Orozco A., Castellanos C., 10 de diciembre de 2010, “Caracterización de unidades de acción facial combinando métodos kernel y análisis de componentes independientes”, Numero de publicación ISSN 0120-6230

[42] G. E. Dahl, Deep Learning Approaches to problems in speech recognition, computational chemistry, and natural language text processing, Toronto: University of Toronto, 2015. Disponible en:

https://www.cs.toronto.edu/~gdahl/papers/Dahl_George_E_201506_PhD_thesis.pdf

[43] C. J. David Blanco, Sistema de reconocimiento facial utilizando el analisis de componentes principales con una red neuronal backpropagation desarrollada en c# y matlab, Quito: Universidad Politecnica Salesiana, 2012.

[44] M. G. Terrea, «www.UOC.edu,» 2012. [En línea]. Available: www.uoc.edu/in3/emath/docs/Patronesbinarios_Locales.pdf. [Último acceso: 03 2016].

- [45] o. y. e. Instituto nacional de astrofísica, «ccc.inaoep.mx,» 2012. [En línea]. Available: <https://ccc.inaoep.mx/~esucar/Clases-mgp/pgm07-hmm-2012.pdf>. [Último acceso: 03 2016].
- [46] D. d. M. Benito, «www.etsii.urjc.es,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.etsii.urjc.es/~jjpantrigo/PFCs/MemoriaPielFeb05.pdf>. [Último acceso: 03 2016].
- [47] L. F. Bautista, “Diseño e implementación de un sistema de tele operación para un robot móvil mediante reconocimiento de movimientos de la cabeza”, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2014, Recuperadode: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7363/1/CD-5512.pdf>
- [48] Shin Shi, Emgu CV Essentials, “Develop your own computer vision application using the power of Emgu CV”, Reino Unido, Birmingham, Primera Edición, PACKT Publishing, 2013, pp. 26-41.
- [49] SQLite Solutions, «www.sqlite.org,» 2015. [En línea]. Available: <http://sqliteadmin.orbmu2k.de/> [Último acceso: 05 2016].
- [40] N. J. C. Paredes, «naimcruzado.blogspot,» 2010. [En línea]. Available: <http://naimcruzado.blogspot.com/2010/06/caracteristicasdevisualstudio2010.html>. [Último acceso: 03 2016].
- [51] Mathworks.com. [En línea]. Available: http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?aux=Basics_Matlab. [Último acceso: 22 05 2016].
- [52] c. tecnologías, «www.cuatrorios.org,» 2014. [En línea]. Available: http://www.cuatrorios.org/index.php?option=com_content&view=article&id=161:principales-caracteristicas-del-lenguaje-python&catid=39:blogsfeeds. [Último acceso: 04 2016].
- [53] Arduino.org.com. [En línea]. Available: <http://www.xataka.com/especiales/guia-del-arduinomaniaco-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-arduino>. [Último acceso: 21 05 2016].

[54]RaspberryPi.org.com. [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?f=76&t=97747>. [Último acceso: 20 05 2016].

[55]B. Black.org.com. [En línea]. Available: <http://elinux.org/Beagleboard:BeagleBoneBlack>. [Último acceso: 22 05 2016].

[56]RaspberryPi.org.com. [En línea]. Available: <http://fpaez.com/tracker-gps-con-raspberry-pi/>. [Último acceso: 21 05 2016].

[57]Informaticamoderna.com. [En línea]. Available: http://www.informaticamoderna.com/Camara_web.htm. [Último acceso: 21 05 2016].

ANEXOS

ANEXO A. REQUISITOS NECESARIOS DE PRE-INSTALACIÓN

Para realizar una correcta ejecución del sistema de reconocimiento son necesarios algunos requerimientos entre los cuales se tienen:

Requisitos de hardware:

- PC con disco duro con por lo menos 100MB de memoria libre para la instalación de la aplicación
- procesador AMD A6-3420M
- Raspberry Pi 3
- Cámara 1.0 MP o superior

Requisitos de software:

- Windows 10 de 32 o 64 bits
- Visual Studio 2015
- SO Windows IoT Core
- Instalador SQLite
- Librería de conexión Visual Studio 2015 con servidor SMTP (EASendEmail.zip)
- Datos de conexión para el control de Raspberry Pi 3

Dirección de host:dirip de la red

Usuario:Administrator

Contraseña:xxxxx

Puerto: 8080

Nombre del dispositivo:minwinpc

INSTALACION DE SOFTWARE

Para obtener un adecuado funcionamiento del sistema de reconocimiento se necesita de la instalación de software específico siguiendo los pasos adecuados para su correcta ejecución, entre los cuales se tiene:

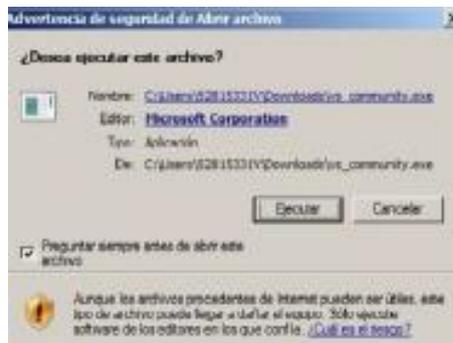
Visual Studio 2015: Este software es el encargado del procesamiento y diseño de la interfaz gráfica de usuario.

Windows 10IoT Core: Es una versión compacta de Windows 10 especialmente diseñado para miniPC, siendo esta una plataforma de desarrollo de todo tipo de proyectos electrónicos. Esta permite la interacción de forma remota con la aplicación programada en visual studio 2015.

INSTRUCCIONES PARA INSTALAR VISUAL STUDIO 2015

Es necesario seguir los pasos correctos ‘pararealizar la instalación de Visual Studio 2015 con la finalidad de obtener un adecuado monitoreo remoto del sistema de reconocimiento facial, los mismos que se detallan a continuación:

1. Ejecutar el instalador de Visual Studio, icono de setup.exe con privilegios de administrador



Elaborado por: Investigador

2. Seleccionarla opción personalizada para tener acceso a mas características



Elaborado por: Investigador

3. Marcar las casillas con las características extra que tendrá el programa



Elaborado por: Investigador

4. Aceptar los términos de licencia y se selecciona instalar



Elaborado por: Investigador

- Una vez transcurrida y finalizada la instalación pide reiniciar el equipo



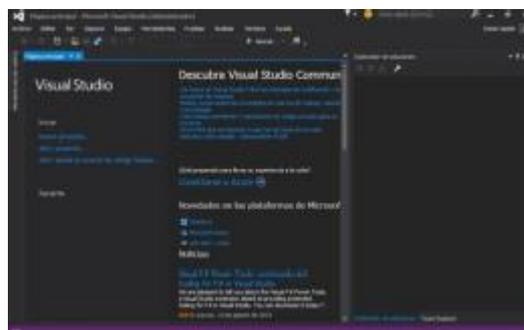
Elaborado por: Investigador

- Seleccionar la personalización de entorno, y el lenguaje que se utiliza frecuentemente



Elaborado por: Investigador

- Finalizada la instalación se muestra el IDE de desarrollo multiplataforma



Elaborado por: Investigador

INSTALACION DE WINDOWS 10 IOT CORE EN Raspberry Pi 3

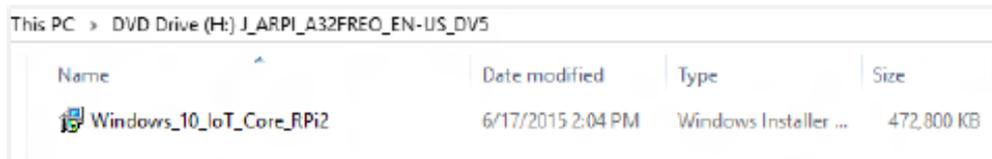
En la siguiente secuencia se muestra los pasos a seguir para la correcta instalación del sistema operativo Windows Iot Core en la miniPC Raspberry Pi 3

1. Descargar el archivo (Get Windows 10 IoTCore.iso) de la página developer.microsoft.com



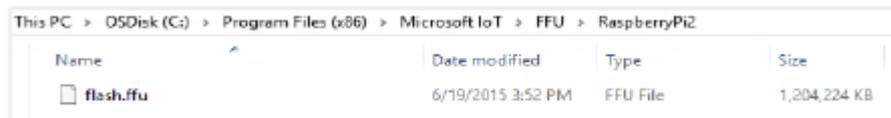
Elaborado por: Investigador

2. Montar la imagen ISO y ejecutar el instalador.exe



Elaborado por: Investigador

3. Instalar Windows 10 IoT Core RPi2.msi y verificar el archivo flash.ffu en la directiva



Elaborado por: Investigador

4. Mediante (WindowsIoTImageHelper) seleccionar la SD card y seleccionar el archivo flash.ffu en la carpeta de instalación



Elaborado por: Investigador

- Retirar e insertar la SD card en la raspberry pi, encender para su configuración automática



Elaborado por: Investigador

- Conectarse remotamente al dispositivo por medio del navegador web y usar <direccion ip:8080>



Elaborado por: Investigador

ANEXO B. CODIGO DE PROGRAMACION VISUAL STUDIO

En el siguiente apartado se detalla la programación que corresponde con la etapa en la cual se obtienen las coordenadas de posicionamiento GPS, las cuales son mostradas a través de un mapa para una fácil visualización de la ubicación del sistema en tiempo real.

ETAPA DE POSICIONAMIENTO GPS

```
private async void Get_GPS() //funcion necesaria para la obtencion de las coordenadas
de posicion
{
//codigo para la utilizacion de googlemaps
MyMap.MapServiceToken =
"sxfgBOY4kxwixgHnYnes~BgeuyGYLaTaZ7u5RhxZWuA~Ak1q2QsSdrC_64V95f-
gxg1aR1M4YeIOmbp7kdiFPcfrAs7XnIER4aVwADVZrVGy";

var locator = new Geolocator(); //creamos objeto de la clase Geolocator
locator.DesiredAccuracyInMeters = 10; //precision promedio de 10m
var position = await locator.GetGeopositionAsync(); //llamada a la funcion de
posicionamiento
await MyMap.TrySetViewAsync(position.Coordinate.Point, 18D);
try
{
Geoposition geoposition = await locator.GetGeopositionAsync(
maximumAge: TimeSpan.FromMinutes(5),
timeout: TimeSpan.FromSeconds(10) //tiempo de actualizacion 10s
);

//nos permite mostrar la posicion en latitud y longitud
geolocation.Text = " " + geoposition.Coordinate.Latitude.ToString("0.0000") + ",
" + geoposition.Coordinate.Longitude.ToString("0.0000");
}
//excepcion en caso de error
catch (Exception ex)
{
}
//codigo para mostrar los datos de la ciudad y las calles
try
{
var accessStatus = await Geolocator.RequestAccessAsync(); //error si no accede a la
localizacion
switch (accessStatus)
{
case GeolocationAccessStatus.Allowed:
//obtiene la posicion actual
Geolocator geolocators = new Geolocator { DesiredAccuracyInMeters = 50,
DesiredAccuracy = PositionAccuracy.High }; //Set the desired accuracy that you want in
meters
Geoposition pos = await geolocators.GetGeopositionAsync();
BasicGeoposition location = new BasicGeoposition(); //objeto de la clase
BasicGeoposition
location.Latitude = pos.Coordinate.Point.Position.Latitude;
location.Longitude = pos.Coordinate.Point.Position.Longitude;
```

```

GeopointpointToReverseGeocode = new Geopoint(location);
// permite la localizaciongeografica
MapLocationFinderResultresult =
awaitMapLocationFinder.FindLocationsAtAsync(pointToReverseGeocode);
// Ifthequeryreturnsresults, displaythename of thetown
// contained in theaddress of thefirstresult.
if (result.Status == MapLocationFinderStatus.Success)
{
town.Text = result.Locations[0].Address.Town;// obtiene la ciudad de ubicacion
street.Text = result.Locations[0].Address.Street;//obtiene la calle de ubicacion
}
else
{
}
break;
caseGeolocationAccessStatus.Denied:
break;
caseGeolocationAccessStatus.Unspecified:
break;
}
}
catch (Exception ex)
{
}
}
}

```

De igual forma a continuación se detalla el código necesario para establecer la conexión y envió de la señal de alerta hacia un correo institucional, la misma que será receptada por el administrador encargado del monitoreo del sistema de reconocimiento.

ETAPA DE ENVIO DE ALERTA HACIA CORREO ELECTRONICO

```

privateasyncTaskSend_Email()

{
SmtMailoMail = new SmtMail("TryIt");
SmtpClienteSmt = new SmtpClient();//crea objeto de la clase SmtpClient
oMail.From = new MailAddress("alex39garces@gmail.com"); // email desde donde se
enviara el mensaje
oMail.To.Add(new MailAddress("alex39garces@gmail.com"));// configuracion de email
de destino del mensaje
oMail.Subject = "alerta sistema ecu-911";// configuracion del asunto de recibo
del mensaje
List<string> archivo = new List<string>();
oMail.TextBody = "una persona buscada ha sido identificada su nombre es: " +
visitorName1 + "\tla ciudad es:\t" + town.Text + "\tsu GPS es:\t" +
geolocation.Text + "el nivel de acierto es"+acierto.ToString()+"%" + "\tla calle
es:\t" + street.Text;
Windows.Storage.StorageFile file = currentIdPhotoFile; //se realiza la carga de
la foto de la persona buscada para enviarla conjuntamente con las coordenadas
stringattfile = file.Path;
AttachmentoAttachment = awaitoMail.AddAttachmentAsync(attfile);//carga el archivo
a enviar
SmtpServeroServer = new SmtpServer("smtp.gmail.com");// configuracion del
servidor Gmail SMTP

```

```

oServer.User = "alex39garces@gmail.com";// usuario y password requeridos para la
autenticacion SMTP
oServer.Password = "aleks9166garces21";//clave de la cuenta de correo electronico
oServer.Port = 465;// utiliza el puerto 465
oServer.ConnectType = Smtplib.ConnectType.ConnectSSLAuto;
await oSmtplib.SendMailAsync(oServer, oMail);
}

```

En la siguiente porción de código se detalla la etapa de reconocimiento facial realizado una vez que se obtuvo la imagen del rostro posterior al envío de la señal que proviene del sensor de presencia que se encuentra conectado al sistema de reconocimiento.

ETAPA DE RECONOCIMIENTO AL IDENTIFICAR UNA PERSONA

```

private async Task sensorActivado()//funcion de reconocimiento cuando el sensor de
presencia fue accionado
{
AnalysingVisitorGrid.Visibility = Visibility.Visible; // muestra el analisis de
la persona cuando la señal de presencia ha sido registrada
List<string>recognizedVisitors = new List<string>();// lista de personas buscadas
reconocidas mediante el api de oxford
if (webcam.IsInitialized() && initializedOxford) // comprueba que la camara web
ha sido inicializada adecuadamente y el api de oxford tambien es adecuado
{
StorageFile image = await webcam.CapturePhoto();//almacena la captura de foto
temporalmente
currentIdPhotoFile = await webcam.CapturePhoto();//variable almacenamiento de
imagen a mostrar
try
{
recognizedVisitors = await OxfordFaceAPIHelper.IsFaceInWhitelist(image);// la
librería de visual studio de oxford determina si la persona esta en la lista de
personas buscadas entonces regresa true
}
catch (FaceRecognitionException fe)
{
if (recognizedVisitors.Count > 0)
{
// si el proceso es adecuado y la persona ha sido identificada la alarma suena
Alerta(recognizedVisitors[0]);
await Send_Email();//espera enviar mensaje al correo electronico de la persona que
monitorea el sistema
//mostramos los datos en el listBox
//permite el ingreso de los datos a la tabla de base de datos en sqlite
var add = conn.Insert(new Message(){
Nombre = visitorName1, //reemplazar con el nombre
efectividad = acierto.ToString(),
ciudad = town.Text,
Posicion = geolocation.Text,
Tiempo = DateTime.Now.ToString(),
calle = street.Text
});
var query = conn.Table<Message>().Where(x => x.Id > 1);
string result = String.Empty;
foreach (var item in query)
{

```

```

result = String.Format("{0} : {1} : {2} : {3}: {4} : {5} : {6}", item.Id,
item.Nombre, item.efectividad, item.ciudad, item.Posicion, item.Tiempo,
item.calle);
Debug.WriteLine(result);//imprime los resultados en la pantalla de salida
}
}
else
{
// informa que la persona no ha sido reconocido por el sistemam
awaitspeech.Read(SpeechContants.VisitorNotRecognizedMessage);
}
}
else
{
if (!webcam.IsInitialized())
{
// la webcam no ha sido inicializada por algun error
Debug.WriteLine("no se puede analizar a la persona la camara no se ha
inicializado correctamente");
awaitspeech.Read(SpeechContants.NoCameraMessage);
}
if (!initializedOxford)
{
// laconexion con el api de oxford no se ha inicializado aun
Debug.WriteLine("no se puede analizar a la persona la api de oxfordtodavia se
esta inicializando");
}
}
personadetectada = false;
AnalysingVisitorGrid.Visibility = Visibility.Collapsed;
}
switch (fe.ExceptionType)// muestra mensaje de exeption si no se ha detectado
rostro en la imagen
{
caseFaceRecognitionExceptionType.NoFaceDetected:
Debug.WriteLine("no se ha detectado rostro en imagen");//imprime mensaje en
pantalla
break;
}
}
catch
{
Debug.WriteLine("peligro se ha enviado una exeption general de oxford");//error
general de conexion con la libreriaface api
}
}

```

ANEXO C. HOJAS DE DATOS DE LOS COMPONENTES

En esta sección se detallan los diferentes datasheets de las placas electrónicas y módulos utilizados en el desarrollo del presente sistema de reconocimiento facial.

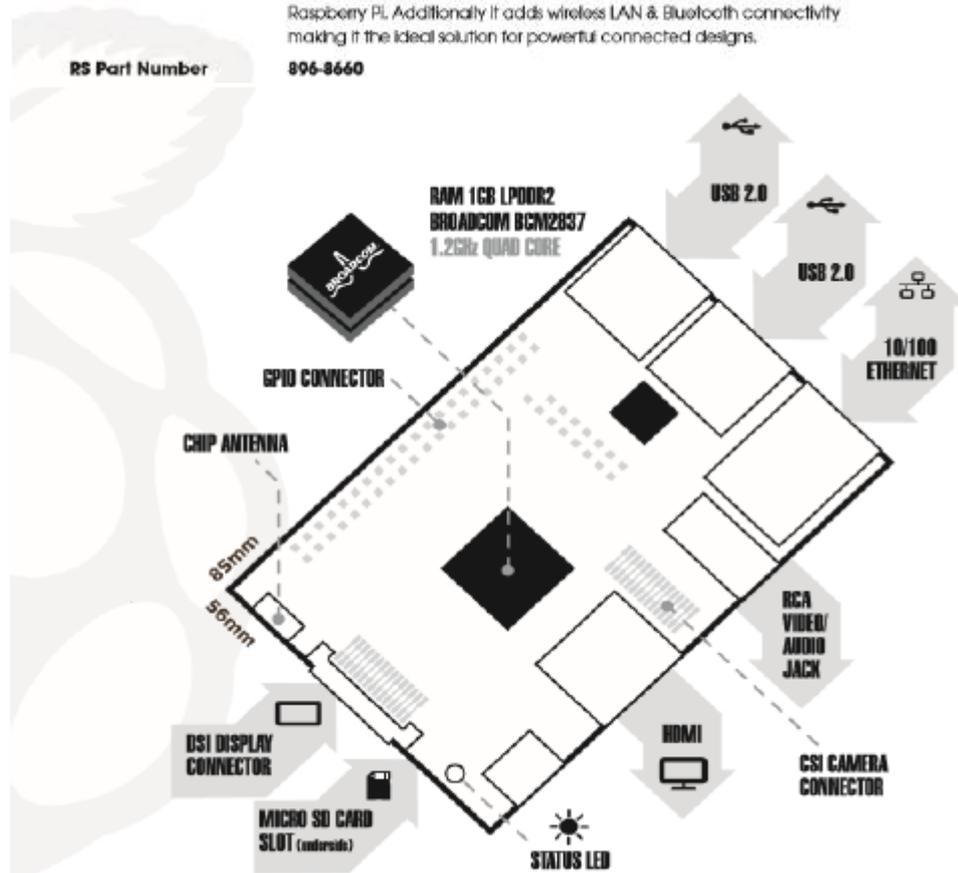


Raspberry Pi



Raspberry Pi 3 Model B

Product Name	Raspberry Pi 3
Product Description	The Raspberry Pi 3 Model B is the third generation Raspberry Pi. This powerful credit-card sized single board computer can be used for many applications and supersedes the original Raspberry Pi Model B+ and Raspberry Pi 2 Model B. Whilst maintaining the popular board format of the Raspberry Pi 3 Model B brings you a more powerful processor, 10x faster than the first generation Raspberry Pi. Additionally it adds wireless LAN & Bluetooth connectivity making it the ideal solution for powerful connected designs.
RS Part Number	896-8660



Raspberry Pi 3 Model B

Specifications

Processor	Broadcom BCM2387 chipset, 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53
GPU	802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE) Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode. Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexture/s or 2MCFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V1, 2.5A

Connectors:

Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
Audio Output	Audio Output 3.5mm jack, HDMI USB 4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Display Connector	Display Serial Interface (DSi) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Push/pull Micro SDIO

Key Benefits

- Low cost
- 10x faster processing
- Consistent board format
- Added connectivity

Key Applications

- Low cost PC/tablet/laptop
- Media centre
- Industrial/Home automation
- Print server
- Web camera
- Wireless access point
- Environmental sensing/monitoring (e.g. weather station)
- IoT applications
- Robotics
- Server/cloud server
- Security monitoring
- Gaming

Module GPS Ublox NEO-6M



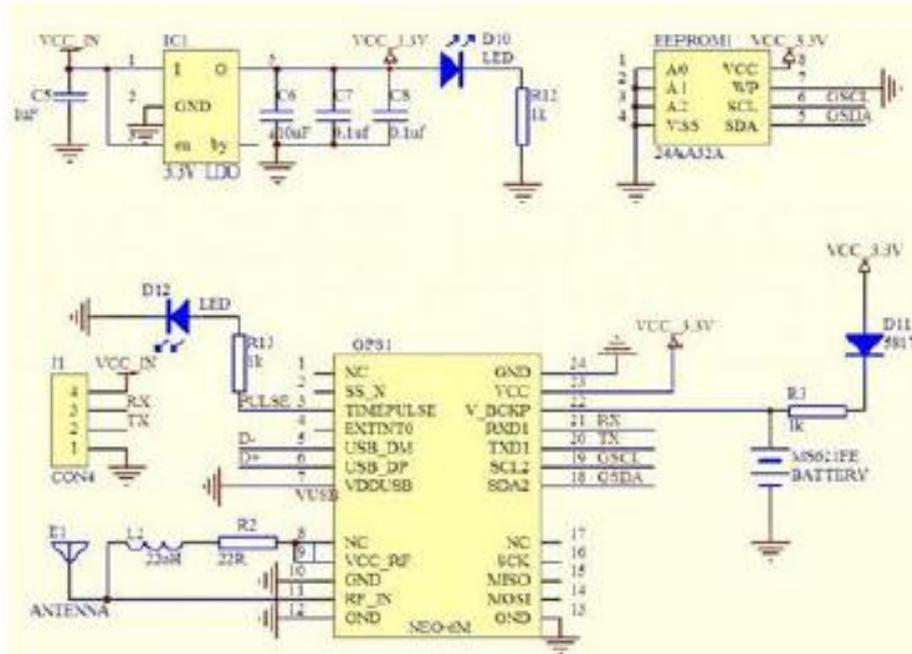
The following describes some of the features of the module:

characteristics

- Module NEO-6M GPS Ublox
- Serial communication
- Powersupply voltage (3.5 - 5) VDC
- active ceramic antenna included
- LED signal indicator
- Antenna size 22x22mm
- size 23x30mm module
- Battery included
- BAUDRATE: 9600
- EEPROM for storing configuration parameters
- Coordinates system: WGS-84
- Sensitivity -148dBm Capture
- Tracking Sensitivity: -161 dBm
- Maximum measurable height: 18000
- Maximum speed 515 m / s
- Accuracy: 1micro second
- receiving frequency: L1 (1575.42 MHz)
- Code C / A 1,023 Mhz
- first start time: 38s on average
- Start time: 35s on average
- Temperature:

schematicdiagram of the control board

Below in Figure 3 theschematicdiagram of thecardisdisplayed, you can seethatthecircuitalsoincludes NEO-6M an EEPROM memorywhich can be used to saveany data youwant.



Schematicdiagram

Figure 3.Schematicdiagram of the module.

Connections

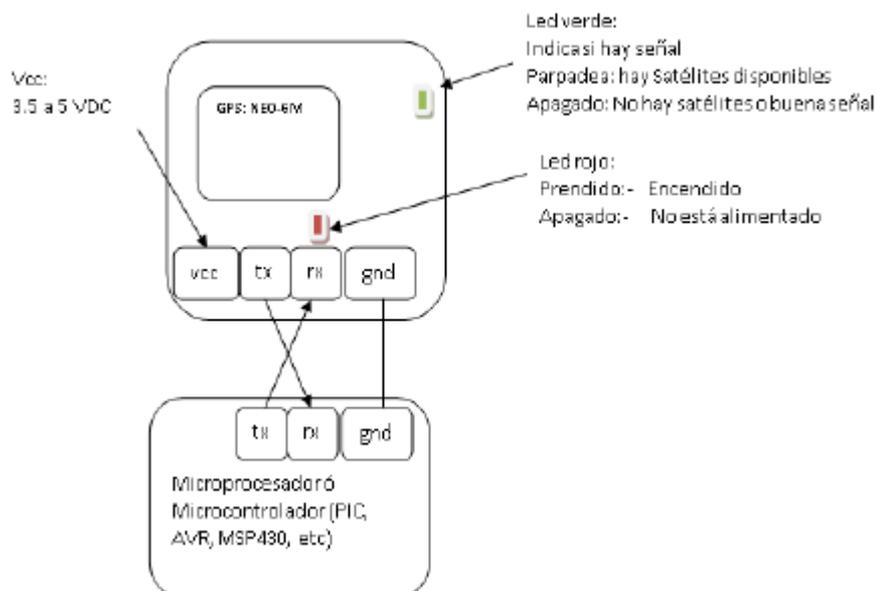


Figure 4. Connecting to a microcontroller.

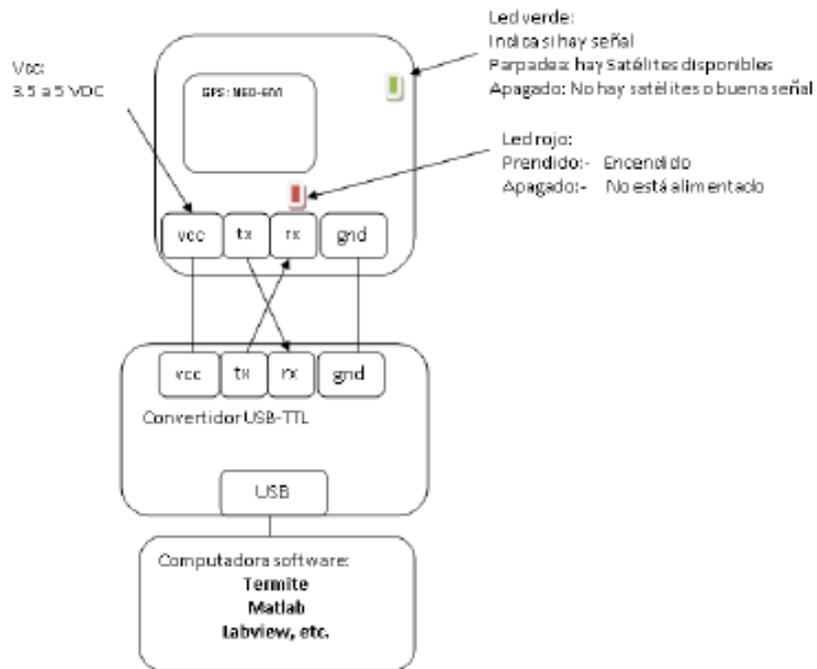


Figure 5. Connecting to the PCB via a USB to TTL converter.

As can be seen in the images, the module can be connected to a host microcontroller and with different programs on the computer.

PIR Motion Sensor

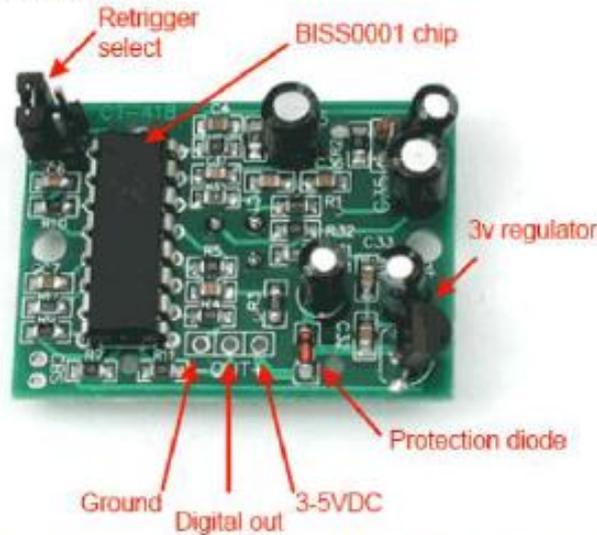
Created by lady ada



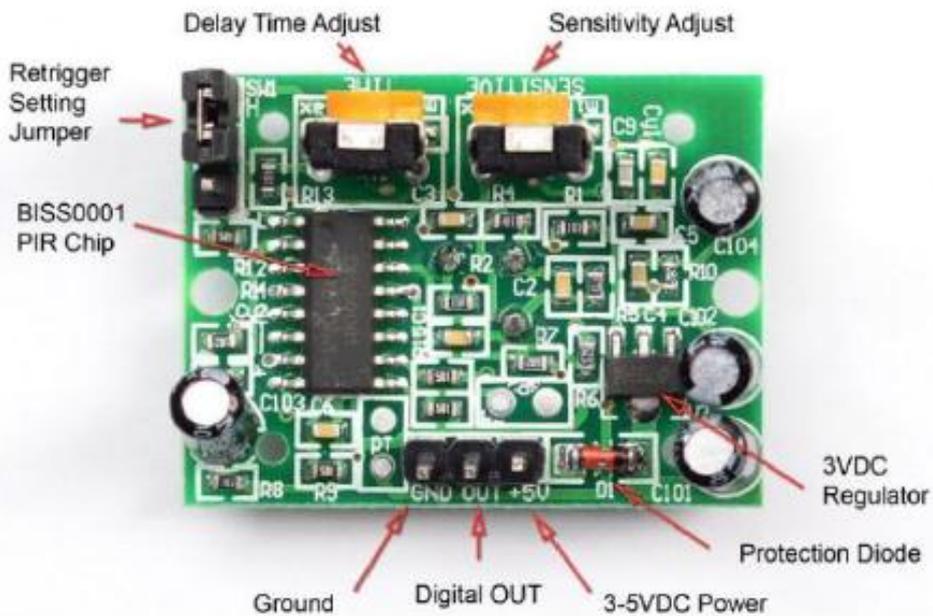
Last updated on 2016-02-25 02:32:58 PM EST

Along with the pyroelectric sensor is a bunch of supporting circuitry, resistors and capacitors. It seems that most small hobbyist sensors use the BISS0001 ("Micro Power PIR Motion Detector IC") (<http://adafru.it/clR>), undoubtedly a very inexpensive chip. This chip takes the output of the sensor and does some minor processing on it to emit a digital output pulse from the analog sensor.

Our older PIRs looked like this:



Our new PIRs have more adjustable settings and have a header installed in the 3-pin ground/out/power pads



For many basic projects or products that need to detect when a person has left or entered the area, or has approached, PIR sensors are great. They are low power and low cost, pretty rugged, have a wide lens range, and are easy to interface with. Note that PIRs won't tell you how many people are around or how close they are to the sensor, the lens is often fixed to a certain sweep and distance (although it can be hacked somewhere) and they are also sometimes set off by housepets. Experimentation is key!

Some Basic Stats

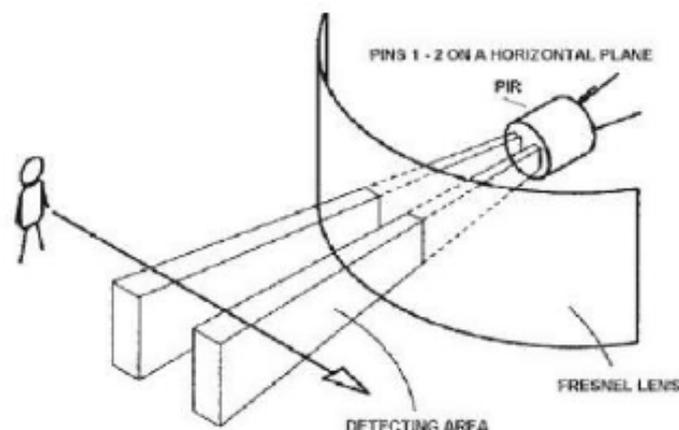
These stats are for the PIR sensor in the Adafruit shop which is very much [like the Parallax one](http://adafru.it/aKj) (<http://adafru.it/aKj>). Nearly all PIRs will have slightly different specifications, although they all pretty much work the same. If there's a datasheet, you'll want to refer to it

- **Output:** Digital pulse high (3V) when triggered (motion detected) digital low when idle (no motion detected). Pulse lengths are determined by resistors and capacitors on the PCB and differ from sensor to sensor.
- **Sensitivity range:** up to 20 feet (6 meters) 110° x 70° detection range
- **Power supply:** 3V-9V input voltage, but 5V is ideal.

How PIRs Work

PIR sensors are more complicated than many of the other sensors explained in these tutorials (like photocells, FSRs and tilt switches) because there are multiple variables that affect the sensors input and output. To begin explaining how a basic sensor works, we'll use this rather nice diagram (if anyone knows where it originates plz let me know).

The PIR sensor itself has two slots in it, each slot is made of a special material that is sensitive to IR. The lens used here is not really doing much and so we see that the two slots can 'see' out past some distance (basically the sensitivity of the sensor). When the sensor is idle, both slots detect the same amount of IR, the ambient amount radiated from the room or walls or outdoors. When a warm body like a human or animal passes by, it first intercepts one half of the PIR sensor, which causes a *positive differential* change between the two halves. When the warm body leaves the sensing area, the reverse happens, whereby the sensor generates a *negative differential* change. These change pulses are what is detected.



Lenses

PIR sensors are rather generic and for the most part vary only in price and sensitivity. Most of the real magic happens with the optics. This is a pretty good idea for manufacturing: the PIR sensor and circuitry is fixed and costs a few dollars. The lens costs only a few cents and can change the breadth, range, sensing pattern, very easily.

In the diagram up top, the lens is just a piece of plastic, but that means that the detection area is just two rectangles. Usually we'd like to have a detection area that is much larger. To do that, we use a [simple lens](http://adafru.it/aKq) such as those found in a camera: they condense a large area (such as a landscape) into a small one (on film or a CCD sensor). For reasons that will be apparent soon, we would like to make the PIR lenses small and thin and moldable from cheap plastic, even though it may add distortion. For this reason the sensors are actually [Fresnel lenses](http://adafru.it/aKr):

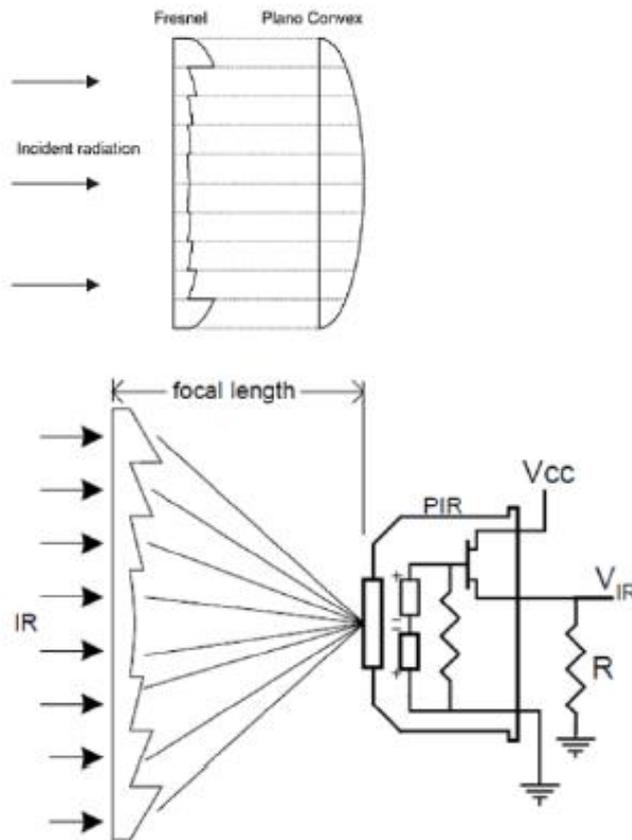


Image from Cypress appnote 2105 (<http://adafru.it/cm6>)

OK, so now we have a much larger range. However, remember that we actually have two sensors, and more importantly we don't want two really big sensing-area rectangles, but rather a scattering of multiple small areas. So what we do is split up the lens into multiple sections, each section of which is a Fresnel lens.

ANEXO D
Manual de Usuario



MANUAL DE USUARIO

AUTOR:

- Alex Fernando Garcés Núñez



Índice

1. Introducción.....	2
2. Manual General.....	3
2.1 Ingreso al Sistema.....	3
2.2 Menú del Sistema.....	6
2.3 Reportes.....	10

INTRODUCCION

El presente proyecto es un robusto sistema de reconocimiento facial en tiempo real, que tiene como principal objetivo realizar un reconocimiento y alerta de localización de personas buscadas, con la finalidad de ayudar a la coordinación zonal 3 del ECU-911 en la identificación y reconocimiento de personas. Este sistema posee una interfaz gráfica de fácil manejo para el administrador, el mismo que será el encargado de monitorear el sistema, entre las características que ofrece el sistema se encuentran:

- Envío de señal de alerta por medio de una captura de la persona buscada conjuntamente con datos específicos como son: fotografía de la persona, nombre, posición, fecha, hora, ciudad, posición GPS, calle y porcentaje de efectividad en el reconocimiento hacia un correo electrónico de uso de la institución.
- Una interfaz de usuario ejecutándose en tiempo real, en la cual el encargado de monitorear el sistema podrá visualizar la grabación de la cámara de video en tiempo real así como la visualización de la ubicación del sistema en un mapa, el mismo que muestra la posición del sistema en tiempo real, si este se encontrase en movimiento.
- Brinda un acceso constante a una base de datos desarrollada en SQLite, en la cual se encuentran el registro de las personas buscadas identificadas, mostrando los siguientes datos: nombre, posición GPS, fecha y hora de identificación de la persona, ciudad y calle en la cual se identificó a una persona buscada.

MANUAL DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO

A continuación se detalla el manual de usuario desarrollado para realizar un correcto manejo de todas y cada una de las opciones y funciones con las que cuenta el sistema de reconocimiento.

2.1 Ingreso al sistema

Cuando se ejecuta el programa bajo los parámetros mencionados anteriormente, nos muestra la interfaz gráfica principal para el monitoreo del sistema con las opciones respectivas como se muestra en la figura 1.

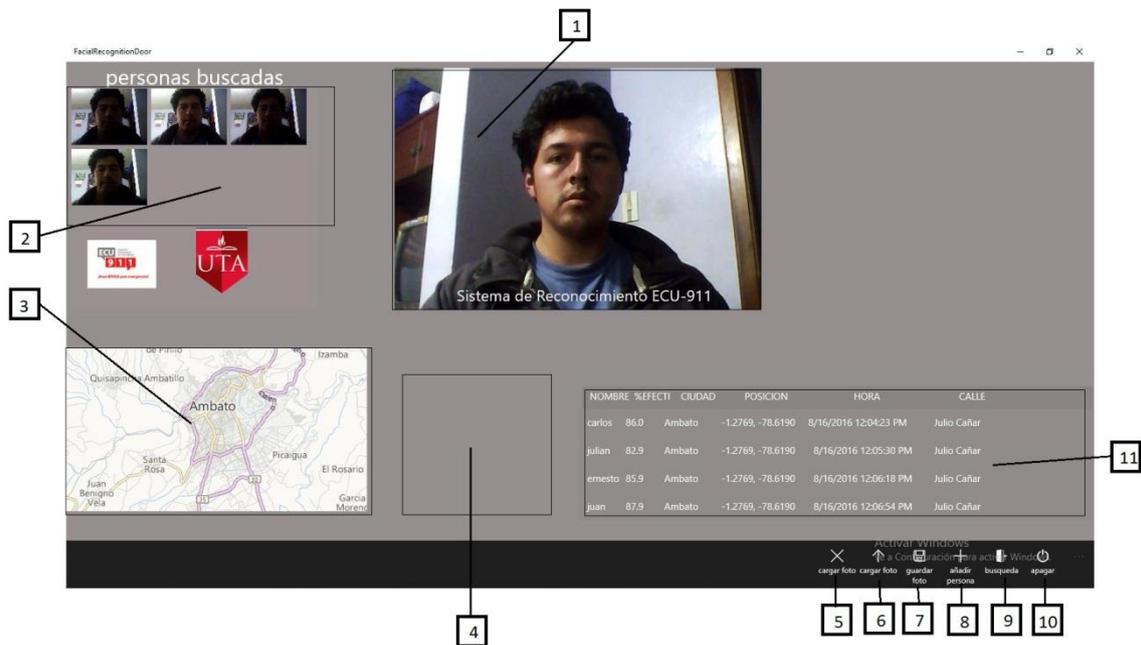


Fig.1. Interfaz gráfica principal del sistema

Elaborado por: Investigador

1.2.1 Menú del sistema

El sistema posee las siguientes opciones:

- 1** Pantalla para visualización en vivo de la cámara conectada al sistema



Fig.2. ImageBox que muestra grabación en vivo

Elaborado por: Investigador

2 En este segmento se muestra el listado de personas buscadas a ser identificadas por el sistema



Fig.3. Gridview para visualizar las personas buscadas

Elaborado por: Investigador

3 Segmento de interfaz gráfica que muestra en mapa en tiempo real la posición del sistema de reconocimiento



Fig.4. MapControl para visualizar posición en tiempo real

Elaborado por: Investigador

4 Segmento de pantalla en la cual se muestra una captura de la persona identificada por el sistema



Fig.5. PictureBox para mostrar captura de persona buscada

Elaborado por: Investigador

5 Botón para limpiar la pantalla después de un reconocimiento exitoso



Fig.6. AppBarButton Limpiar

Elaborado por: Investigador

6 Botón que permite cargar imágenes de forma manual de alguna locación específica en el sistema



Fig.7. AppBarButton cargar imagen

Elaborado por: Investigador

7 Botón que permite guardar imágenes de forma manual en la ubicación específica del sistema



Fig.8. AppBarButton guardar imagen

Elaborado por: Investigador

8 Botón que permite el ingreso de una nueva persona buscada en forma presencial al sistema



Fig.9. AppBarButton añadir persona

Elaborado por: Investigador

9 Botón Virtual, al igual que el físico envía la señal para realizar el reconocimiento de la persona que pasa por el sistema de reconocimiento.

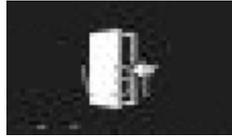


Fig.10. AppBarButton búsqueda persona

Elaborado por: Investigador

10 Botón que permite salir completamente del sistema de reconocimiento.



Fig.11. AppBarButton salir del sistema

Elaborado por: Investigador

11 Segmento de interfaz gráfica que muestra el registro de información de personas que han sido identificadas por el sistema.

NOMBRE	%EFFECTI	CIUDAD	POSICION	HORA	CALLE
carlos	86.0	Ambato	-1.2769, -78.6190	8/16/2016 12:04:23 PM	Julio Cañar
julian	82.9	Ambato	-1.2769, -78.6190	8/16/2016 12:05:30 PM	Julio Cañar
ernesto	85.9	Ambato	-1.2769, -78.6190	8/16/2016 12:06:18 PM	Julio Cañar
juan	87.9	Ambato	-1.2769, -78.6190	8/16/2016 12:06:54 PM	Julio Cañar

Fig.12. Listview mostrar datos personas identificadas

Elaborado por: Investigador

2.2 Opciones del sistema

2.2.1 monitoreo

Esta es la ventana en la cual se muestra la captura de la cámara en tiempo real cual sea la ubicación del mismo

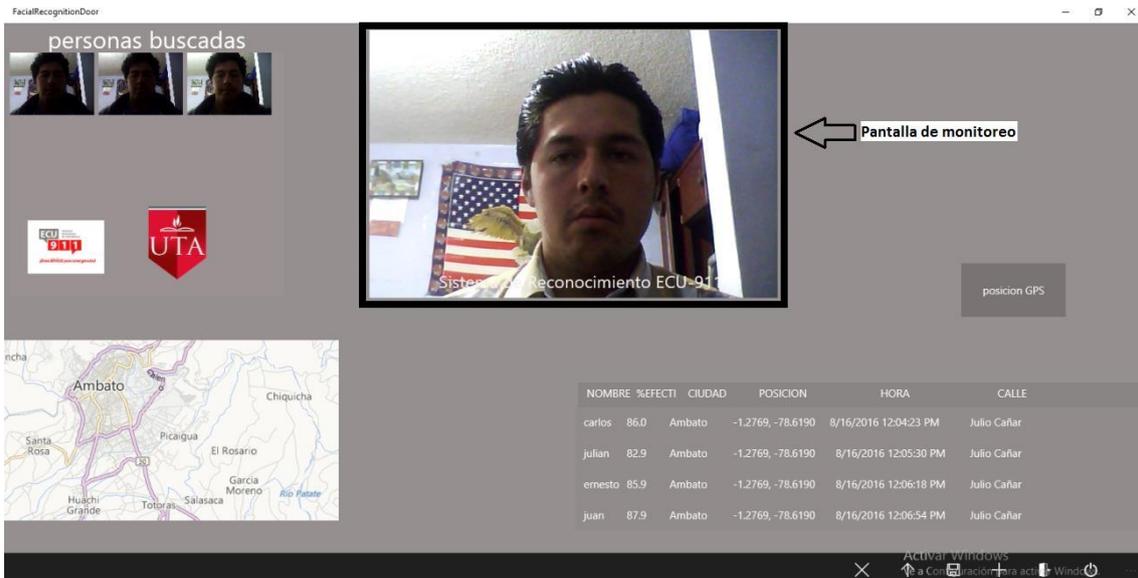


Fig.13. Pantalla ingreso nueva persona

Elaborado por: Investigador

2.2.2 Usuario

Esta es la opción para el ingreso de imágenes para su almacenamiento en el sistema de reconocimiento para su correcto funcionamiento.

Tomar foto:

Permite la captura de una foto desde cámara y se guarda automáticamente en la carpeta con el nombre de la persona buscada a la cual está asignada dicha fotografía



Fig.14. Pantalla ingreso nueva persona

Elaborado por: Investigador

Atrás: nos envía de vuelta a la pantalla principal

Abrir imagen desde una unidad externa o interna

Permite seleccionar la imagen a añadirse al sistema y dar click en “abrir” y posteriormente almacenarla

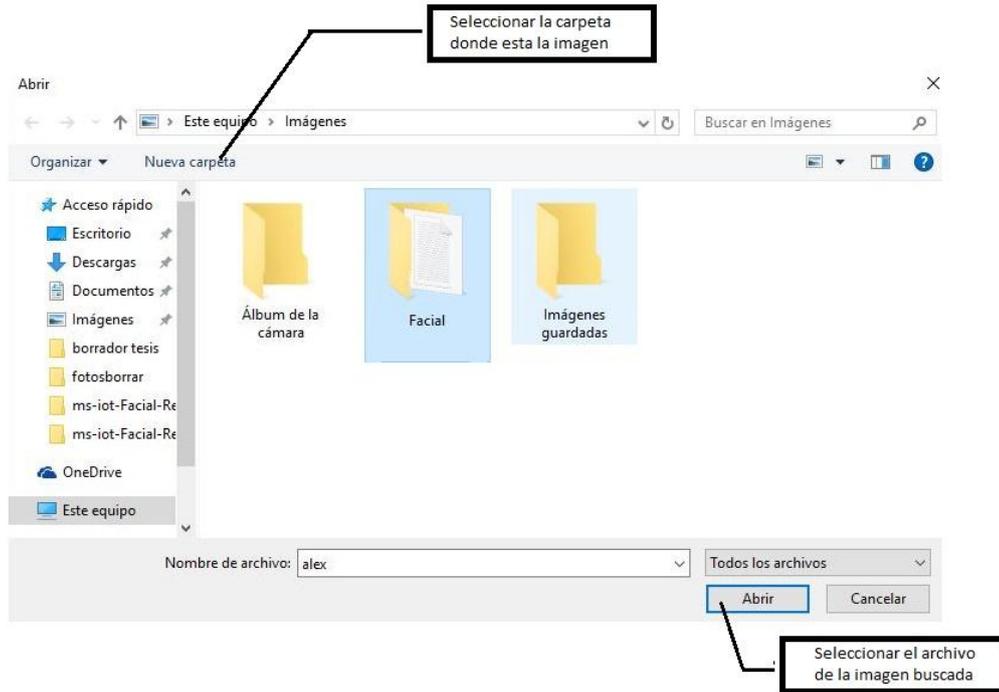


Fig.15. Seleccionar imagen a agregarse al sistema

Elaborado por: Investigador

Guardar imagen: permite guardar la imagen con un nombre en el sistema

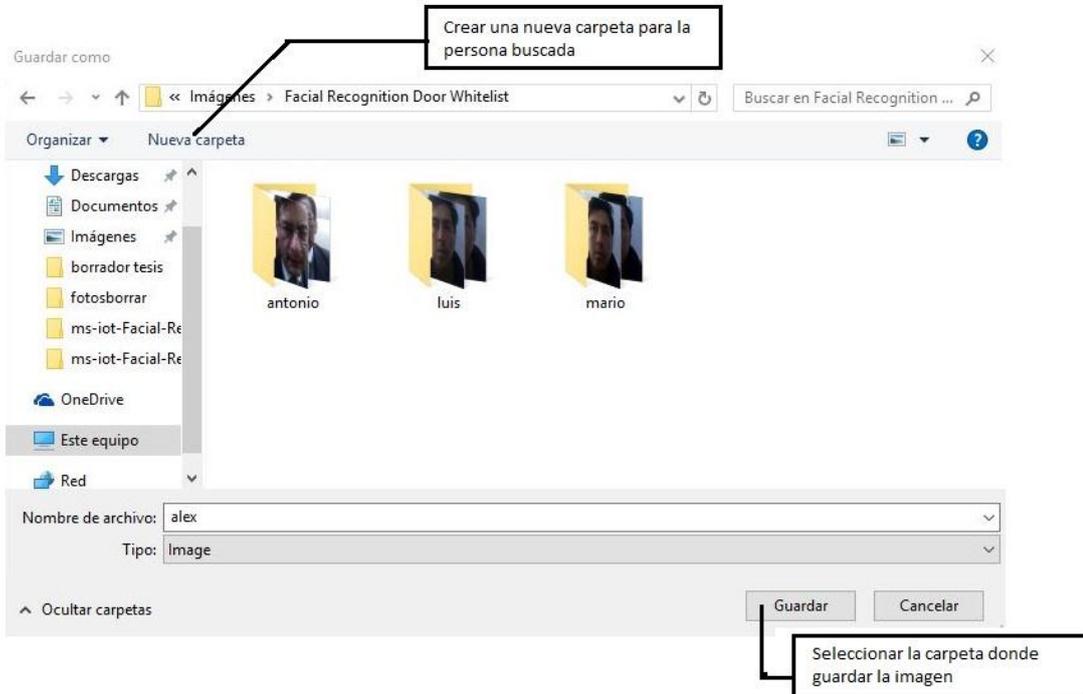


Fig.16. Seleccionar ubicación para almacenar imagen en el sistema

Elaborado por: Investigador

Borrar una imagen que se encuentra almacenada en el sistema de reconocimiento

Para la carpeta con las imágenes de una persona buscada, nos dirigimos a la dirección de almacenamiento y seleccionamos la carpeta y la borramos directamente ya se actualizan los datos cada vez que se inicia el sistema de reconocimiento.

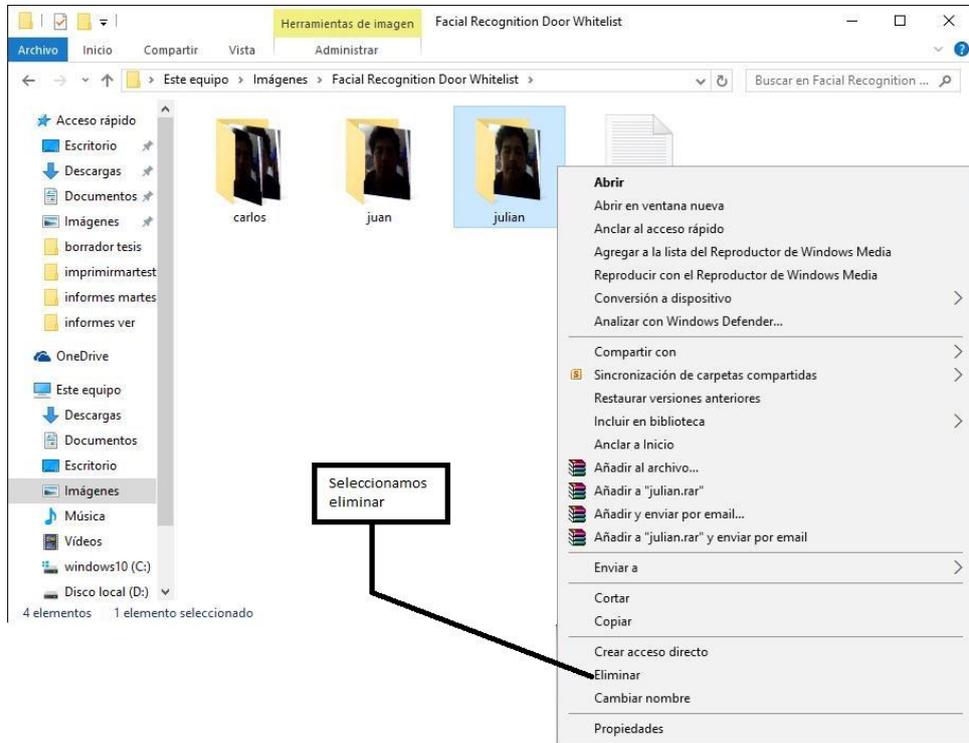


Fig.17. Seleccionar carpeta de persona para eliminar del sistema

Elaborado por: Investigador

Borrado de la carpeta de una persona buscada

- 1.- Seleccionar doble “click” en la persona buscada
- 2.- Pulsar el botón “Borrar Persona” para borrar



Fig.18. AppBarButton borrar persona buscada del sistema

Elaborado por: Investigador

3.- Para cancelar la opción y salir a la pantalla principal pulsar “Pantalla principal”



Fig.19. AppBarButton regresar a la interfaz gráfica principal

Elaborado por: Investigador

2.3 Reportes

Aquí permite visualizar el registro de personas buscadas que han sido identificadas en el cual se identifica los siguientes parámetros:

- Nombre
- Fecha y hora
- Posición
- Ciudad
- Calle
- Porcentaje de efectividad

NOMBRE	%EFECTI	CIUDAD	POSICION	HORA	CALLE
carlos	86.0	Ambato	-1.2769, -78.6190	8/16/2016 12:04:23 PM	Julio Cañar
julian	82.9	Ambato	-1.2769, -78.6190	8/16/2016 12:05:30 PM	Julio Cañar
ernesto	85.9	Ambato	-1.2769, -78.6190	8/16/2016 12:06:18 PM	Julio Cañar
juan	87.9	Ambato	-1.2769, -78.6190	8/16/2016 12:06:54 PM	Julio Cañar

Fig.20. Listview para visualización de datos

Elaborado por: Investigador

La tabla de reportes en SQLite tiene la posibilidad de generar un archivo para ser impreso desde Excel

Id	Nombre	Tiempo	Posicion	ciudad	calle	efectividad
1	luis	8/9/2016 7:14:42 AM	-1.2770, -78.6193	Ambato	Julio Cañar	88.96
2	marco	8/9/2016 7:34:55 AM	-1.2771, -78.6195	Ambato	Julio Cañar	87.31
3	lil	8/9/2016 9:43:33 AM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	82.63
4	marcelo	8/9/2016 9:44:26 AM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	82.50
5	ernesto	8/9/2016 9:56:37 AM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	82.1
6	marcelo	8/9/2016 9:57:18 AM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	82.3
7	jose	8/9/2016 3:48:02 PM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	87.7
8	adrian	8/9/2016 4:17:18 PM	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	88.1
9	marco	8/9/2016 5:42:15 PM	-1.2680, -78.6244	Ambato		85.9
10	fernando	8/16/2016 11:28:22 ...	-1.2771, -78.6195	Ambato	Julio Cañar	89.0
11	fernando	8/16/2016 11:40:05 ...	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	87.0
12	luis	8/16/2016 11:41:40 ...	-1.2769, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	82.8
13	julio	8/16/2016 11:49:07 ...	-1.2768, -78.6190	Ambato	Julio Cañar	83.3

Fig.21. Registro SQLite de datos de identificación del sistema de reconocimiento

Elaborado por: Investigador