



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México

Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico

Tesis de Maestría

Re-identificación de Objetos en Secuencias de Imágenes

presentada por

Ing. Ana Laura Galán Casiano

como requisito para la obtención del grado de
Maestra en Ciencias de la Computación

Director de tesis

Dr. Raúl Pinto Elías

Codirector de tesis

Dra. Andrea Magadán Salazar

Cuernavaca, Morelos, México. Enero 2020



"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

Cuernavaca, Mor., 14/enero/2020

OFICIO No. DCC/013/2020

Asunto: Aceptación de documento de tesis

CENIDET-AC-004-M14-OFICIO

C. DR. GERARDO VICENTE GUERRERO RAMÍREZ
SUBDIRECTOR ACADÉMICO
PRESENTE

Por este conducto, los integrantes de Comité Tutorial de la **C. Ing. Ana Laura Galán Casiano**, con número de control M17CE032, de la Maestría en Ciencias de la Computación, le informamos que hemos revisado el trabajo de tesis de grado titulado "**Re-identificación de objetos en secuencias de imágenes**" y hemos encontrado que se han atendido todas las observaciones que se le indicaron, por lo que hemos acordado aceptar el documento de tesis y le solicitamos la autorización de impresión definitiva.

Dr. Raúl Pinto Elías
Doctor en Ciencias en la Especialidad de
Ingeniería Eléctrica
3890453
Director de tesis

Dra. Andrea Magadán Salazar
Doctora en Ciencias Computacionales
10654097
Co-directora

Dr. Dante Mújica Vargas
Doctor en Comunicaciones y Electrónica
09131756
Revisor 1

M.C. Gerardo Reyes Salgado
Maestro en Ciencias de la Computación
2493370
Revisor 2

C.c.p. Depto. Servicios Escolares.
Expediente / Estudiante
JGGS/lmz



Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Subdirección Académica

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

Cuernavaca, Morelos, 14/enero/2020

OFICIO No. SAC/013/2020
Asunto: Autorización de impresión de tesis

ING. ANA LAURA GALÁN CASIANO
CANDIDATA AL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN
P R E S E N T E

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de tesis titulado "Re-identificación de objetos en secuencias de imágenes", ha informado a esta Subdirección Académica, que están de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior, se le autoriza a que proceda con la impresión definitiva de su trabajo de tesis.

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
"Conocimiento y tecnología al servicio de México"

DR. GERARDO VICENTE GUERRERO RAMÍREZ
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



SEP TecNM
CENTRO NACIONAL
DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO
TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN
ACADÉMICA

C.p. M.E. Guadalupe Garrido Rivera. Jefa del Departamento de Servicios Escolares.
Expediente.

GVGR/chg

DEDICATORIAS

A DIOS:

Por haberme permitido cumplir con esta meta quien como guía estuvo presente en este camino, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar en cada paso, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A mi mamá María Guadalupe:

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por la motivación constante que me ha permitido ser una mejor persona, pero más que nada por su paciencia y su amor incondicional que permitieron cumplir este sueño.

A mi papá Valentín:

Por sus ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan, por sus regaños y sus palabras de motivación, por estar junto a mi cuando más lo necesite por su valor mostrado para salir adelante y su amor incondicional, por haberme permitido cumplir esta meta que con su apoyo y confianza permitieron que logre culminar esta etapa en vida.

A mis Hermanos Yariset y Juan Luis

Por llenarme de alegría día tras día, por cada consejo que me brindaron, por compartir esas horas de charlas, por las discusiones y enojos que me ayudaron a ver que la vida no es fácil sin los obstáculos que presenta la vida a lo largo de este gran camino, por su apoyo incondicional.

A mi hermano Jesús:

Por apoyarme en esta etapa final de este sueño, por qué este poco tiempo que llevo conociéndolo, me ha dado la dicha de confiar en un gran ser humano y darme la oportunidad de conocer a nuevas integrantes de la familia su esposa y su hija.

A mis sobrinos Xavier y Sinaí:

Para que vean en mí un ejemplo a seguir.

A mis abuelos paternos Elvira Ochoa y José Galán:

Por sus consejos, cariño y apoyo incondicional a lo largo de esta etapa

A mis abuelos maternos Elvira Domínguez y Carlos Casiano:

Porque a pesar de la distancia ellos confían en mí, por los consejos, el cariño y apoyo en todo momento.

A Antonio:

Por compartir cada momento en esta etapa, por ayudarme en mis momentos más estresantes, por la motivación que me das día a día, por la confianza, el apoyo y consejos durante estos 2 años, me encanta que seas parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico que me proporcionó a lo largo de mis estudios de maestría.

Al Tecnológico Nacional de México/CENIDET por facilitar sus instalaciones para realizar mis estudios.

A mi director de tesis, el Dr. Raúl Pinto Elías, por guiarme en esta etapa de mi formación profesional y por compartir conmigo todos sus conocimientos.

A mi Codirectora de tesis, la Dra. Andrea Magadán Salazar por compartirme sus consejos y conocimientos

Al comité revisor, Dr. Gerardo Reyes Salgado y Dr. Dante Mújica Vargas por su valiosa disposición en la revisión de este trabajo de tesis, por sus comentarios y sugerencias que ayudaron a mejorarlo.

A mis amigos: Oswaldo, Anareli, Francisco, Axel, Jesús, Xico, Nay y Silver, por estar en esta etapa de mi vida y brindarme su amistad.

A Nitzy: por su amistad, consejos y apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

A mis compañeros de generación: Luis, David, Damián, Salvador, y Ariel por permitirme conocer aspectos de su vida y compartir conmigo esta etapa.

RESUMEN

La re-identificación de personas consiste en el reconocimiento de la misma persona en imágenes obtenidas con diversas cámaras o fuentes de información. Es un problema abierto a la investigación debido a la gran variabilidad de apariencia de las personas en las imágenes; además de inestabilidad, en un ambiente real, de factores como, la oclusión, cambios en la intensidad luminosa, rotación, translación y perspectiva, entre otros.

Un sistema práctico de re-identificación requiere de varios componentes tales como: detección de zonas que potencialmente incluyen personas, extracción de características, clasificación y reconocimiento. El sistema que se presenta se centra en dos aspectos principales: localización de objeto tipo personas y clasificación; estas dos fases en conjunto proporcionan un sistema completo para la re-identificación de personas.

En el sistema desarrollado se utiliza un modelo de gradientes orientado y un clasificador lineal preentrenado para realizar la detección de personas en imágenes y secuencias de video. Como parte del proceso también se usan dos métodos robustos de extracción de características y descripción de puntos característicos como lo son SURF y ORB; ambos métodos por separado, esto con el fin de evaluar el desempeño de cada uno. Finalmente, para el reconocimiento de la persona se utilizó un clasificador Maquinas de soporte vectorial.

Para validar el desempeño del sistema propuesto en este trabajo de investigación se realizó un conjunto de experimentos con distintas bases de imágenes públicas, además de un conjunto de imágenes propio.

Los resultados obtenidos usando SURF como ORB, proporcionan un alto grado de eficacia en la detección de la persona. Sin embargo, los resultados si varían dependiendo de las características presentes en el conjunto de imágenes.

ABSTRACT

The persons re-identification is the process of match the same person in different images from cameras or other sources of information. It is an open research problem because of the changes in the appearance of the person in the images, moreover the instability in a real-world test environment and other factors like obstruction, changes in the luminance, rotation, translation and perspective, among others.

A practical re-identification system needs many components like: detect potential zones which can contains people, feature extractor, classification and re-identification. The present system just focusses two main aspects: localization of objects with people features and classification, these components provide a complete system for the people re-identification.

The system was development using a histogram of oriented gradients and a lineal classifier previously trained to perform the person detection in images and video stream. Like part of the process also uses two robust methods of feature extractor (SURF and ORB), both were used separately with the purpose of evaluate the performance of each one. Finally, to recognize people it uses a vector support machine classifier.

To evaluate the performance of the proposed system in this research a set of experiments was development with different public sets of images. Also, a personal set of images.

The results obtained using SURF and ORB have a high level of efficacy in the people re-identification. Nevertheless, the results depend of the characteristics presents in the image set.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABLAS	V
ACRONIMOS	VII
GLOSARIO	IX
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Propuesta de solución	1
1.3 Objetivos.....	1
1.4 Alcances y limitaciones.....	2
1.5 Metodología de solución	2
1.6 Organización de la tesis.....	3
CAPÍTULO 2 MARCO CONCEPTUAL Y ESTADO DEL ARTE	4
2.1 Visión por computadora	4
2.2 Re-identificación	5
2.3 Detección de personas	5
2.4 Preprocesamiento digital	6
2.5 Extracción de Características	6
2.6 Clasificación.....	6
2.7 Estado del arte.....	7
2.8 Antecedentes.....	13
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	14
3.1 Arquitectura del sistema	14
3.2 Adquisición de imágenes	15
3.3 Etapa de detección de personas.....	17
3.3.1 HOG	18
3.3.2 SVM Lineal preentrenado.....	20
3.4 Etapa de preprocesamiento.....	22
3.4.1 Ecuilización	22
3.4.2 Recorte.....	23
3.5 Etapa de extracción de características	23
3.5.1 Extracción de puntos de interés con SURF y ORB	24
3.5.2 Reducción de puntos de interés con PCA.....	25
3.6 Reconocimiento	28
3.6.1 Entrenamiento de la máquina lineal de vector soporte.....	28
CAPÍTULO 4 VALIDACIÓN, ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS	29

4.1	Ambiente de pruebas.....	29
4.2	Banco de imágenes	29
4.3	Plan de pruebas.....	31
4.4	Pruebas funcionales	31
4.5	Pruebas objetivas	33
4.6	Métricas de evaluación	93
4.7	Análisis de resultados	104
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....		106
5.1	Conclusiones	106
5.2	Aportaciones.....	107
5.3	Trabajos futuros.....	107
REFERENCIAS.....		108

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Estructura de un sistema de visión por computadora de acuerdo con (González & Woods, 1996).....	5
Figura 3.1 Arquitectura del sistema.....	15
Figura 3.2 Ejemplos positivos del banco de imágenes INRIA.....	16
Figura 3.3 Ejemplos positivos del banco de imágenes VIPER.....	16
Figura 3.4 Ejemplos negativos del banco de imágenes CALTECH.	17
Figura 3.5 Ejemplos del Banco de imágenes propio.	17
Figura 3.6 Ejemplos del Banco de imágenes PEEN FUNDAN.	17
Figura 3.7 Establecimiento de ventanas de extracción sobre la imagen con el método HOG (Moctezuma, 2016).....	18
Figura 3.8 Hiperplano de separación óptimo.....	20
Figura 3.9 Imágenes con recorte y ecualización.	23
Figura 3.10 Imágenes con el descriptor SURF.	24
Figura 3.11 Imágenes con el descriptor ORB.	25
Figura 3.12 Conjunto de datos con PCA.	26
Figura 4.1 Muestra de Imágenes del Banco Propio.	30
Figura 4.2 Pruebas del método de HOG+SVM LINEAL pre entrenado, para la detección de personas.....	31
Figura 4.3 Pruebas de Imágenes detectadas por el SVM entrenado.....	32
Figura 4.4 Matriz de confusión	94
Figura 4.5 Curva ROC.....	96
Figura 4.6 Comparación entre descriptores en cuanto al banco de Imágenes propio re-identificando a la persona de interés.	97

Figura 4.7 Comparación entre descriptores en cuanto al banco de imágenes PEEN FUNDAN, con respecto al Objeto que NO pertenece al de interés.	98
Figura 4.8 Comparación entre descriptores en cuanto al banco de imágenes INRIA, con respecto al Objeto que NO pertenece al de interés.	98
Figura 4.9 Comparación entre descriptores en cuanto los bancos de imágenes INRIA, PEEN FUNDAN y PROPIO.	99
Figura 4.10 Comparación de Tiempo de ejecución (TE) entre los descriptores SURF Y ORB con banco de imágenes propio.	100
Figura 4.11 Comparación de Tiempo de ejecución (TE) entre los descriptores SURF Y ORB con banco de imágenes PEEN FUNDAN.	100
Figura 4.12 Comparación de Tiempo de ejecución (TE) entre los descriptores SURF Y ORB con banco de imágenes INRIA.	101
Figura 4.13 Comparación de Tiempo de ejecución (TE) entre los descriptores SURF Y ORB con los bancos de imágenes PEEN FUNDAN, INRIA y PROPIO.	102
Figura 4.14 Matriz de confusión SURF	102
Figura 4.15 Matriz de confusión ORB	103
Figura 4.16 Curva ROC de SURF y ORB	104

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Número de puntos detectados con SURF y número de puntos reducidos con PCA.....	27
Tabla 3.2 Número de puntos detectados con ORB y Número de puntos reducidos con PCA.	27
Tabla 4.1 Características de banco de imágenes para pruebas.	30
Tabla 4.2 Extracción de características del objeto de interés.	33
Tabla 4.3 Prueba 1: SURF/PROPIO.	34
Tabla 4.4 Resultados de la Prueba 1: SURF/PROPIO.....	39
Tabla 4.5 Prueba 2: ORB/PROPIO.	40
Tabla 4.6 Resultados de la Prueba 2: ORB/PROPIO.....	45
Tabla 4.7 Prueba 3: SURF/PEEN FUNDAN.	46
Tabla 4.8 Resultados de la Prueba 2: ORB/PROPIO.....	51
Tabla 4.9 Prueba 4: ORB/PEEN FUNDAN.	52
Tabla 4.10 Resultados de la Prueba 4: ORB/PEEN FUNDAN.....	57
Tabla 4.11 Prueba 5: SURF/INRIA.....	58
Tabla 4.12 Resultados de la Prueba 5: SURF/INRIA.	63
Tabla 4.13 Prueba 6: ORB/INRIA.....	64
Tabla 4.14 Resultados de la Prueba 6: ORB/INRIA.....	69
Tabla 4.15 Prueba 7: SURF / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN.....	70
Tabla 4.16 Resultados de la Prueba 7: SURF / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN.....	75
Tabla 4.17 Prueba 8: ORB / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN.....	76
Tabla 4.18 Resultados de la Prueba 8: ORB / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN.....	81
Tabla 4.19 Prueba 10: SURF / PROPIO.	82

Tabla 4.20 Resultados de la Prueba 9: SURF / PROPIO.....	87
Tabla 4.21 Prueba 10: ORB / PROPIO.	88
Tabla 4.22 Resultados de la Prueba 10: ORB / PROPIO.....	93
Tabla 4.23Resultados matriz de confusión SURF.....	103
Tabla 4.24 Resultados de matriz de confusión ORB.....	103

ACRONIMOS

HOG	Histogram of Oriented Gradiante (Histograma de Gradientes Orientados)
IDE	Integrated Development Environment, (Entorno de Desarrollo Integrado)
LDA	Linear Discriminant Analysis (Análisis Discriminante Lineal)
ORB	Oriented FAST and Rotated BRIEF(Breve,Orientada Rapida y Rotada)
PC	Computadora Personal
PCA	Principal Component Analysis (Análisis Componentes Principales)
RAM	Random Access Memory (Memoria de Acceso Aleatorio)
RANSAC	Random sample consensus (Muestra Aleatoria Consensuada)
Re-IDE	Re-identificación
RP	Reconocimiento de Patrones
s	Segundos
SIFT	Scale-invariant feature transform (Transformación de característica invariante de escala)
SURF	Speeded-Up Robust Features (Características Robustas Aceleradas)
SVM	Support Vector Machines (Máquina de Soporte Vectorial)
TE	Tiempo de Ejecución
TPR	True Positive Rate (Tasa de Positivos Verdaderos)

FPR	False Positive Rate (Tasa de falsos positivos)
ROC	Receiver Operating Characteristic (Características de funcionamiento del receptor)

GLOSARIO

Asimetría	Es una propiedad de determinados cuerpos, dibujos, funciones matemáticas y otros tipos de elementos en los que, al aplicarles una regla de transformación efectiva, se observan cambios respecto al elemento original.
Biométricas	Son las medidas biológicas, o características físicas, que se pueden utilizar para identificar a las personas
Dataset	Colección de datos habitualmente tabulada.
Eficacia	Es lograr un resultado o efecto (aunque no sea el correcto)
Evaluación Cuantitativa	Consiste en el almacenamiento de datos, que se comparan luego con parámetros previstos como objetivos del aprendizaje.
Histograma	Es una gráfica de la distribución de un conjunto de datos. Es un tipo especial de gráfica de barras, en la cual una barra va pegada a la otra, es decir no hay espacio entre las barras. Cada barra representa un subconjunto de los datos
Normalizar	proceso de elaborar, aplicar y mejorar las normas que se emplean en distintas actividades científicas, industriales o económicas, con el fin de ordenarlas y mejorarlas.
Repetibilidad	Es la variación de los resultados de varias mediciones obtenidas con intentos sucesivos (en un corto plazo) y bajo condiciones de medición definidas y establecidas (el mismo evaluador, la misma característica, el mismo método, igual medio ambiente, sin cambiar el ajuste y la misma pieza).
Sofbiométricas	Herramientas de desarrollo para un software de identificación biométrica para el control de acceso y el control de presencia.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La visión por computadora tiene como propósito general reproducir la habilidad humana de localizar, describir y reconocer los objetos presentes en una imagen, tarea que ha mostrado gran dificultad (Nalwa, V. S, 1994). Lo que hace al sentido visual humano especialmente difícil de emular es su asombrosa generalidad.

En sistemas de monitoreo, recuperación de imágenes por contenido, indexado de imágenes, se desea identificar un conjunto de imágenes como pertenecientes a la misma categoría o identificar un mismo objeto en diferentes fuentes de información aún cuando este objeto haya sufrido cambios en su descripción física.

1.1 Descripción del problema

El problema consiste en determinar el conjunto de descriptores de un objeto, para poder re-identificarlo en otras imágenes, aún cuando en la escena se presente con una apariencia visual diferente. Es decir, dado un objeto de entrada, se pretende encontrarlo en escenas grabadas con diferentes cámaras, bancos de imágenes secuenciales o bancos de imágenes no relacionados espacial ni temporalmente; aún cuando el objeto presente, cambios de perspectiva, rotación, escala, traslape, etc.

En el trabajo se presentan las fases de detección de personas, procesamiento, segmentación y descripción de características donde se busca una solución mediante una metodología para obtener de manera automática la re-identificación de una persona.

1.2 Propuesta de solución

En esta sección se explican los objetivos, alcances y limitaciones de esta investigación, así como también la metodología de solución.

1.3 Objetivos

- **Objetivo general**

Diseñar un sistema de visión artificial para identificar objetos específicos (personas) en imágenes y localizarlos en otras imágenes.

- **Objetivos específicos**

- Definir la clase de objetos que serán identificados (objeto de interés)
- Definir las variaciones o cambios visuales del objeto de interés
- Evaluar e implementar técnicas de reconocimiento por descripciones parciales y de ser necesario las temporales

1.4 Alcances y limitaciones

Alcances

- Definir características para detectar y relocalizar los objetos de interés en las imágenes
- Identificar y descargar bancos de imágenes apropiados para la investigación o en su defecto crear uno
- Identificar los objetos de interés considerando el conjunto de variaciones definidas
- Valorar el uso de descriptores de movimiento, cuando se disponga de secuencias de imágenes

Limitaciones

- No se identificará al objeto (personas) en términos de su identidad
- No se implementarán más de cinco características de las definidas
- No se contempla el procesamiento en tiempo real
- Sólo se considerarán las imágenes con perspectivas que permitan obtener las características implementadas
- Las variaciones por cambios en la perspectiva serán definidas y acotadas

1.5 Metodología de solución

Para resolver el problema planteado se usará la siguiente metodología:

1. Revisar el estado del arte con la finalidad de utilizar las técnicas que permitan trabajar con la re-identificación.
2. Definir el objeto a re-identificar.
3. Seleccionar al menos 5 descriptores.
4. Seleccionar el clasificador para la etapa de RP.
5. Definir el banco de imágenes, evaluar la posibilidad de utilizar un banco de imágenes ya existentes, o bien, crear uno.
6. Analizar e Implementar algoritmos para realizar la segmentación del objeto.
7. Analizar e implementar técnicas para el preprocesamiento y extracción de características para la re-identificación del objeto.
8. Diseñar y llevar acabo el plan de pruebas.
9. Validar pruebas y ajustes del sistema.
10. Analizar los resultados de las pruebas.
11. Documentar la investigación.

1.6 Organización de la tesis

El Capítulo 2 muestra el Marco Conceptual y estudio del estado del arte, se dan a conocer los fundamentos que son usados y el estado del arte relacionado al trabajo de investigación.

En el Capítulo 3 se detalla el análisis, diseño e implementación del sistema, se presenta de manera general, un reporte de los módulos que lo componen y aborda la construcción del sistema de re-identificación.

En el Capítulo 4 se presenta el diseño, análisis, validación y resultados de las pruebas realizadas; se describen las diferentes pruebas realizadas para validar el sistema y un análisis de los resultados obtenidos demostrando el cumplimiento de los objetivos planteados.

En el Capítulo 5 se proporcionan las conclusiones del trabajo de investigación y trabajos futuros que surgieron en el transcurso del desarrollo de la tesis.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL Y ESTADO DEL ARTE

Con el paso de los años se han desarrollado diferentes trabajos enfocados a la re-identificación. A continuación, se resumen las técnicas utilizadas para este proceso y se presenta un estudio del arte relacionado al tema de investigación.

En las siguientes secciones se dará un panorama general y conceptos relacionados con las técnicas aplicadas en este trabajo; La Sección 2.1 se enfoca en los conceptos de visión por Computadora, seguidamente en la Sección 2.2 se analizan artículos que se enfocan en la re-identificación, en el apartado 2.3 se describe la detección de personas, el preprocesado de imágenes se detalla en la Sección 2.4 , la Sección 2.5 presenta la extracción de características y para finalizar la clasificación se presenta en la Sección 2.6.

2.1 Visión por computadora

La visión es uno de los mecanismos sensoriales de percepción más importantes que posee el ser humano, aunque evidentemente no es exclusivo, ya que una incapacidad visual no impide en absoluto el desarrollo de ciertas actividades mentales, como pensar, resolver problemas, caminar, etc. (Pajares & De la Cruz Garcia, 2002).

El término “Visión por computadora” dentro del campo de la Inteligencia Artificial puede considerarse como: “la descripción de la deducción automática de la estructura y propiedades de un mundo tridimensional posiblemente dinámico a partir de una o varias imágenes bidimensionales de ese mundo” (Nalwa, V. S, 1994).

Las etapas de un sistema de visión por computadora de acuerdo con (González & Woods, 1996) son: La adquisición de la imagen, el preprocesado, la segmentación, la representación y la descripción y por último el reconocimiento e interpretación. Sin embargo, no todo sistema de visión artificial necesita contar con todas las etapas, esto dependerá mucho del tipo de aplicación que se pretenda desarrollar; para el caso que compete a esta investigación sólo se consideraron con más profundidad los 2 últimos niveles.

En la figura 2.1 se presentan las etapas de un proceso de visión artificial.

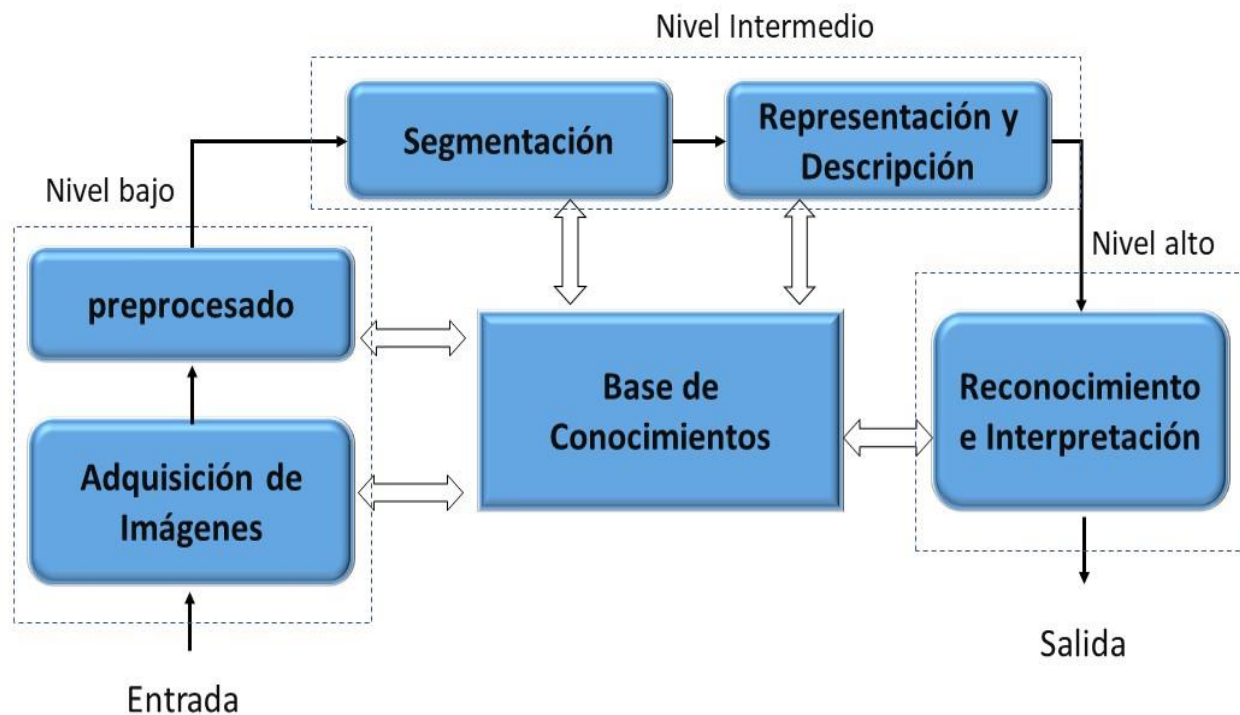


Figura 2.1 Estructura de un sistema de visión por computadora de acuerdo con (González & Woods, 1996).

2.2 Re-identificación

El proceso de re-identificación consiste en identificar a una persona o algún otro objeto (Moctezuma O. D., 2016). Permite reconocer a un mismo individuo en diversas fuentes de información; escenas grabadas por distintas cámaras, en un banco de imágenes secuenciales o de un banco de imágenes no relacionado espacial ni temporalmente.

Para el caso que compete esta investigación, especificado un objeto, se deberá encontrar ese mismo elemento en las diferentes fuentes de información aún cuando se presente alteraciones físicas.

Los trabajos revisados en esta etapa se enfocan en la re-identificación de personas.

2.3 Detección de personas

La detección consiste en extraer las mismas características tanto del objeto que se desea identificar como del resto de los diferentes objetos en la imagen, de tal forma que las características puedan ser comparables entre sí y al encontrar un grado de similitud elevado, según los métodos de evaluación del detector, se podrá asumir que se trata del mismo objeto. Por lo general, se obtienen como datos de salida la posición del objeto detectado en el sistema de coordenadas de la imagen (Robles, 2013).

Para el caso específico de la detección de personas el concepto es el mismo que con cualquier otro objeto, solo que se adecuan las características a extraer para la detección de la presencia y posición de cualquier persona en la imagen.

2.4 Preprocesamiento digital

Este proceso está dirigido a mejorar la calidad de las imágenes digitales y facilitar, por tanto, las etapas sucesivas orientadas al reconocimiento.

El tratamiento computacional de imágenes digitales puede dividirse, en dos grandes áreas: la mejora de la calidad para la interpretación humana y el procesamiento de los datos de la escena presente en una imagen para la percepción por parte de una máquina o un sistema de forma autónoma (Maravall, 1993).

2.5 Extracción de Características

Una imagen contiene una gran cantidad de datos, la mayoría de los cuales proporcionan muy poca información para interpretar la escena en ella. Un sistema que incorpore visión artificial debe, en primer lugar, extraer de la forma más eficiente y robusta posible determinadas características que proporcionen la máxima información sobre el contenido de la imagen.

Durante los últimos años, ha existido un creciente interés en el enfoque basado en la descripción de un objeto, utilizando “descriptores locales” (Malik, 2012). Los descriptores locales permiten detectar estructuras o puntos significativos en la imagen y obtener una descripción discriminante de estas estructuras a partir de sus alrededores, con el objetivo de ser comparados con otros rasgos usando medidas de similitud.

En esta sección, del presente documento de tesis, se presentan como métodos de extracción de características locales los algoritmos SURF y ORB con un análisis de componentes principales (PCA) para la extracción.

2.6 Clasificación

Una tarea importante en el proceso de la re-identificación es la clasificación, proceso por el que se le asigna a un patrón una “etiqueta” que es representada por una clase.

La tarea de clasificar se puede definir como la actividad de agrupar los elementos de información de acuerdo con atributos o propiedades comunes entre ellos.

Por lo tanto, definir un sistema de clasificación es elegir, en base a qué atributos, se van a agrupar los contenidos, cómo se van a organizar estos atributos. Este concepto de clasificación envuelve el aprendizaje de semejanzas y diferencias de patrones, que son abstracciones de instancias de objetos.

2.7 Estado del arte

Re-identificación de personas por aprendizaje sobresaliente (Zhao, Oyang, & Wang, 2017)

Este artículo está enfocado en la re-identificación de personas, obtienen imágenes de una cámara con diferentes vistas, poses e iluminación, estas variaciones son llamadas variaciones intrapersonales, para la borrosidad y oclusiones parciales.

Metodología: En este artículo proponen los métodos K-vecinos y SVM de una clase para estimar los puntos destacados para cada imagen, a través del cual se destacan las características más sobresalientes sin usar etiquetas de identidad en el procedimiento de entrenamiento.

Aprendizaje para detectar un objeto destacado (Liu, et al., 2011)

En este artículo se detectan los objetos más sobresalientes de una imagen, formulando la detección de objetos como problema de segmentación donde separa el objeto del fondo de la imagen y proponen un conjunto de características. Construyen una base de datos de imágenes para a la evaluación cuantitativa de algoritmos de atención visual. Una actividad importante que realizan y es similar a esta tesis es la utilización de la segmentación y determinar el conjunto de características para poder re-identificar.

Metodología: Proponen un conjunto de características que incluyen el contraste de varias escalas, el histograma envolvente central y la distribución espacial de color para describir un objeto local, regional y globalmente. Construyeron una gran base de datos de imágenes que contiene decenas de miles de imágenes.

Re-identificación de personas en vigilancia y medicina forense: una encuesta (Vezzani, Baltieri, & Cucchiara, 2013)

Este artículo se enfoca en la información sobre la re-identificación lo que hace que el lector pueda resolver algunas dudas que se le presentan. La re-identificación funciona en la apariencia exterior, lo que hace que sea imposible extraer y asociar medidas precisas como las características biométricas, Dan a conocer una clasificación basada en el escenario de la aplicación, aspectos de ajustes de la cámara, cardinalidad del conjunto de muestras y regiones de interés.

Metodología: Realiza una categorización multidimensional del diseño relacionado, los aspectos computacionales y los desafíos en el problema de la re-identificación de las personas.

Proporciona una conceptualización de la tarea de re-identificación describiendo en detalle las diferentes dimensiones de los problemas actuales y las soluciones propuestas previamente. La principal contribución de este trabajo es una encuesta muy amplia de propuestas existentes y la conceptualización de los aspectos y las dimensiones del espacio de solución.

Re-identificación de personas: pasado, presente y futuro (Zheng, Yang, & Hauptmann, 2016)

Este artículo brinda información sobre los métodos más eficaces para la re-identificación en imágenes y video, lo que resulta de gran apoyo para el trabajo de investigación.

Metodología: presenta la historia sobre la re-identificación de personas y la relación con la clasificación de las imágenes y la recuperación de las instancias, en segundo lugar, estudia la selección de los sistemas hechos a mano y los métodos a gran escala en la imagen y video basado en la re-identificación. Describe futuras direcciones críticas en la re-identificación de extremo a extremo y la recuperación rápida en galerías. Finalmente resume algunos asuntos importantes pero subdesarrollados como: Reevaluar los resultados de la nueva identificación y re-identificación de la persona en un mundo real.

Aprendizaje sobresaliente y re-identificación de personas (Zhao, Saliency Learning and Person Re-Identification, 2015)

En este artículo se extraen las características más sobresalientes de una persona para hacerlas coincidir con otras imágenes, donde se centra en el problema de la re-identificación, lo que resulta similar al de esta tesis donde realiza la re-identificación de una persona con un conjunto de características más sobresalientes aún cuando se presenten las diferentes variaciones.

Metodología: Este artículo utiliza los métodos K-Vecinos y SVM, para estimar una puntuación destacada para cada parche de imagen, a través del cual se resaltan rasgos distintivos.

Mejora de la re-identificación de personas por aprendizaje de atributos e identidades (Lin, Zheng, Zheng, Wu, & Yang, 2017)

En este artículo realizan la re-identificación de personas utilizando etiquetas de atributos lo que hace más fácil la identificación de la persona. En el reconocimiento de atributos se enfoca en los aspectos locales de una persona y en la re-identificación extrae representaciones globales.

Metodología: Anotan manualmente las etiquetas de cada atributo para dos conjuntos de datos de re-identificación, investigan sistemáticamente cómo la re-identificación de la persona y el reconocimiento de atributos se benefician mutuamente

Re-identificación de personas a través de sus características soft-biométricas en un entorno multi-cámara de videovigilancia (Moctezuma O. D., 2016)

Este artículo se enfoca en la re-identificación de personas basándose en un entorno multicámara a través de sus características softbiométricas y trata de identificarla a lo largo de su recorrido en donde realiza la detección de la persona. En relación al trabajo de investigación se da con la re-identificación de la persona a través de sus características, aún cuando presente cambios físicos.

Metodología: Llevaron a cabo dos principales etapas: detección de personas y la generación de un modelo de apariencia basado en características softbiométricas. Utilizaron el método HOG y los filtros de Gabor para realzar las características principales que representan a la figura humana.

Una arquitectura de aprendizaje profundo mejorada para la re-identificación de personas (Ahmed, Jones, & Marks, 2015)

Implementan un método para el aprendizaje simultáneo de características y una similitud correspondiente para la re-identificación y así abordarla más a fondo.

Metodología: proponen una arquitectura de red neuronal profunda que formula el problema de la re-identificación de la persona como clasificación binaria. Dado un par de imágenes de entrada, la tarea es determinar si las dos imágenes representan o no a la misma persona.

Re-identificación de persona usando apariencia espacio-temporal (Gheissari, Sebastian, T. B, & Hartley, 2006)

Emplean un algoritmo de segmentación espaciotemporal para generar características sobresalientes que son robustas a los cambios en la apariencia de la ropa.

Metodología: Utilizaron un algoritmo de tres etapas, en la primera usaron un operador de punto de interés como una forma rápida de reducir el número de coincidencias; en la segunda etapa, aplicaron un enfoque de ajuste de modelo para los casos que no obtuvieron buenos resultados en la primera fase, y por último evaluaron el enfoque jerárquico usando una base de datos mucho más grande.

Re-identificación de personas mediante acumulación de características locales impulsada por simetría (Farenzena, Bazzani, Perina, Murino, & Cristani, 2010)

Presentan un método basado en la apariencia para la re-identificación de la persona, que consiste en la extracción de características que modelan tres aspectos complementarios de la apariencia humana: el contenido cromático general, la disposición espacial de los colores estables de la región y la presencia de puntos centrales más frecuentes en la persona, esta información es derivada de diferentes partes del cuerpo y esto facilita la re-identificación de la persona.

Metodología: implementan un algoritmo basado en una extracción ponderada de características locales. El enfoque utilizado "Acumulación impulsada por la simetría de características locales", se aplica en el caso de que existan múltiples imágenes para cada individuo. Después del preprocesamiento, seleccionan las partes sobresalientes de la figura corporal adoptando los principios perceptivos de la simetría y asimetría.

Re-identificación de personas por coincidencia de apariencia articulada (Cheng, D. S & Cristani, 2014)

La re-identificación de las personas en entornos de videovigilancia se puede abordar de manera efectiva al tratar a cada figura humana como un cuerpo articulado por lo que en este artículo se enfocan en las similitudes entre la apariencia de las partes del cuerpo para reconocer a un individuo que se hubiese visto anteriormente. Esta estrategia se asemeja a lo que los humanos emplean para resolver la misma tarea en ausencia de detalles faciales u otros elementos confiables.

Metodología: En este trabajo, proponen un nuevo tipo de detector de objetos, para entrenar. Este método se basa en el histograma de gradientes orientados (HOG) y un clasificador de análisis discriminante lineal (LDA).

utilizan un algoritmo para inferir (deducir) configuraciones de cuerpos con base a restricciones cinemáticas, representadas como un gráfico en forma de árbol.

En general la propuesta se basa en la apariencia de la persona, da inicio con el monitoreo que realiza la re-identificación, partes del cuerpo sobresalientes (estructuralmente conocidas) buscando correspondencias entre las partes. El enfoque apunta a obtener firmas robustas de características extraídas de las partes segmentadas.

Re-identificación parcial de personas (Zheng, W. S, et al., 2015)

En este artículo se trata la re-identificación de personas de forma parcial, este proceso es complicado debido a que las vistas de las diferentes capas no tienen una superposición correcta, para solucionar este detalle se desarrolló un método en dos fases.

Metodología: El primer componente del marco de re-identificación se basa en la coincidencia local. Específicamente, descomponen las imágenes en diferentes partes, cada una de estas es procesada y se le asigna un nivel de emparejamiento con un clasificador que evalúa la imagen con un conjunto de imágenes que es también descompuesta en partes que coincidan con las de entrada.

El segundo método, al igual que el primero, descompone la imagen en pequeñas partes, pero a diferencia del primero éste analiza cada una de las partes en una imagen completamente utilizando el método de deslizamiento sobre la imagen.

Histogramas de gradientes orientados para detección humana (Dalal & Triggs, 2005)

En este artículo estudian el tema de conjuntos de características robustas para el reconocimiento visual de objetos, adopción de detección humana basada SVM lineal como un caso de prueba. Revisan los descriptores existentes basados en borde y gradientes demostrando experimentalmente que las redes de descriptores de histogramas de gradiente orientado (HOG) superan significativamente a los conjuntos de características existentes para la detección humana.

Re-identificación de personas y objetos mediante aprendizaje semi supervisado (González Medina, 2015)

En este trabajo inicialmente se enfocan en la re-identificación (Re-IDE) de personas, la Re-IDE plantea grandes retos entre ellos las variaciones de pose e iluminación entre las imágenes de la misma persona tomadas desde diferentes cámaras. Uno de los objetivos es mejorar la calidad de la imagen ya que, en varios escenarios de video vigilancia, las imágenes que se obtienen suelen ser de baja calidad y resolución, lo que dificulta aún más la re-identificación.

Para resolver estas variaciones de las imágenes en el sistema de Re-IDE emplearon la normalización de la iluminación, idea tomada de (Wei & Lin, 2013). En este trabajo mencionan cómo realizan una normalización del canal de iluminación para mejorar sus resultados. Refiriéndose a la técnica conocida como ecualización de histograma. Con esta técnica se genera una imagen con niveles de intensidad igualmente probables y que cubre un rango total de valores. Con ello logra que se aumente el rango dinámico, logrando un mayor contraste.

Análisis de eficiencia en algoritmos de reconocimiento de imágenes digitales aplicables a dispositivos móviles bajo la plataforma Android (Ilbay, Fabricio, Córdova, & Gonzalo, 2013)

Existen varios trabajos relacionados al estudio comparativo de los descriptores locales para el reconocimiento de imágenes, los cuales se enfocan en varios aspectos como: la precisión de las correspondencias o el número de puntos claves encontrados; sin embargo, no existe una comparación que considere parámetros de eficiencia y eficacia. Analizan el uso de memoria, tiempo de ejecución y desempeño de los descriptores locales SIFT, SURF Y ORB.

En este escenario, el presente artículo presenta un estudio empírico del comportamiento de los algoritmos SIFT, SURF y ORB para la detección de objetos, mediante la utilización de criterios y métricas de eficiencia y eficacia.

Concordancia de imágenes con SIFT, SURF, BRIEF y ORB: comparación de rendimiento para imágenes distorsionadas (Karami, Prasad, & Shehata, 2017)

En este artículo realizaron la comparación del de rendimiento de 3 técnicas de extracción de características en una imagen; SIFT, SURF y ORB, con diferentes tipos de transformaciones y deformaciones tales como escala, rotación, ruido y distorsión. Aplicaron, manualmente, diferentes tipos de transformaciones en las imágenes originales y calcularon los parámetros de evaluación coincidentes, como el número de puntos clave en las imágenes, la tasa de coincidencia y el tiempo de ejecución requerido para cada algoritmo, de esta manera mostraron qué algoritmo es mejor ante las variaciones ya mencionadas

Una comparación de sift, pca-sift y surf (Juan & Gwon, 2007)

Este documento compara tres métodos robustos de detección de características, que son, Transformación de características invariantes en escalas (SIFT), Análisis de componentes principales (PCA) -SIFT y Características robustas aceleradas (SURF). El rendimiento de los tres métodos se compara con los cambios de escala, la rotación, el desenfoque, los cambios de iluminación y las transformaciones afines, todo lo cual utiliza la repetibilidad como medida de evaluación. Además, RANSAC se utiliza para rechazar las coincidencias inconsistentes. SIFT presenta estabilidad en la mayoría de las situaciones, excepto en los cambios de rotación e iluminación. SURF es el más rápido con un buen rendimiento, al igual que SIFT, PCASIFT muestra sus ventajas en los cambios de rotación, desenfoque e iluminación.

Re-identificación de personas por apariencia de ropa, atributos. Re-identificación en personas(Li, Liu, & Yan, 2014)

Estudian la re-identificación de personas incorporando atributos de ropa de nivel medio en el clasificador mediante un marco de máquinas de vector soporte.

El proceso de re-identificación de una persona en el sistema de videovigilancia suele incluir tres pasos necesarios: detección humana, representación de características visuales y clasificación. El método propuesto en este artículo contiene un paso más. El primero es la detección de partes del cuerpo, que proporciona una mejor alineación. El segundo es la incorporación del clasificador SVM.

Máquinas de vectores soporte SVM (Suárez, 2014)

En este artículo se aborda tanto el caso de regresión lineal como el caso de regresión no lineal. Utilizan algunos paquetes de software de uso libre más relevante dedicados a la implementación de SVMs. Pueden ser un buen punto de comienzo para que el lector se familiarice, desde un punto de vista práctico, con este paradigma de aprendizaje. Finalmente, presentan un anexo dedicado a formular, de forma resumida, aquellos resultados de la teoría de la optimización, necesarios para solucionar los diferentes problemas que surgen como consecuencia de abordar los problemas de clasificación y de regresión mediante SVMs.

2.8 Antecedentes

Caracterización Automática de una Muestra de Acciones en Video, Tesis de Maestría (Dávila García, 2009)

La relación de esta tesis con el trabajo de investigación se basa en la detección y caracterización de partes del cuerpo humano; ya que la finalidad es la de obtener una descripción numérica de las características más importantes y en la propuesta se realizó la extracción de características específicas de un objeto.

Seguimiento y Caracterización de Componentes del Rostro para la Detección de Expresiones Faciales, Tesis de Maestría (Paredes Soto, 2009)

El modelar un objeto deformable tiene una alta complejidad ya que éste puede presentar cambios en su forma, además, de la rotación, translación, escala; lo cual hace más difícil este proceso.

La relación de la tesis con el trabajo de investigación es que realizan el procesamiento y caracterización de una imagen y para realizar sus pruebas evalúan el proceso de segmentación y caracterización. También ya que al modelar el objeto deformable presenta invariantes como la rotación, traslación y escala, en la investigación presentan algunos de estos factores que interfieren para la re-identificación del objeto.

Indexado y Recuperación de Imágenes por Contenido (Troncoso Rey, 2007)

Desarrollan un sistema de recuperación de imágenes por contenido, que incluye: caracterización, mediante descripciones parciales de los elementos de la imagen, clasificación y recuperación automática de imágenes por contenido. Realizan la caracterización mediante las descripciones parciales de los elementos de una imagen y su clasificación.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

En este Capítulo se presenta, de manera general, el análisis, diseño e implementación del sistema para la solución planteada en este trabajo de investigación.

En la Sección 3.1 se presenta el diseño específico del sistema. En la Sección 3.2 se muestran los bancos de imágenes utilizados en este trabajo de investigación, en las Secciones 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6 se describen a detalle cada uno de los procesos que se utilizaron.

El sistema de re-identificación está desarrollado en el lenguaje de programación C++, como entorno de desarrollo se utilizó "Eclipse" y se usaron librerías de OpenCV 3.0.0.

3.1 Arquitectura del sistema

Atendiendo al análisis de la problemática y la solución propuesta, se diseñó la arquitectura del sistema, la cual se divide en 4 etapas: detección de personas, preprocesamiento, extracción de características y reconocimiento, como se muestra en la *Figura 3.1*.

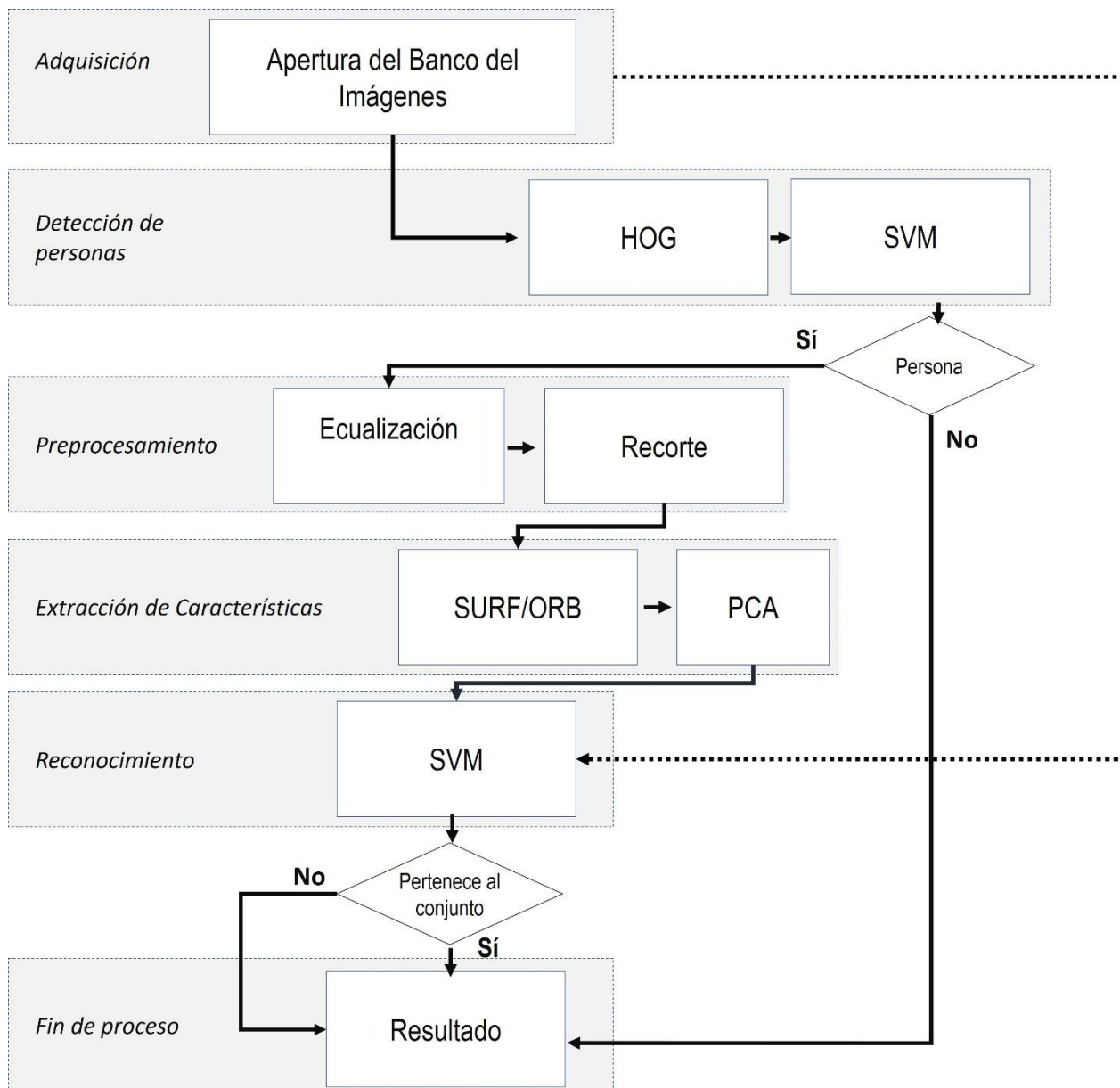


Figura 3.1 Arquitectura del sistema.

3.2 Adquisición de imágenes

Para el logro del objetivo, lo primero que se realiza es la adquisición del banco de imágenes.

En esta primera fase se adquirieron diferentes bancos de imágenes para la detección de personas y la re-identificación.

Para la detección de personas se formó un conjunto de entrenamiento en el cual se analizaron 3 bancos de imágenes, dos de ellos con distintas personas en diferentes perspectivas y el otro con variedad de objetos que no pertenecen a la clase persona.

En primer lugar, se creó el banco de imágenes de entrenamiento para la detección, para ello se tomó como referencia el conjunto de imágenes de personas INRIA (INRIA Person Dataset, 2007) el cual se compone de 3302 imágenes de diferentes personas, con un formato *JPG*. Las imágenes de este conjunto cuentan con diferentes escenarios, cambios de perspectivas y cambios físicos, aumentando así el número de posturas reconocibles como se muestra en la *Figura 3.2*.



Figura 3.2 Ejemplos positivos del banco de imágenes INRIA.

También se tomó en cuenta un segundo banco de imágenes llamado VIPER (Van Beeck, Van Engeland, Vennekens, & Goedemé, Abnormal behavior detection in LWIR surveillance of railay platforms, 2017) compuesto por tomas de 632 personas diferentes, haciendo un total de 1261 elementos. De igual forma las imágenes que contiene este banco están en diferentes escenas y cambios de perspectiva, en la *Figura 3.3* se puede observar algunas que contiene este conjunto de imágenes con sus respectivos cambios.



Figura 3.3 Ejemplos positivos del banco de imágenes VIPER.

Las imágenes que no pertenecen al objeto persona se denominan “imágenes negativas”, este tercer conjunto se formó tomando como referencia el banco de imágenes llamado CALTECH (Li, Andreetto, & Ranzato, 2003) el cual cuenta con 1487 imágenes de diferentes objetos, las imágenes tomadas de este banco son variadas para poder tener un mejor entrenamiento.

Este conjunto cuenta con 800 imágenes en un formato JPEG las cuales contienen diferentes objetos como: escaleras, árboles, lámparas entre otros objetos como se muestran en la *Figura 3.4*.



Figura 3.4 Ejemplos negativos del banco de imágenes CALTECH.

Para la parte del entrenamiento del clasificador de la re-identificación, se creó un banco de imágenes propio el cual contiene diferentes imágenes de la persona de interés. Este conjunto contiene 200 imágenes, se tomaron en diferentes escenas, cambios de perspectivas y cambios en su descripción física en un formato *JPG*, ver *Figura 3.5*.

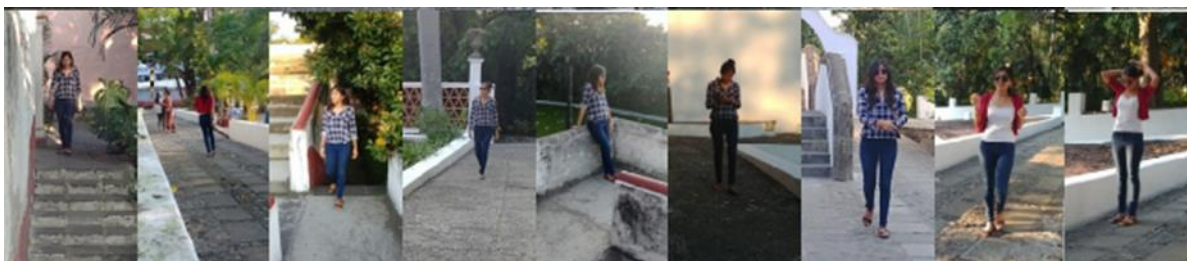


Figura 3.5 Ejemplos del Banco de imágenes propio.

Se consideró un quinto banco de imágenes llamado PEEN FUNDAN este conjunto de imágenes cuenta con 170 imágenes con distintas personas.

Las imágenes de este conjunto cuentan con diferentes vistas del objeto y cambios en sus descripciones físicas, en un formato *PNG*, ver *Figura 3.6*.



Figura 3.6 Ejemplos del Banco de imágenes PEEN FUNDAN.

3.3 Etapa de detección de personas

Esta etapa tiene como objetivo detectar la clase persona en cada una de las imágenes que sean ingresadas. Para esta etapa las técnicas seleccionadas e implementadas de acuerdo con la revisión del estado del arte, es el histograma de gradientes orientado (HOG) con máquinas de vector soporte (SVM) que se encuentran en OpenCV, los cuales permiten detectar si se encuentra una persona, para ello se emplearon distintas imágenes donde se tomaron en cuenta la variedad de objetos que el método permitiera determinar que pertenece o no pertenece a la clase persona, esto con el propósito de

que automáticamente al ingresar imágenes detecte solo a una persona y así de inicio al procesamiento de cada una de ellas.

En (Moctezuma, 2016) para la detección de personas hacen uso del método de HOG+SVM Lineal. En este módulo se utiliza el modelo de HOG como descriptor y SVM Lineal como clasificador.

El proceso inicia cuando las imágenes de entrada correspondientes al objeto persona son ingresadas, posteriormente se describen mediante el método de HOG. La SVM lineal recibe el descriptor de la región de la imagen y determina si esta pertenece a la clase persona o no.

3.3.1 HOG

De acuerdo con la literatura existen diferentes tipos de descriptores para representar un objeto. (Zhang, Matsumoto, Yoshida, & Kita, 2006)

Una de las técnicas más comunes son bordes a nivel local, los cuales detectan los bordes del objeto, entre ellos se encuentran sobel, canny y otros; Bordes a nivel región, en donde el más utilizado es el histograma de gradientes orientados, en la actualidad una de las técnicas con mayores resultados para describir a una persona es *HOG*, debido a su robustez con respecto a cambios de iluminación, rotación y translación.

El método HOG se basa en un histograma que acumula las orientaciones del gradiente en cada una de las ventanas de extracción que se definen en la imagen (Moctezuma, 2016). Este histograma acumulará el número de orientaciones, de 0 a 180 grados, contabilizadas en cada ventana. Con el algoritmo HOG la imagen se divide en celdas de dimensión 16×16 con un solapamiento de 8 píxeles entre ellas. Se estableciendo las ventanas de extracción por cada imagen *ver Figura 3.7*.

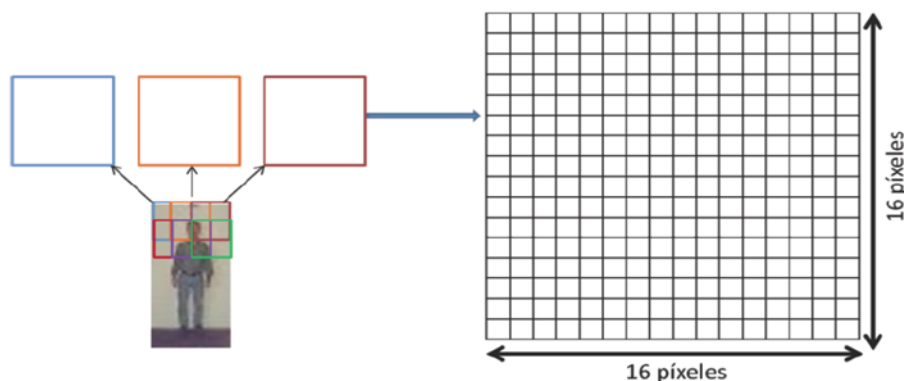


Figura 3.7 Establecimiento de ventanas de extracción sobre la imagen con el método HOG (Moctezuma, 2016).

Una vez que se establecen estas ventanas de extracción se procede a normalizarlas, tal que su media sea 0 y su varianza 1 para que todos los valores integren un rango similar. Para lograr esta normalización se procede a generar la imagen integral y la imagen integral al cuadrado. Sea $img(x,y)$ el valor correspondiente a la ventana de extracción de la imagen en la columna x y renglón y , la imagen integral se calcula con la ecuación

$$ii(x,y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} img(x',y') \quad (3.1)$$

La imagen integral al cuadrado se calcula elevando al cuadrado cada elemento de la imagen integral, una vez calculadas las imágenes integral e integral al cuadrado la normalización de cada ventana de extracción se realiza con la siguiente ecuación

$$img(x,y) = \frac{img(x,y) - \mu}{\sigma} \quad (3.2)$$

donde μ es la media y σ la desviación estándar. Posteriormente se realiza el cálculo de la orientación y dirección del gradiente de cada píxel en la imagen. El cálculo del gradiente se consigue filtrando la imagen mediante dos máscaras unidimensionales.

Para el cálculo del histograma de orientaciones se emplea una matriz de 2×2 celdas y 9 orientaciones, por lo que de cada ventana de extracción se obtendrá un vector de $2 \times 2 \times 9 = 36$ características

Al finalizar todo el procedimiento se obtiene un histograma con 9 orientaciones por cada una de las 4 celdas en las que se divide cada ventana de extracción. El vector final de características es el resultado de la concatenación del histograma de orientaciones de cada ventana de extracción.

En la *Figuras 3.2 y 3.3* se muestra parte del conjunto de imágenes positivas pertenecientes al objeto persona de las cuales se obtuvieron los diferentes vectores de características mediante el método de Histograma de Gradientes (HOG).

El extractor de vectores de características de HOG es implementado en OpenCV con la función ***HOGDescriptor::compute()***, esta función espera una imagen con un tamaño mínimo de 63×126 píxeles, si se considera que una persona está en la imagen proporcionada (muestra positiva) se calcula el vector de características de HOG solo en la subimagen formada por los píxeles centrales.

3.3.2 SVM Lineal preentrenado

El algoritmo SVM se basa en encontrar el hiperplano que proporciona la mayor distancia mínima a los ejemplos de entrenamiento. El hiperplano de separación óptimo *maximiza* el margen de los datos de entrenamiento.

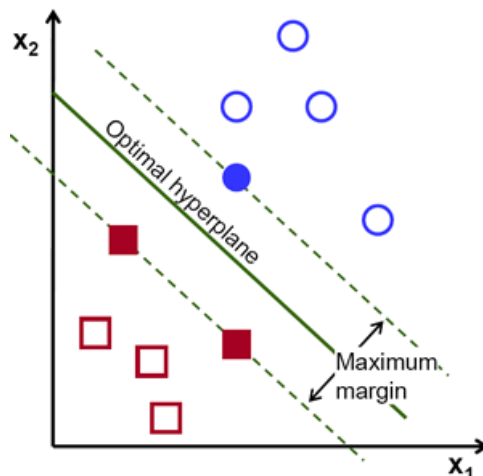


Figura 3.8 Hiperplano de separación óptimo

Cálculo de hiperplano óptimo

$$f(x) = \beta_0 + \beta^T x, \quad (3.3)$$

Donde β se conoce como el vector de peso y β_0 como la desviación (sesgo).

El hiperplano óptimo se puede representar en un número infinito de formas diferentes mediante la escala de $\beta\beta_0$

$$|\beta_0 + \beta^T x| = 1 \quad (3.4)$$

Donde x ahora es utilizado del resultado de la geometría que da la distancia entre un punto $x(\beta, \beta_0)$

$$distancia = \frac{|\beta_0 + \beta^T x|}{\|\beta\|} \quad (3.5)$$

En particular, para el hiperplano canónico, el numerador es igual a uno y la distancia a los vectores de soporte es:

$$\text{distancia de vector soporte} = \frac{|\beta_0 + \beta^T x|}{\|\beta\|} = \frac{1}{\|\beta\|} \quad (3.6)$$

El margen introducido es indicado como M :

$$M = \frac{2}{\|\beta\|} \quad (3.7)$$

Finalmente, el problema de maximizar $ML(\beta)x_i$

$$\min_{\beta, \beta_0} L = \frac{1}{2} \|\beta\|^2 \text{ sujeto a } y_i(\beta^T x_i + \beta_0) \geq 1 \forall i, \quad (3.8)$$

Donde y_i , es un problema de optimización lagrangiana que se puede resolver utilizando multiplicadores de Lagrange para obtener el vector de peso β, β_0 .

La cantidad y variedad de datos dada por los vectores de características que representan los objetos de entrada al clasificador ha permitido el desarrollo de un extenso campo denominado teoría de la clasificación.

El proceso de usar datos previamente extraídos para definir un clasificador se conoce como entrenar o entrenamiento del clasificador

Al terminar la base de extracción de características de personas con el método de HOG se obtienen dos archivos de texto con los descriptores de cada set de imágenes negativas y positivas se procedió a la implementación de la SVM, clasificador basado en el aprendizaje supervisado.

El método entrenamiento de la clase SVM requiere de dos matrices. Una de las matrices contiene las muestras de entrenamiento, en cada una de las filas se debe encontrar un único vector de características que define una imagen, ya sea positiva o en su caso negativa. En la otra matriz representa una etiqueta, se utiliza 1 para las muestras positivas que pertenecen a la clase persona y -1 para las muestras negativas.

Se utilizo la librería de OpenCV que implementa la clase SVM. La SVM se establece en el descriptor de HOG, por lo que se puede encontrar en OpenCV mediante la función `HOGDescriptor::detectMultiScale()`, realiza la detección de objetos con una ventana de múltiples escalas.

Los coeficientes del clasificador SVM se hacen por la función `hog.setSVMDetector(cv::HOGDescriptor::getDefaultPeopleDetector())`; la cual inicializa la SVM con los descriptores de HOG, cabe mencionar que la SVM utilizada está preentrenada desde OpenCV para la detección de personas (Dalal & Triggs, 2005, June), posteriormente se hace uso de `detectMultiScale()`, la cual realiza la detección completa (extracción del descriptor y la clasificación) y devuelve los cuadros de delimitación de cada candidato que pertenece al objeto persona.

3.4 Etapa de preprocesamiento

El procesamiento de imágenes es una etapa importante en el sistema ya que tiene como objetivo fundamental mejorar el aspecto de las imágenes y hacer evidentes en ellas ciertos detalles de interés.

Se usa generalmente para reducir el ruido digital y los detalles en las imágenes ya que permite mejorar la calidad de estas (Cáceres Flórez, Amaya Hurtado, & Ramos, 2015).

En esta etapa para mejorar las imágenes adquiridas en la fase de detección de personas primeramente se aplica una ecualización ya que este método permite mejorar la calidad de la imagen y posteriormente un recorte, este se realiza mediante las coordenadas obtenidas de los cuadros delimitadores de cada imagen en la que se detectó la persona, de esta manera se eliminan los detalles de fondo que más interfieran en la imagen.

3.4.1 Ecualización

Una vez que se realiza la etapa de detección indicando si pertenece a la clase persona se aplica una ecualización, esto con el objetivo de que al momento de extraer las características no interfieran algunos detalles de fondo.

La ecualización es un método que mejora el contraste en una imagen para extender el rango de intensidad.

La función de una ecualización implica mapear una distribución (el histograma dado) a otra distribución para que los valores de intensidad se distribuyan en todo el rango.

Para lograr el efecto de la ecualización la reasignación debe ser la función de distribución acumulativa

Para el histograma $H(i)$, su distribución acumulativa $H'(i)$ es:

$$H'(i) = \sum_{0 \leq j < i} H(j) \quad (3.9)$$

Para usar esto como una función de reasignación, se tiene que normalizar de $H'(i)$ tal manera que el valor máximo sea 255 (o el valor máximo para la intensidad de la imagen).

Finalmente, se utiliza un procedimiento de reasignación simple para obtener los valores de intensidad de la imagen ecualizada.

En OpenCV, lo primero que se realiza es convertir las imágenes originales a escala de grises, luego ecualizar el histograma utilizando la función OpenCV ***EqualizeHist*** (***myImage, dst***);.

3.4.2 Recorte

Una vez realizada la ecualización se realiza el recorte del objeto de interés en este caso la persona, para esto se utilizan las coordenadas obtenidas de los cuadros delimitadores de cada imagen en la que se detectó la persona, de esta manera se eliminan los detalles de fondo que más interfieran en la imagen.

Lo que se requiere para realizar esta función son las coordenadas de la imagen, estas se obtienen mediante el detector de personas debido a que en cada muestra el objeto de interés se encuentra en diferente posición.

Lo que hace este método es que automáticamente corta las imágenes con la siguiente estructura:

crooppedImage=myImage(coor[b])

Donde ***coor [b]*** pertenece a las coordenadas de cada imagen que se desean mantener.

El uso de esta función permite que el recorte se realice de manera automática evitando así que el usuario interviniera y con esto alterar el resultado, el resultado de recortar las imágenes se puede observar en la *Figura 3.8*.



Figura 3.9 Imágenes con recorte y ecualización.

3.5 Etapa de extracción de características

En esta etapa se realiza la detección de puntos de interés, para lo cual es necesario identificar los descriptores de la persona. La extracción solo se basa en los métodos

SURF y ORB por lo tanto no se agrega ninguna característica que estos métodos no hayan obtenido.

SURF (speed up robust features) es un método de extracción de puntos de interés inspirado en SIFT pero con mejoras en cuanto a la velocidad de cálculo y robustez ante posibles transformaciones de una imagen. La extracción de los puntos se realiza detectando primero los posibles puntos de interés y su ubicación en la imagen.

ORB (oriented FAST and rotated BRIEF) Es una fusión del detector de puntos clave FAST y el descriptor BRIEF con algunas modificaciones para mejorar el rendimiento. Primero usa FAST para detectar los puntos clave de la imagen, la idea es que si un pixel es significativamente diferente de sus pixeles vecinos entonces es más probable que sea una esquina. Posteriormente debido a que Fast solo compara la diferencia entre el brillo de los pixeles, la información es incierta, ORB mejora esto calculando los valores Harris para las esquinas originales de FAST y entonces los ordena de acuerdo al valor gris y toma los primeros puntos. Después se construye una pirámide de imágenes en escala y se aplica el paso anterior para añadir la invariancia de escala a los puntos. Finalmente se determina la dirección del punto de interés.

3.5.1 Extracción de puntos de interés con SURF y ORB

Para la extracción de los puntos de interés se usan dos métodos de puntos destacados SURF y ORB.

OpenCV proporciona funcionalidades de SURF, las cuales se utilizaron junto a su configuración predeterminada, estas funciones se encuentran como **SURF.detect ()** y **SURF.compute ()**, las cuales ayudan a encontrar los puntos clave y los descriptores de la imagen de entrada.

Se utilizó SURF como uno de los métodos de extracción de características. El objetivo principal de este descriptor es proporcionar una descripción única y robusta de las características de la imagen. En esta técnica se obtiene un número diferente de puntos característicos para cada imagen como se observa en la *Figura 3.9*.

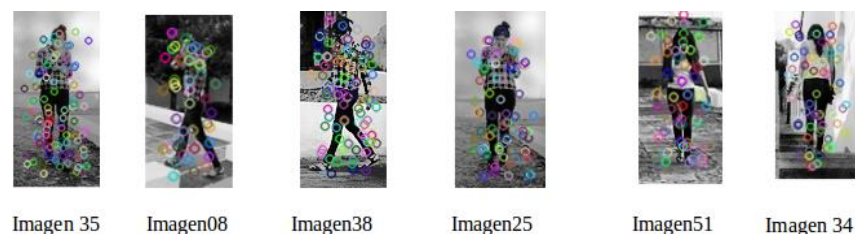


Figura 3.10 Imágenes con el descriptor SURF.

De acuerdo con la literatura este método agrega muchas características para mejorar la velocidad, es bueno para manejar imágenes con desenfoque y rotación.

Como segundo método de extracción de características se utilizó ORB, el cual emplea una variante de Fast para detectar los puntos destacados (Calonder, Lepetit, Strecha, &

Fua, 2010), luego aplica Harris para asignar un nivel de esquina y encontrar los N mejores puntos entre ellos.

En OpenCV la función de ORB se utiliza creando un objeto de tipo ORB y posteriormente usando la función `Ptr<FeatureDetector>detector = ORB::create();`, la cual detecta los puntos clave de la imagen ingresada.



Figura 3.11 Imágenes con el descriptor ORB.

3.5.2 Reducción de puntos de interés con PCA

Al aplicar un método de extracción de características de puntos destacados a la imagen la cantidad de puntos que se obtienen varía para cada una., también se tiene en cuenta que cuanta más información se obtiene una predicción más acertada, pero comienza a tomar más tiempo y recursos.

Es posible que algunas de las variables sean menos importantes y no aporten demasiado valor en la predicción, para seleccionar una misma cantidad de puntos en todas las imágenes se realiza una reducción de dimensionalidad, disminuyendo la menor cantidad de información posible: cuando contamos con un gran número de variables cuantitativas

PCA permite reducir las a un número menor de variables transformadas (componentes principales) que expliquen gran parte de la variabilidad en los datos. Cada dimensión o componente principal generada por PCA será una combinación lineal de las variables originales, y serán además independientes o no correlacionadas entre sí.

Este un procedimiento estadístico extrae las características más importantes de un conjunto de datos, lo primero que realiza PCA *ver Figura 3.11.*

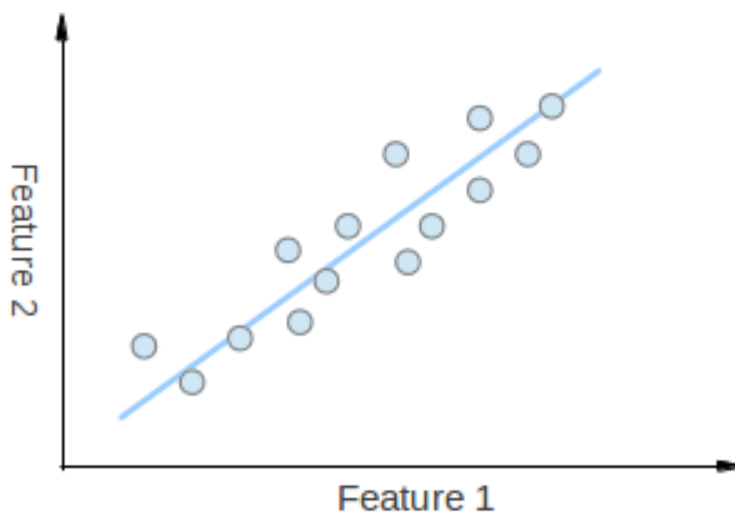


Figura 3.12 Conjunto de datos con PCA.

Se tiene en cuenta que posee un conjunto de datos como se muestra en la *Figura 3.11* cada dimensión corresponde a una característica en la que está interesado.

Un punto clave de PCA es la Reducción de Dimensionalidad. La reducción de la dimensión es el proceso de disminuir el número de dimensiones del conjunto de datos dado. Por ejemplo, en el caso anterior, es posible aproximar el conjunto de puntos a una sola línea y, por lo tanto, reducir la dimensionalidad de los puntos dados de 2D a 1D

Por lo tanto, PCA permite encontrar la dirección a lo largo de la cual los datos varían más. De hecho, el resultado de aplicar PCA en el conjunto de puntos en el diagrama consiste en 2 vectores llamados vectores propios, que son los componentes principales del conjunto de datos.

El tamaño de cada vector propio se codifica en el valor propio correspondiente e indica cuánto varían los datos a lo largo del componente principal.

Se realizó un análisis de cada imagen para verificar el mínimo de puntos detectados en ORB y SURF, aplicando PCA para hacer la reducción y determinar una sola cantidad para todas las imágenes.

En la *Tabla 3.1* se muestra el número de puntos de las Imágenes de la *Figura 3.9*, y el número de puntos a los cuales se redujo con PCA.

Tabla 3.1 Número de puntos detectados con SURF y número de puntos reducidos con PCA

Puntos detectados con SURF		
	SURF	SURF-PCA
Imagen35	134 puntos	42 puntos
Imagen08	53 puntos	42 puntos
Imagen38	59 puntos	42 puntos
Imagen25	73 puntos	42 puntos
Imagen51	81 puntos	42 puntos
Imagen34	42 puntos	42 puntos

En la *Tabla 3.2* se muestra la cantidad de puntos de las Imágenes de la *Figura 3.10*, y la cantidad de estos reducidos con PCA. Se determinó que el mínimo de puntos para ORB mediante el análisis son 13.

Tabla 3.2 Número de puntos detectados con ORB y Número de puntos reducidos con PCA.

Puntos detectados con ORB		
	ORB	ORB-PCA
Imagen35	258 puntos	13 puntos
Imagen08	13 puntos	13 puntos
Imagen38	104 puntos	13 puntos
Imagen25	133 puntos	13 puntos
Imagen51	89 puntos	13 puntos
Imagen34	37 puntos	13 puntos

3.6 Reconocimiento

En esta última etapa se emplea una SVM como clasificador para el reconocimiento de la persona, primero se evalúa cualitativamente, el rendimiento del clasificador usándolo para clasificar todas las imágenes de entrenamiento, las imágenes que se utilizaron para el entrenamiento son del banco de imágenes propio.

En la preparación de datos para cada conjunto de imágenes se le denominaron positivas a aquellas que cumplen con las características necesarias para pertenecer a la persona de interés, en caso contrario se le denominaron negativas, esto con el fin de etiquetar a cada imagen para formar el conjunto de entrenamiento.

3.6.1 Entrenamiento de la máquina lineal de vector soporte

En esta etapa se entrenó la máquina de vector soporte como clasificador dividiendo las imágenes positivas de las imágenes negativas, el primer conjunto se forma de 60 imágenes pertenecientes a la persona de interés; en el segundo conjunto con 300 imágenes negativas que no pertenecen en su totalidad a la persona de interés.

CAPÍTULO 4

VALIDACIÓN, ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se explica el proceso de validación, análisis de pruebas y resultados que se llevó a cabo.

En la Sección 4.1 se describen las características del hardware (PC) que se utilizó para el desarrollo de las pruebas, en la Sección 4.2 se presentan los bancos de imágenes utilizados en este trabajo, en las Secciones 4.3, 4.4, 4.5 se presentan las pruebas usadas en la validación experimental, en la Sección 4.6 se definen las métricas de evaluación y finalmente en la Sección 4.7 se realiza un análisis de los resultados obtenidos.

4.1 Ambiente de pruebas

Las pruebas fueron desarrolladas en una PC con las siguientes características:

Sistema operativo: XUBUNTU 16.04.6 LTS

Procesador: Intel Core i3-6006U @2.00 GHz

Memoria RAM: 4Gb

Compilador: GCC 3.0.0

Librería: OpenCV 3.0.0

IDE: Eclipse 3.8

4.2 Banco de imágenes

Se utilizaron cinco bancos de imágenes de distintas fuentes de información. La primera es Viper establecido por (Van Beeck, Van Engeland, Vennekens, & Goedemé, Abnormal behavior detection in LWIR surveillance of railay platforms, 2017, August). Contiene 632 pares de imágenes de personas tomadas desde dos vistas de diferentes cámaras en diversas condiciones, la segunda INRIA creada por parte del trabajo de investigación sobre detección de personas (Dalal & Triggs, 2005), la tercera se creó tomando imágenes en diferentes vistas, en diversas condiciones pero con la misma persona y por último se tomó en cuenta un banco de imágenes con diferente objetos que no pertenecen a la clase persona CALTECH y la cuarta Penn-Fundan (Wang, Shi, Song, & Shen, 2007 November), Las imágenes de este banco son tomadas de un campus y de una calle.

Con el objetivo de tener distintas imágenes de una sola persona con cambios físicos, diferentes vistas y diversos escenarios se creó un banco de imágenes propio que cumpliera con las características especificadas en el estado del arte debido a que no se encontró alguno en los repositorios. En la *Figura 4.1* se puede observar una muestra del banco de imágenes creado.



Figura 4.1 Muestra de Imágenes del Banco Propio.

Los Bancos de imágenes que se descargaron cuentan con otro formato diferente al JPG, pero para las pruebas se convirtieron todas las imágenes al formato “JPG” ver la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Características de banco de imágenes para pruebas.

Características	VIPER	INRIA	PENN-FUDAN	CALTECH	PROPIO
Formato de imagen	PNG	JPG	PNG	JPEG	JPG
Cambios de perspectivas	SI	SI	SI	SI	SI
Cambios de vestimenta	SI	SI	SI	NO	SI
Cambios de escenario	SI	SI	SI	SI	SI
Total de personas	632	-	346	0	1
Total de imágenes	1264	2416	170	800	200

4.3 Plan de pruebas

El objetivo del plan de pruebas es validar el correcto funcionamiento de los módulos del sistema y comprobar que se alcanzaron los objetivos planteados.

Las pruebas realizadas son divididas en grupos de acuerdo con la finalidad que cumplen cada una de ellas.

Pruebas funcionales: En estas pruebas se valida que los resultados obtenidos para cada uno de los módulos sean correctos.

Pruebas objetivas. En estas pruebas se evalúa la precisión de re-identificación de la persona, especificando si pertenece o no pertenece a la persona señalada.

4.4 Pruebas funcionales

PRUEBA 1: Detección de personas

El objetivo de esta prueba es verificar y validar el funcionamiento del módulo de detección de personas bajo las condiciones de las imágenes utilizadas.

De inicio se utiliza el modelo de HOG+SVM pre entrenado de la librería de OpenCV y en segundo lugar se utilizó HOG como método de extracción de características y se entrenó una SVM con los bancos de imágenes Viper y INRIA como imágenes positivas y Caltech como imágenes negativas para que permitieran la detección de la persona.

Para esta prueba se ingresaron 14 imágenes al sistema, 7 de ellas pertenecen a la clase persona y los 7 restantes a diferentes objetos, esto con el propósito de que los métodos puedan realizar la detección de la persona *ver Figuras 4.2 y 4.3*.



Figura 4.2 Pruebas del método de HOG+SVM LINEAL pre entrenado, para la detección de personas.



Figura 4.3 Pruebas de Imágenes detectadas por el SVM entrenado.

Las pruebas que se realizaron al utilizar el modelo de *HOG + SVM lineal* pre entrenado, no resultaron tan satisfactorias ya que como se observa en la *Figura 4.2* se mostró que aun ingresando imágenes de otros objetos que no pertenecen a personas los identificaba como parte de la clase persona, como es el caso del arpa y la chapa de una puerta.

Para mejorar estos resultados se entrenó una SVM utilizando 3 bancos de imágenes Viper, INRIA y CALTECH. La SVM que se entrenó permite mejorar la detección de personas y omitir los objetos no deseados.

Prueba 2: Extracción de características

El objetivo de esta prueba es verificar el funcionamiento del módulo de extracción de características, así como para validar que los valores obtenidos para cada descriptor sean los correctos.





Se tiene como entrada las imágenes obtenidas de la prueba 1, a cada imagen se le aplican los métodos definidos en la sección “Extracción de características” (pág. 21), para obtener los puntos destacados de la imagen, estos puntos corresponden al objeto persona.

Para la extracción de características al aplicar los dos métodos por separado se verificó el máximo de puntos y el mínimo para cada uno (*ver tabla 4.2*), ya que para la detección de puntos varía la cantidad en cada imagen por lo tanto se aplicó PCA para determinar una sola cantidad de puntos característicos.

La reducción de puntos es necesaria en el proceso para normalizar el número de descriptores de las imágenes porque al aplicar el proceso de SURF/ORB cada una de estas tiene diferente número de descriptores, además, como se mencionó antes permite extraer los descriptores con mayor importancia.

En SURF se redujo a 42 puntos y en ORB a 13 puntos, generando así los respectivos vectores de características.

Tabla 4.2 Extracción de características del objeto de interés.

Banco de Imágenes	Resultados			
	No. Máximo de puntos detectado con SURF	No. Mínimo de puntos detectados con SURF	No. Máximo de puntos detectados con ORB	No. Mínimo de puntos detectados con ORB
Propio				
	Imagen 35	Imagen 34	Imagen35	Imagen8
	134	42	258	13

4.5 Pruebas objetivas

PRUEBA 1: SURF/BANCO DE IMÁGENES PROPIO.

El objetivo de esta prueba es que al ingresar 20 imágenes de prueba con el **banco propio** el sistema re-identifique ese conjunto como pertenecientes al objeto de interés y así evaluar la precisión de la re-identificación de la persona.

Se proporcionaron 20 imágenes del banco propio al sistema de re-identificación con el método de extracción de características **SURF**, posteriormente el sistema identifica cuál de ellas pertenece al objeto de interés colocando un recuadro alrededor de él. Cabe mencionar que las 20 imágenes cuentan con diferentes vistas, cambios de escenarios y cambios en su descripción física de la persona como se puede observar en la *Tabla 4.3*

Tabla 4.3 Prueba 1: SURF/PROPIO.









Entrada	Salida
<p data-bbox="315 296 675 331">Imagen 1: persona00.JPG</p> 	<p data-bbox="932 296 1292 331">Imagen 1: persona00.JPG</p> 
<p data-bbox="315 680 675 716">Imagen 2: persona01.JPG</p> 	<p data-bbox="932 680 1292 716">Imagen 2: persona01.JPG</p> 
<p data-bbox="315 1066 675 1102">Imagen 3: persona02.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1066 1292 1102">Imagen 3: persona02.JPG</p> 
<p data-bbox="315 1438 675 1474">Imagen 4: persona03.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1438 1292 1474">Imagen 4: persona03.JPG</p> 

Tabla 4.3 Prueba 1: SURF/PROPIO (Continuación).






Entrada	Salida
<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 	<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 
<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 	<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 
<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 	<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 
<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 	<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 

Tabla 4.3 Prueba 1: SURF/PROPIO (Continuación).









Entrada	Salida
<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 	<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 
<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 	<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 
<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 	<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 
<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 	<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 

Tabla 4.3 Prueba 1: SURF/PROPIO (Continuación).

Entrada	Salida
<p>Imagen13: persona12.JPG</p> 	<p>Imagen13: persona12.JPG</p> 
<p>Imagen14: persona13.JPG</p> 	<p>Imagen14: persona13.JPG</p> 
<p>Imagen15: persona14.JPG</p> 	<p>Imagen15: persona14.JPG</p> 
<p>Imagen16: persona15.JPG</p> 	<p>Imagen16: persona15.JPG</p> 

Tabla 4.3 Prueba 1: SURF/PROPIO (Continuación).

Entrada	Salida
<p>Imagen17: persona16.JPG</p> 	<p>Imagen17: persona16.JPG</p> 
<p>Imagen18: persona17.JPG</p> 	<p>Imagen18: persona17.JPG</p> 
<p>Imagen19: persona18.JPG</p> 	<p>Imagen19: persona18.JPG</p> 
<p>Imagen20: persona19.JPG</p> 	<p>Imagen20: persona19.JPG</p> 

Como resultado se determinó que 20 de las imágenes de prueba pertenecen a la persona de interés y se ejecutó en un tiempo determinado de **29.97 segundos**. Ver tabla 4.4.

Tabla 4.4 Resultados de la Prueba 1: SURF/PROPIO.

Total de Imágenes	20
Número de imágenes correctas	20
Tiempo de ejecución en segundos	29.97s

PRUEBA 2: ORB /BANCO DE IMÁGENES PROPIO.

El objetivo de esta prueba es que al ingresar 20 imágenes del **banco propio** el sistema re-identifique ese conjunto como pertenecientes al objeto de interés y así evaluar la precisión de la re-identificación de la persona.

Se proporcionaron 20 imágenes del banco propio al sistema de re-identificación con el método de extracción de características **ORB**, posteriormente el sistema identifica cuál de ellas pertenece al objeto de interés realizando un recuadro alrededor de él. Cabe mencionar que las 20 imágenes cuentan con diferentes vistas, cambios de escenarios y cambios en descripción física de la persona como se puede observar en la *Tabla 4.5*.

Tabla 4.5 Prueba 2: ORB/PROPIO.









Entrada	Salida
<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 	<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 
<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 	<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 
<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 	<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 
<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 	<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 

Tabla 4.5 Prueba 2: ORB/PROPIO (Continuación).









Entrada	Salida
<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 	<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 
<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 	<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 
<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 	<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 
<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 	<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 

Tabla 4.5 Prueba 2: ORB/PROPIO (Continuación).









Entrada	Salida
<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 	<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 
<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 	<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 
<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 	<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 
<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 	<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 

Tabla 4.5 Prueba 2: ORB/PROPIO (Continuación).

Entrada	Salida
<p>Imagen13: persona12.JPG</p> 	<p>Imagen13: persona12.JPG</p> 
<p>Imagen14: persona13.JPG</p> 	<p>Imagen14: persona13.JPG</p> 
<p>Imagen15: persona14.JPG</p> 	<p>Imagen15: persona14.JPG</p> 
<p>Imagen16: persona15.JPG</p> 	<p>Imagen16: persona15.JPG</p> 

Tabla 4.5 Prueba 2: ORB/PROPIO (Continuación).

Entrada	Salida
<p>Imagen17: persona16.JPG</p> 	<p>Imagen17: persona16.JPG</p> 
<p>Imagen18: persona17.JPG</p> 	<p>Imagen18: persona17.JPG</p> 
<p>Imagen19: persona18.JPG</p> 	<p>Imagen19: persona18.JPG</p> 
<p>Imagen20: persona19.JPG</p> 	<p>Imagen20: persona19.JPG</p> 

Como resultado se determinó que 18 de las imágenes de prueba pertenecen a la persona de interés y se ejecutó en un tiempo determinado de **29.57 segundos**. Ver la tabla 4.6

Tabla 4.6 Resultados de la Prueba 2: ORB/PROPIO

Total de Imágenes	20
Número de imágenes correctas	18
Tiempo de ejecución en segundos	29.57 s.

PRUEBA 3: SURF /BANCO PEEN FUNDAN.

El objetivo de esta prueba es que al ingresar 20 imágenes del banco de imágenes **PEEN FUNDAN** el sistema “**NO**” re-identifique ese conjunto como pertenecientes al objeto de interés y evaluar la precisión del sistema de re-identificación.

Se proporcionaron 20 imágenes del banco PEEN FUNDAN al sistema de re-identificación con el método de extracción de características **SURF**, posteriormente el sistema identifica cuál de ellas pertenece al objeto de interés y cuales **NO** pertenecen al objeto. Cabe mencionar que las 20 imágenes cuentan con diferentes personas, vistas, cambios de escenarios y cambios en la descripción física de las personas como se puede observar en la *Tabla 4.7*.

Tabla 4.7 Prueba 3: SURF/PEEN FUNDAN.

Entrada	Salida
<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 	<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 
<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 	<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 
<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 	<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 
<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 	<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 

Tabla 4.7 Prueba 3: SURF/PEEN FUNDAN (Continuación).

Entrada	Salida
<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 	<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 
<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 	<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 
<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 	<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 
<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 	<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 

Tabla 4.7 Prueba 3: SURF/PEEN FUNDAN (Continuación).









Entrada	Salida
<p data-bbox="321 296 673 331">Imagen9: persona08.JPG</p> 	<p data-bbox="943 296 1295 331">Imagen9: persona08.JPG</p> 
<p data-bbox="313 642 683 678">Imagen10: persona09.JPG</p> 	<p data-bbox="935 642 1305 678">Imagen10: persona09.JPG</p> 
<p data-bbox="313 995 683 1031">Imagen11: persona10.JPG</p> 	<p data-bbox="935 1001 1305 1037">Imagen11: persona10.JPG</p> 
<p data-bbox="313 1377 683 1413">Imagen12: persona11.JPG</p> 	<p data-bbox="935 1383 1305 1419">Imagen12: persona11.JPG</p> 

Tabla 4.7 Prueba 3: SURF/PEEN FUNDAN (Continuación).

















Entrada	Salida
<p data-bbox="305 296 678 331">Imagen13: persona12.JPG</p> 	<p data-bbox="927 296 1300 331">Imagen13: persona12.JPG</p> 
<p data-bbox="305 653 678 688">Imagen14: persona13.JPG</p> 	<p data-bbox="927 653 1300 688">Imagen14: persona13.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1024 678 1060">Imagen15: persona14.JPG</p> 	<p data-bbox="927 1024 1300 1060">Imagen15: persona14.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1396 678 1432">Imagen16: persona15.JPG</p> 	<p data-bbox="927 1396 1300 1432">Imagen16: persona15.JPG</p> 

Tabla 4.7 Prueba 3: SURF/PEEN FUNDAN (Continuación).

Entrada	Salida
<p data-bbox="305 296 678 331">Imagen17: persona16.JPG</p> 	<p data-bbox="922 296 1295 331">Imagen17: persona16.JPG</p> 
<p data-bbox="305 667 678 703">Imagen18: persona17.JPG</p> 	<p data-bbox="922 667 1295 703">Imagen18: persona17.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1045 678 1081">Imagen19: persona18.JPG</p> 	<p data-bbox="922 1045 1295 1081">Imagen19: persona18.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1423 678 1459">Imagen20: persona19.JPG</p> 	<p data-bbox="922 1423 1295 1459">Imagen20: persona19.JPG</p> 

Como resultado se determinó que 18 de las imágenes de prueba **NO** pertenecen a la persona de interés y se ejecutó en un tiempo determinado de **70.70 segundos**. Ver tabla 4.8.

Tabla 4.8 Resultados de la Prueba 2: ORB/PROPIO.

Total de Imágenes	20
Número de imágenes correctas	18
Tiempo de ejecución en segundos	70.70s

PRUEBA 4: ORB /BANCO PEEN FUNDAN

El objetivo de esta prueba es que al ingresar 20 imágenes de prueba con el banco de imágenes **PEEN FUNDAN** el sistema “**NO**” re-identifique ese conjunto como pertenecientes al objeto de interés y evaluar la precisión del sistema de re-identificación con el método de **ORB**.

Se proporcionaron 20 imágenes del banco PEEN FUNDAN al sistema de re-identificación con el método de extracción de características **ORB**, posteriormente el sistema identifica cuál de ellas pertenece al objeto de interés y cuales **NO** pertenecen al objeto. Cabe mencionar que las 20 imágenes cuentan con diferentes personas, vistas, cambios de escenarios y cambios en la apariencia física de las personas como se puede observar en la *Tabla 4.9*.

Tabla 4.9 Prueba 4: ORB/PEEN FUNDAN.

Entrada	Salida
<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 	<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 
<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 	<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 
<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 	<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 
<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 	<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 

Tabla 4.9 Prueba 4: ORB/PEEN FUNDAN (Continuación).





Entrada	Salida
<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 	<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 
<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 	<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 
<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 	<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 
<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 	<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 

Tabla 4.9 Prueba 4: ORB/PEEN FUNDAN (Continuación).









Entrada	Salida
<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 	<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 
<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 	<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 
<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 	<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 
<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 	<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 

Tabla 4.9 Prueba 4: ORB/PEEN FUNDAN (Continuación).

















Entrada	Salida
<p>Imagen13: persona12.JPG</p> 	<p>Imagen13: persona12.JPG</p> 
<p>Imagen14: persona13.JPG</p> 	<p>Imagen14: persona13.JPG</p> 
<p>Imagen15: persona14.JPG</p> 	<p>Imagen15: persona14.JPG</p> 
<p>Imagen16: persona15.JPG</p> 	<p>Imagen16: persona15.JPG</p> 

Tabla 4.9 Prueba 4: ORB/PEEN FUNDAN (Continuación).

Entrada	Salida
<p>Imagen17: persona16.JPG</p> 	<p>Imagen17: persona16.JPG</p> 
<p>Imagen18: persona17.JPG</p> 	<p>Imagen18: persona17.JPG</p> 
<p>Imagen19: persona18.JPG</p> 	<p>Imagen19: persona18.JPG</p> 
<p>Imagen20: persona19.JPG</p> 	<p>Imagen20: persona19.JPG</p> 

Como resultado se determinó que 18 de las imágenes de prueba **NO** pertenecen a la persona de interés y se ejecutó en un tiempo determinado de **40.17 segundos**. Ver la tabla 4.10.

Tabla 4.10 Resultados de la Prueba 4: ORB/PEEN FUNDAN.

Total de Imágenes	20
Número de imágenes correctas	18
Tiempo de ejecución en segundos	40.17s

PRUEBA 5: SURF /INRIA.

El objetivo de esta prueba es que al usar 20 imágenes de prueba con el **BANCO DE IMÁGENES INRIA** el sistema “**NO**” re-identifique ese conjunto como pertenecientes al objeto de interés y evaluar la precisión del sistema de re-identificación con **SURF**.

Para esta prueba se utilizó otro Banco de imágenes que no correspondiera a la persona de interés, se usaron 20 imágenes del banco **INRIA** al sistema de re-identificación con el método de extracción de características **SURF**, posteriormente el sistema identificará cuáles de ellas **NO** pertenecen al objeto. Cabe mencionar que las 20 imágenes cuentan con diferentes personas, vistas, cambios de escenarios y cambios en la apariencia física de las personas como se puede observar en la *Tabla 4.11*.

Tabla 4.11 Prueba 5: SURF/INRIA.







Entrada	Salida
<p data-bbox="305 296 669 331">Imagen 1: persona00.JPG</p> 	<p data-bbox="927 306 1291 342">Imagen 1: persona00.JPG</p> 
<p data-bbox="305 688 669 724">Imagen 2: persona01.JPG</p> 	<p data-bbox="927 688 1291 724">Imagen 2: persona01.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1062 669 1098">Imagen 3: persona02.JPG</p> 	<p data-bbox="927 1062 1291 1098">Imagen 3: persona02.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1436 669 1472">Imagen 4: persona03.JPG</p> 	<p data-bbox="927 1436 1291 1472">Imagen 4: persona03.JPG</p> 

Tabla 4.11 Prueba 5: SURF/INRIA (Continuación).

Entrada	Salida
<p data-bbox="305 298 669 331">Imagen 5: persona04.JPG</p> 	<p data-bbox="928 298 1292 331">Imagen 5: persona04.JPG</p> 
<p data-bbox="305 693 669 726">Imagen6: persona05.JPG</p> 	<p data-bbox="928 693 1292 726">Imagen6: persona05.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1092 669 1125">Imagen7: persona06.JPG</p> 	<p data-bbox="928 1092 1292 1125">Imagen7: persona06.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1470 669 1503">Imagen8: persona07.JPG</p> 	<p data-bbox="928 1470 1292 1503">Imagen8: persona07.JPG</p> 

Tabla 4.11 Prueba 5: SURF/INRIA (Continuación).









Entrada	Salida
<p data-bbox="310 304 662 338">Imagen9: persona08.JPG</p> 	<p data-bbox="932 304 1284 338">Imagen9: persona08.JPG</p> 
<p data-bbox="305 688 672 722">Imagen10: persona09.JPG</p> 	<p data-bbox="922 688 1289 722">Imagen10: persona09.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1060 672 1094">Imagen11: persona10.JPG</p> 	<p data-bbox="922 1060 1289 1094">Imagen11: persona10.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1432 672 1465">Imagen12: persona11.JPG</p> 	<p data-bbox="922 1432 1289 1465">Imagen12: persona11.JPG</p> 

Tabla 4.11 Prueba 5: SURF/INRIA (Continuación).

















Entrada	Salida
<p data-bbox="315 296 683 331">Imagen13: persona12.JPG</p> 	<p data-bbox="932 296 1300 331">Imagen13: persona12.JPG</p> 
<p data-bbox="315 667 683 703">Imagen14: persona13.JPG</p> 	<p data-bbox="932 667 1300 703">Imagen14: persona13.JPG</p> 
<p data-bbox="315 1039 683 1075">Imagen15: persona14.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1039 1300 1075">Imagen15: persona14.JPG</p> 
<p data-bbox="315 1411 683 1446">Imagen16: persona15.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1411 1300 1446">Imagen16: persona15.JPG</p> 

Tabla 4.11 Prueba 5: SURF/INRIA (Continuación).

Entrada	Salida
<p data-bbox="315 310 683 346">Imagen17: persona16.JPG</p> 	<p data-bbox="932 310 1300 346">Imagen17: persona16.JPG</p> 
<p data-bbox="315 688 683 724">Imagen18: persona17.JPG</p> 	<p data-bbox="932 688 1300 724">Imagen18: persona17.JPG</p> 
<p data-bbox="315 1077 683 1113">Imagen19: persona18.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1077 1300 1113">Imagen19: persona18.JPG</p> 
<p data-bbox="315 1476 683 1512">Imagen20: persona19.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1476 1300 1512">Imagen20: persona19.JPG</p> 

Como resultado se determinó que 17 de las imágenes de prueba **NO** pertenecen a la persona de interés y se ejecutó en un tiempo determinado de **35.00 segundos**. Ver tabla 4.12.

Tabla 4.12 Resultados de la Prueba 5: SURF/INRIA.

Total de Imágenes	20
Número de imágenes correctas	17
Tiempo de ejecución en segundos	35.00 s

PRUEBA 6: ORB /INRIA.

El objetivo de esta prueba es que al ingresar 20 imágenes de prueba con el **BANCO DE IMÁGENES INRIA** el sistema “**NO**” re-identifique ese conjunto como pertenecientes al objeto de interés y evaluar la precisión del sistema de re-identificación con **ORB**.

Se usaron 20 imágenes del banco **INRIA** al sistema de re-identificación con el método de extracción de características **SURF**, posteriormente el sistema identificara cuáles de ellas **NO** pertenecen al objeto. Cabe mencionar que las 20 imágenes cuentan con diferentes personas, vistas, cambios de escenarios y cambios en la apariencia física de las personas como se puede observar en la *Tabla 4.13*.

Tabla 4.13 Prueba 6: ORB/INRIA









Entrada	Salida
<p data-bbox="310 296 672 331">Imagen 1: persona00.JPG</p> 	<p data-bbox="932 306 1294 342">Imagen 1: persona00.JPG</p> 
<p data-bbox="310 688 672 724">Imagen 2: persona01.JPG</p> 	<p data-bbox="932 688 1294 724">Imagen 2: persona01.JPG</p> 
<p data-bbox="310 1062 672 1098">Imagen 3: persona02.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1062 1294 1098">Imagen 3: persona02.JPG</p> 
<p data-bbox="310 1436 672 1472">Imagen 4: persona03.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1436 1294 1472">Imagen 4: persona03.JPG</p> 

Tabla 4.13 Prueba 6: ORB/INRIA (Continuación).

Entrada	Salida
<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 	<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 
<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 	<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 
<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 	<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 
<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 	<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 

Tabla 4.13 Prueba 6: ORB/INRIA (Continuación).

Entrada	Salida
<p data-bbox="315 302 667 338">Imagen9: persona08.JPG</p> 	<p data-bbox="932 302 1284 338">Imagen9: persona08.JPG</p> 
<p data-bbox="305 686 675 722">Imagen10: persona09.JPG</p> 	<p data-bbox="922 686 1292 722">Imagen10: persona09.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1079 675 1115">Imagen11: persona10.JPG</p> 	<p data-bbox="922 1079 1292 1115">Imagen11: persona10.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1478 675 1514">Imagen12: persona11.JPG</p> 	<p data-bbox="922 1478 1292 1514">Imagen12: persona11.JPG</p> 

Tabla 4.13 Prueba 6: ORB/INRIA (Continuación).









Entrada	Salida
<p>Imagen13: persona12.JPG</p> 	<p>Imagen13: persona12.JPG</p> 
<p>Imagen14: persona13.JPG</p> 	<p>Imagen14: persona13.JPG</p> 
<p>Imagen15: persona14.JPG</p> 	<p>Imagen15: persona14.JPG</p> 
<p>Imagen16: persona15.JPG</p> 	<p>Imagen16: persona15.JPG</p> 

Tabla 4.13 Prueba 6: ORB/INRIA (Continuación).

Entrada	Salida
<p>Imagen17: persona16.JPG</p> 	<p>Imagen17: persona16.JPG</p> 
<p>Imagen18: persona17.JPG</p> 	<p>Imagen18: persona17.JPG</p> 
<p>Imagen19: persona18.JPG</p> 	<p>Imagen19: persona18.JPG</p> 
<p>Imagen20: persona19.JPG</p> 	<p>Imagen20: persona19.JPG</p> 

Como resultado se determinó que 17 de las imágenes de prueba **NO** pertenecen a la persona de interés y se ejecutó en un tiempo determinado de **31.00 segundos**. Ver tabla 4.14.

Tabla 4.14 Resultados de la Prueba 6: ORB/INRIA

Total de Imágenes	20
Número de imágenes correctas	17
Tiempo de ejecución en segundos	31.00 s

PRUEBA 7: SURF / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN

El objetivo de esta prueba es que al ingresar 20 imágenes de prueba de los bancos; **PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN** el sistema re-identifique a aquellas que pertenecen al objeto de interés y las que no pertenecen, esto con el objetivo de evaluar la precisión del sistema de re-identificación.

Se proporcionaron 20 imágenes de los bancos **PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN** al sistema de re-identificación con el método de extracción de características **SURF**, posteriormente el sistema identifica cuál de ellas pertenece al objeto de interés y cuales no pertenecen al objeto. Cabe mencionar que las 20 imágenes cuentan con diferentes personas, vistas, cambios de escenarios y cambios en la apariencia física de las personas como se puede observar en la *Tabla 4.15*.

Tabla 4.15 Prueba 7: SURF / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN







Entrada	Salida
<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 	<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 
<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 	<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 
<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 	<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 
<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 	<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 

Tabla 4.15 Prueba 7: SURF / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN (Continuación).

Entrada	Salida
<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 	<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 
<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 	<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 
<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 	<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 
<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 	<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 

Tabla 4.15 Prueba 7: SURF / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN (Continuación).




Entrada	Salida
<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 	<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 
<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 	<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 
<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 	<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 
<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 	<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 

Tabla 4.15 Prueba 7: SURF / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN (Continuación).









Entrada	Salida
<p data-bbox="315 296 683 327">Imagen13: persona12.JPG</p> 	<p data-bbox="935 296 1304 327">Imagen13: persona12.JPG</p> 
<p data-bbox="315 678 683 709">Imagen14: persona13.JPG</p> 	<p data-bbox="935 678 1304 709">Imagen14: persona13.JPG</p> 
<p data-bbox="315 1062 683 1094">Imagen15: persona14.JPG</p> 	<p data-bbox="935 1062 1304 1094">Imagen15: persona14.JPG</p> 
<p data-bbox="315 1438 683 1470">Imagen16: persona15.JPG</p> 	<p data-bbox="935 1438 1304 1470">Imagen16: persona15.JPG</p> 

Tabla 4.15 Prueba 7: SURF / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN (Continuación).

Entrada	Salida
<p data-bbox="315 296 683 331">Imagen17: persona16.JPG</p> 	<p data-bbox="933 296 1302 331">Imagen17: persona16.JPG</p> 
<p data-bbox="315 684 683 720">Imagen18: persona17.JPG</p> 	<p data-bbox="933 684 1302 720">Imagen18: persona17.JPG</p> 
<p data-bbox="315 1079 683 1115">Imagen19: persona18.JPG</p> 	<p data-bbox="933 1079 1302 1115">Imagen19: persona18.JPG</p> 
<p data-bbox="315 1465 683 1501">Imagen20: persona19.JPG</p> 	<p data-bbox="933 1465 1302 1501">Imagen20: persona19.JPG</p> 

Como resultado se determinó que 15 de las imágenes de prueba fueron correctas de acuerdo con las características que propone cada una y se ejecutó en un tiempo determinado de **29.37 segundos**. Ver tabla 4.16.

Tabla 4.16 Resultados de la Prueba 7: SURF / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN.

Total de Imágenes	20
Número de imágenes correctas	15
Tiempo de ejecución en segundos	29.37 s.

PRUEBA 8: ORB / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN

El objetivo de esta prueba es que al ingresar 20 imágenes de prueba de los bancos; **PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN** el sistema identifique a aquellas que pertenecen al objeto de interés y las que no pertenecen, con el objetivo de evaluar la precisión del sistema de re-identificación.

Se proporcionaron 20 imágenes de los bancos **PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN** al sistema de re-identificación con el método de extracción de características **ORB**, posteriormente el sistema identifica cuál de ellas pertenece al objeto de interés y cuáles no pertenecen al objeto. Cabe mencionar que las 20 imágenes cuentan con diferentes personas, vistas, cambios de escenarios y cambios en la apariencia física de las personas como se puede observar en la *Tabla 4.17*.

Tabla 4.17 Prueba 8: ORB / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN









Entrada	Salida
<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 	<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 
<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 	<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 
<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 	<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 
<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 	<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 

Tabla 4.17 Prueba 8: ORB / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN (Continuación).

Entrada	Salida
<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 	<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 
<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 	<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 
<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 	<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 
<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 	<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 

Tabla 4.17 Prueba 8: ORB / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN (Continuación).









Entrada	Salida
<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 	<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 
<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 	<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 
<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 	<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 
<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 	<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 

Tabla 4.17 Prueba 8: ORB / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN (Continuación).





Entrada	Salida
<p data-bbox="305 296 678 331">Imagen13: persona12.JPG</p> 	<p data-bbox="927 296 1300 331">Imagen13: persona12.JPG</p> 
<p data-bbox="305 688 678 724">Imagen14: persona13.JPG</p> 	<p data-bbox="927 688 1300 724">Imagen14: persona13.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1077 678 1113">Imagen15: persona14.JPG</p> 	<p data-bbox="927 1077 1300 1113">Imagen15: persona14.JPG</p> 
<p data-bbox="305 1451 678 1486">Imagen16: persona15.JPG</p> 	<p data-bbox="927 1451 1300 1486">Imagen16: persona15.JPG</p> 

Tabla 4.17 Prueba 8: ORB / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN (Continuación).

Entrada	Salida
<p>Imagen17: persona16.JPG</p> 	<p>Imagen17: persona16.JPG</p> 
<p>Imagen18: persona17.JPG</p> 	<p>Imagen18: persona17.JPG</p> 
<p>Imagen19: persona18.JPG</p> 	<p>Imagen19: persona18.JPG</p> 
<p>Imagen20: persona19.JPG</p> 	<p>Imagen20: persona19.JPG</p> 

Como resultado se determinó que 18 de las imágenes de prueba fueron correctas de acuerdo con las características que propone cada una y se ejecutó en un tiempo determinado de **28.32 segundos**. Ver tabla 4.18.

Tabla 4.18 Resultados de la Prueba 8: **ORB / PROPIO, INRIA, PEEN FUNDAN.**

Total de Imágenes	20
Número de imágenes correctas	18
Tiempo de ejecución en segundos	28.32 s

PRUEBA 9: SURF / PROPIO

El objetivo de esta prueba es que al ingresar 20 imágenes de prueba del banco; **PROPIO** el sistema identifique a aquellas que pertenecen al objeto de interés y a las que no pertenecen, esto con el objetivo de evaluar la precisión del sistema de re-identificación.

Se proporcionaron 20 imágenes de los bancos **PROPIO**, al sistema de re-identificación con el método de extracción de características **SURF**, posteriormente el sistema identifica cuál de ellas pertenece al objeto de interés y cuáles no pertenecen al objeto. Cabe mencionar que las 20 imágenes cuentan con diferentes personas, vistas, cambios de escenarios y cambios en la apariencia física de las personas como se puede observar en la *Tabla 4.19*

Tabla 4.19 Prueba 10: SURF / PROPIO.








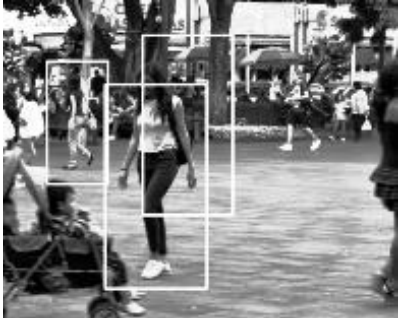
Entrada	Salida
<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 	<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 
<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 	<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 
<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 	<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 
<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 	<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 

Tabla 4.19 Prueba 10: SURF / PROPIO (Continuación).







Entrada	Salida
<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 	<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 
<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 	<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 
<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 	<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 
<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 	<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 

Tabla 4.19 Prueba 10: SURF / PROPIO (Continuación).









Entrada	Salida
<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 	<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 
<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 	<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 
<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 	<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 
<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 	<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 

Tabla 4.19 Prueba 10: SURF / PROPIO (Continuación).

Entrada	Salida
<p data-bbox="310 296 678 331">Imagen13: persona12.JPG</p> 	<p data-bbox="932 296 1300 331">Imagen13: persona12.JPG</p> 
<p data-bbox="310 661 678 697">Imagen14: persona13.JPG</p> 	<p data-bbox="932 661 1300 697">Imagen14: persona13.JPG</p> 
<p data-bbox="310 1047 678 1083">Imagen15: persona14.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1047 1300 1083">Imagen15: persona14.JPG</p> 
<p data-bbox="310 1419 678 1455">Imagen16: persona15.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1419 1300 1455">Imagen16: persona15.JPG</p> 

Tabla 4.19 Prueba 10: SURF/ PROPIO(Continuación).

Entrada	Salida
<p data-bbox="298 296 669 331">Imagen17: persona16.JPG</p> 	<p data-bbox="899 296 1269 331">Imagen17: persona16.JPG</p> 
<p data-bbox="298 659 669 695">Imagen18: persona17.JPG</p> 	<p data-bbox="899 659 1269 695">Imagen18: persona17.JPG</p> 
<p data-bbox="298 1052 669 1087">Imagen19: persona18.JPG</p> 	<p data-bbox="899 1052 1269 1087">Imagen19: persona18.JPG</p> 
<p data-bbox="298 1428 669 1463">Imagen20: persona19.JPG</p> 	<p data-bbox="899 1428 1269 1463">Imagen20: persona19.JPG</p> 

Como resultado se determinó que 8 de las imágenes de prueba fueron correctas de acuerdo con las características que propone cada una y se ejecutó en un tiempo determinado de **26.48 segundos**. Ver tabla 4.20.

Tabla 4.20 Resultados de la Prueba 9: SURF / PROPIO.

<u>Total de Imágenes</u>	<u>20</u>
<u>Número de imágenes correctas</u>	<u>7</u>
<u>Tiempo de ejecución en segundos</u>	<u>26.48 s</u>

PRUEBA 10: ORB / PROPIO

El objetivo de esta prueba es que al ingresar 20 imágenes de prueba del banco; **PROPIO** el sistema identifique a aquellas que pertenecen al objeto de interés y a las que no pertenecen, esto con el objetivo de evaluar la precisión del sistema de re-identificación.

Se proporcionaron 20 imágenes de los bancos **PROPIO**, al sistema de re-identificación con el método de extracción de características **ORB**, posteriormente el sistema identifica cuál de ellas pertenece al objeto de interés y cuáles no pertenecen al objeto. Cabe mencionar que las 20 imágenes cuentan con diferentes personas, vistas, cambios de escenarios y cambios en la apariencia física de las personas como se puede observar en la *Tabla 4.21*

Tabla 4.21 Prueba 10: ORB / PROPIO.








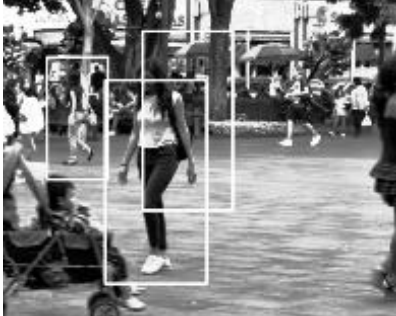
Entrada	Salida
<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 	<p>Imagen 1: persona00.JPG</p> 
<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 	<p>Imagen 2: persona01.JPG</p> 
<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 	<p>Imagen 3: persona02.JPG</p> 
<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 	<p>Imagen 4: persona03.JPG</p> 

Tabla 4.21 Prueba 10: ORB / PROPIO (Continuación).




Entrada	Salida
<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 	<p>Imagen 5: persona04.JPG</p> 
<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 	<p>Imagen6: persona05.JPG</p> 
<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 	<p>Imagen7: persona06.JPG</p> 
<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 	<p>Imagen8: persona07.JPG</p> 

Tabla 4.21 Prueba 10: ORB / PROPIO (Continuación).









Entrada	Salida
<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 	<p>Imagen9: persona08.JPG</p> 
<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 	<p>Imagen10: persona09.JPG</p> 
<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 	<p>Imagen11: persona10.JPG</p> 
<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 	<p>Imagen12: persona11.JPG</p> 

Tabla 4.21 Prueba 10: ORB / PROPIO (Continuación).


Entrada	Salida
<p data-bbox="310 296 678 331">Imagen13: persona12.JPG</p> 	<p data-bbox="932 296 1300 331">Imagen13: persona12.JPG</p> 
<p data-bbox="310 661 678 697">Imagen14: persona13.JPG</p> 	<p data-bbox="932 661 1300 697">Imagen14: persona13.JPG</p> 
<p data-bbox="310 1047 678 1083">Imagen15: persona14.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1047 1300 1083">Imagen15: persona14.JPG</p> 
<p data-bbox="310 1419 678 1455">Imagen16: persona15.JPG</p> 	<p data-bbox="932 1419 1300 1455">Imagen16: persona15.JPG</p> 

Tabla 4.21 Prueba 10: ORB / PROPIO(Continuación).

Entrada	Salida
<p data-bbox="300 296 669 327">Imagen17: persona16.JPG</p> 	<p data-bbox="901 296 1269 327">Imagen17: persona16.JPG</p> 
<p data-bbox="300 659 669 690">Imagen18: persona17.JPG</p> 	<p data-bbox="901 659 1269 690">Imagen18: persona17.JPG</p> 
<p data-bbox="300 1052 669 1083">Imagen19: persona18.JPG</p> 	<p data-bbox="901 1052 1269 1083">Imagen19: persona18.JPG</p> 
<p data-bbox="300 1428 669 1459">Imagen20: persona19.JPG</p> 	<p data-bbox="901 1428 1269 1459">Imagen20: persona19.JPG</p> 

Como resultado se determinó que 18 de las imágenes de prueba fueron correctas de acuerdo con las características que propone cada una y se ejecutó en un tiempo determinado de **28.32 segundos**. Ver tabla 4.22.

Tabla 4.22 Resultados de la Prueba 10: ORB / PROPIO.

Total de Imágenes	20
Número de imágenes correctas	11
Tiempo de ejecución en segundos	28.32 s

4.6 Métricas de evaluación

Los criterios y métricas utilizadas en este estudio para el análisis de los descriptores SURF y ORB son la eficacia y tiempo de ejecución en cuanto al tiempo de ejecución.

Eficacia(*E*)

Este enfoque se basa en el número de aciertos y fallos respecto a las imágenes de prueba. A continuación, se describe sus componentes:

- *Número de imágenes correctas*: son aquellas imágenes que tras el proceso de re-identificación han sido reconocidas como relacionadas con la imagen original de forma correcta.
- *Total de imágenes*: Tamaño de la muestra que se usó para la prueba

El porcentaje de imágenes que fueron identificadas como relacionadas con la imagen original respecto al número total de imágenes analizadas, se define mediante la ecuación.

$$E = \frac{\text{Número de imágenes correctas}}{\text{Total de imágenes}} \quad (4.1)$$

Tiempo de ejecución (*TE*)

Este enfoque se basa en el logro del objetivo en menor costo computacional. Se define al tiempo de ejecución como el intervalo que tarda el sistema en procesar las imágenes hasta obtener el resultado, se define **TE**, la cual representa el tiempo de ejecución.

Matriz de confusión

La matriz de confusión es usada como métrica de evaluación para describir el desempeño de un sistema de clasificación basado en datos de prueba para los cuales se conocen los valores positivos (es decir, verdaderos). En casos representativos donde la predicción es negativa y la categoría real es positiva. Finalmente, los falsos positivos, FP, capturan casos, donde la predicción es positiva y la categoría real es negativa. El rendimiento óptimo de cualquier sistema de clasificación es reducir falsos positivos y falsos negativos. (Porter, 2015)

Para usar esta métrica, el conjunto de datos debe ser particionado. Tomamos un subconjunto de datos cuya clase ya conocemos y los colocamos en un *conjunto de entrenamiento*. Para identificar qué tan bien funciona el clasificador con datos no vistos, se utiliza un *conjunto de prueba*. Esto indicará qué tan bien funciona el clasificador.

Los resultados obtenidos se pueden dividir como lo muestra la *Figura 4.4*.

		Valores previstos	
		POSITIVO (P)	NEGATIVO(N)
Valores actuales	VERDADERO(T)	TP	FP
	FALSO(F)	FN	TN

Figura 4.4 Matriz de confusión

A continuación, se describen los componentes de la Figura 4.4:

TN es el número de predicciones correctas de que un caso es negativo.

FN es el número de predicciones incorrectas de que un caso es positivo, o sea la predicción es positiva cuando realmente el valor tendría que ser negativo. A estos casos también se les denomina errores de tipo I.

FP es el número de predicciones incorrectas de que un caso es negativo, o sea la predicción es negativa cuando realmente el valor tendría que ser positivo. A estos casos también se les denomina errores de tipo II.

TP es el número de predicciones correctas de que un caso es positivo.

Basándonos en los valores de esta nueva matriz de confusión, más completa, se definen una serie de métricas:

Exactitud y precisión (AC) Es la proporción del número total de predicciones que fueron correctas:

$$AC = \frac{TN + TP}{TN + FN + FP + TP} \quad (4.2)$$

Tasa de Verdaderos Positivos (Recall), es la proporción de casos positivos que fueron correctamente identificados:

$$Recall = \frac{TP}{FN + TP} \quad (4.3)$$

Tasa de Verdaderos Negativos (TNrate), también conocida como especificidad, es la porción de los casos negativos que el algoritmo ha clasificado correctamente.

$$TNrate = \frac{TN}{TN + FP} \quad (4.4)$$

Tasa de Falsos Positivos (FPrate), Es la proporción de casos negativos que han sido incorrectamente clasificados como positivos:

$$FPrate = \frac{FP}{FP + TN} \quad (4.5)$$

Tasa de Falsos Negativos (FNrate), Es la porción de casos positivos incorrectamente clasificados.

$$FNrate = \frac{FN}{FN + TP} \quad (4.6)$$

La precisión (P), Es la proporción de casos predichos positivos que fueron correctos.

$$P = \frac{TP}{FP + TP} \quad (4.7)$$

Curvas ROC

La curva es un gráfico de dos dimensiones en el que se traza con TPR (la tasa de aciertos) donde es representado con el eje Y , FPR con el eje X . La curva ROC se ha utilizado para evaluar muchos sistemas, como los sistemas de diagnóstico, los sistemas de toma de decisiones médicas y los sistemas de aprendizaje automático. (Zou, 2002)

La Figura 4.5 muestra un ejemplo de la curva ROC. Como se muestra, hay cuatro puntos importantes en la curva ROC. El punto **A**, en la esquina inferior izquierda. (0,0) representa un clasificador donde no hay clasificación positiva, mientras que todas las muestras negativas se clasifican correctamente y, por lo tanto, $TPR=0$ y $FPR=0$. El punto **C**, en la esquina superior derecha (1,1), representa un clasificador donde todas las muestras positivas se clasifican correctamente, mientras que las negativas se clasifican erróneamente. El punto **D** en la esquina inferior derecha (1,0) representa un clasificador donde todas las muestras positivas y negativas están mal clasificadas. El punto **B** en la esquina superior izquierda (0,1) representa un clasificador donde todas las muestras positivas y negativas se clasifican correctamente; así, este punto representa la clasificación absoluta. (Tharwat, 2018)

Muestra el rendimiento de clasificación perfecto. Es la curva verde que se eleva verticalmente de (0,0) a (0,1) y luego horizontalmente a (1,1). Esta curva refleja que el clasificador clasificó perfectamente las muestras positivas en relación con las muestras negativas.

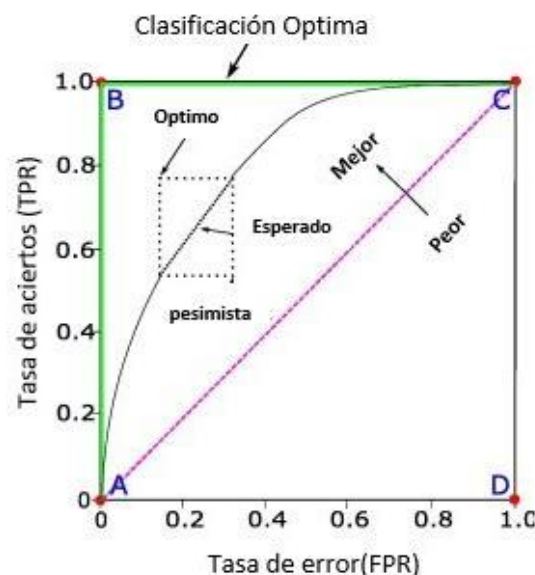


Figura 4.5 Curva ROC

Eficacia

Al calcular el porcentaje de desempeño entre resultados de los grupos de imágenes analizados por los descriptores SURF y ORB se puede observar una pequeña diferencia, con el primer método se obtiene un porcentaje de 100%, mientras que el segundo se queda atrás sólo por un 10% ver *Figura 4.6*.

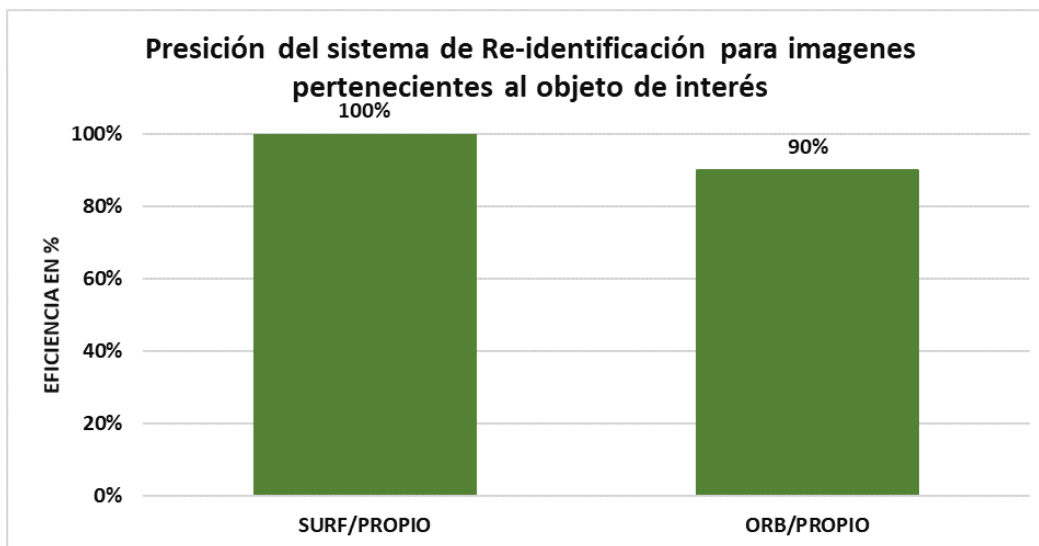


Figura 4.6 Comparación entre descriptores en cuanto al banco de Imágenes propio re-identificando a la persona de interés.

En la *Figura 4.7* muestra el porcentaje del desempeño calculado para cada descriptor en base a las imágenes que **no pertenecen** al objeto de interés. Se pudo observar que los dos descriptores de SURF y ORB en cuanto a esta prueba tiene el mismo desempeño con las imágenes del Banco PEEN FUNDAN, alcanzando un 90%.

Al calcular el desempeño entre resultados de los grupos de imágenes analizados el descriptor SURF Y ORB poseen una precisión del 90% la misma entre ambos descriptores.

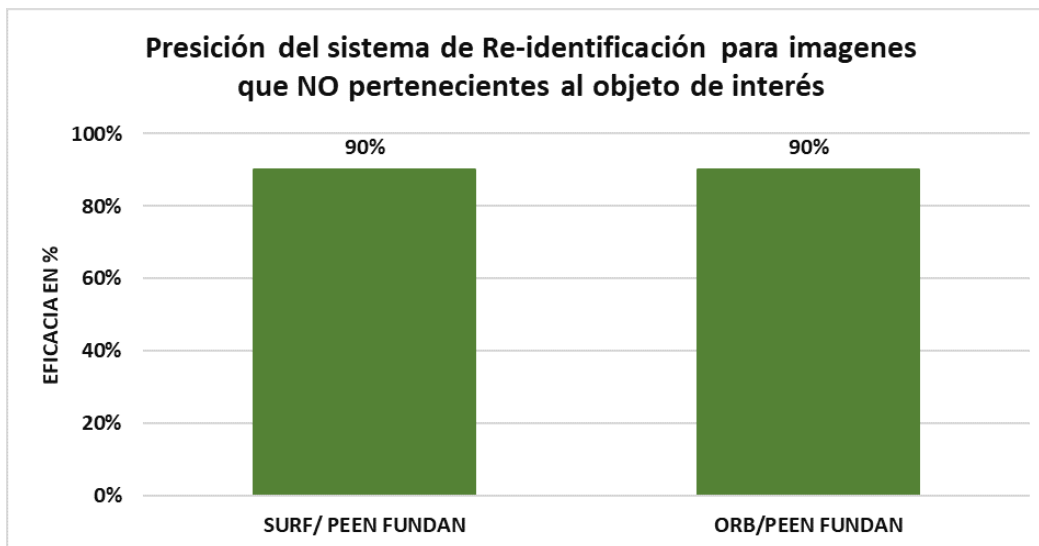


Figura 4.7 Comparación entre descriptores en cuanto al banco de imágenes PEEN FUNDAN, con respecto al Objeto que NO pertenece al de interés.

En la *Figura 4.8* muestra el porcentaje del desempeño calculado para cada descriptor en base a las imágenes que **no pertenecen** al objeto de interés. Se pudo observar que los dos descriptores de SURF y ORB en cuanto a esta prueba tiene el mismo desempeño con las imágenes del Banco INRIA, alcanzando un 85%.

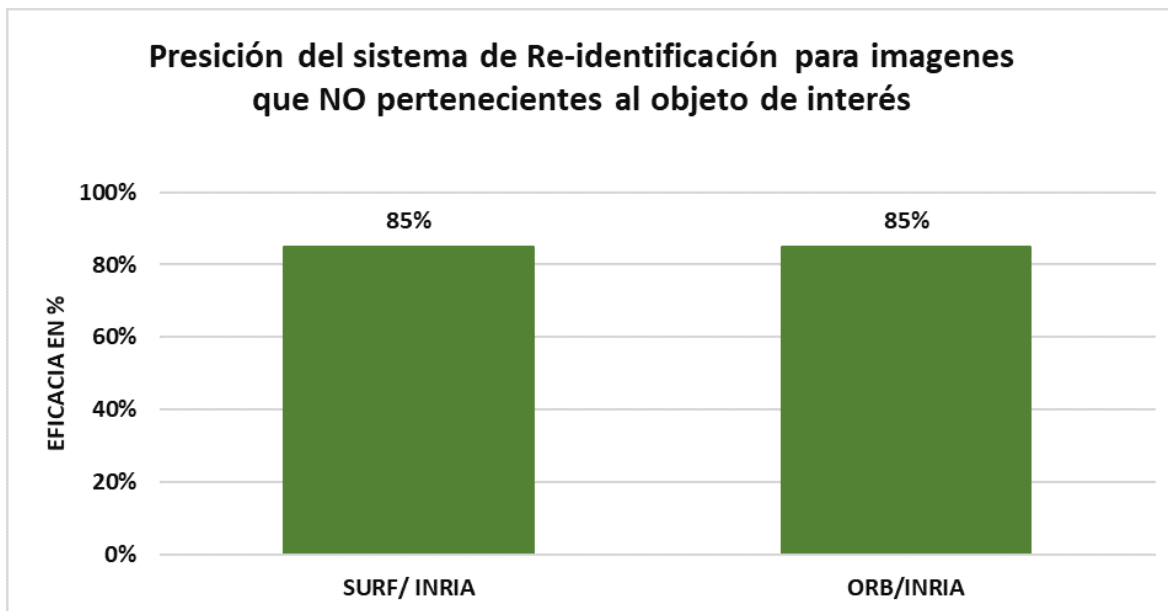


Figura 4.8 Comparación entre descriptores en cuanto al banco de imágenes INRIA, con respecto al Objeto que NO pertenece al de interés.

Al calcular el desempeño entre resultados de los grupos de imágenes analizados el descriptor SURF Y ORB poseen una precisión del 85% la misma entre ambos descriptores.

Al calcular el porcentaje de desempeño entre resultados de los grupos de imágenes analizados por los descriptores ORB y SURF se puede observar una diferencia, con el primer método se obtiene un porcentaje de 75%, mientras que el segundo se queda atrás solo por un 15%.

El descriptor ORB posee una precisión del 90%, siendo el más alto el descriptor de SURF, ver Figura 4.9.

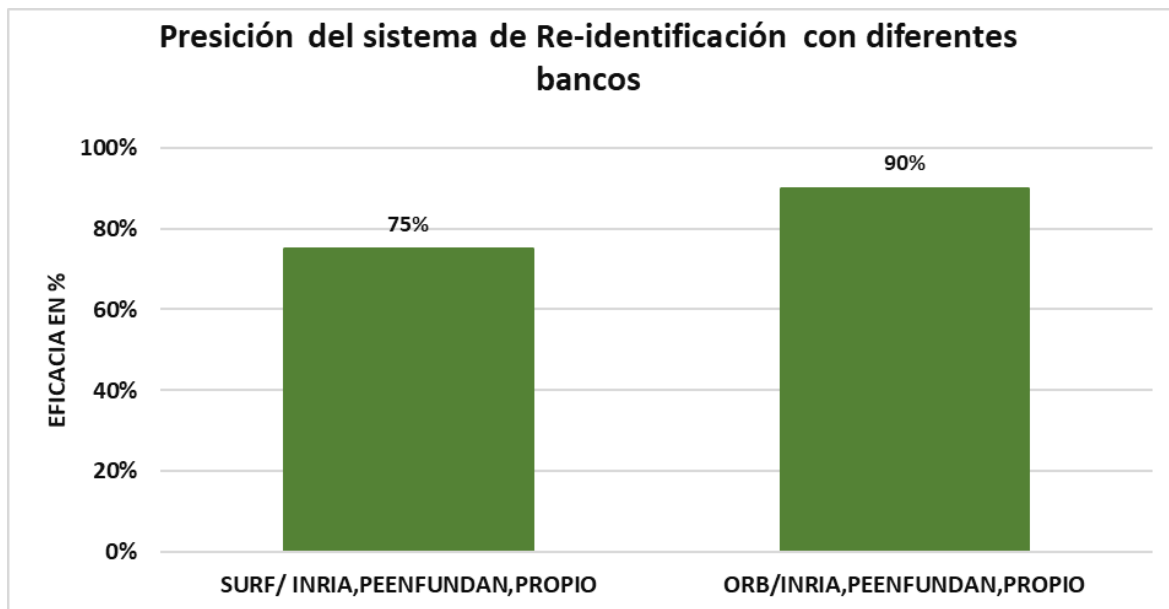


Figura 4.9 Comparación entre descriptores en cuanto los bancos de imágenes INRIA, PEENFUNDAN y PROPIO.

Tiempo de Ejecución

En la Figura 4.10 se observa que el tiempo de cómputo empleado por el descriptor SURF es mayor que el tiempo empleado en ORB con aproximadamente 0.39 ms. Esto conduce a determinar que el descriptor SURF tiene mayor costo computacional en comparación de ORB.

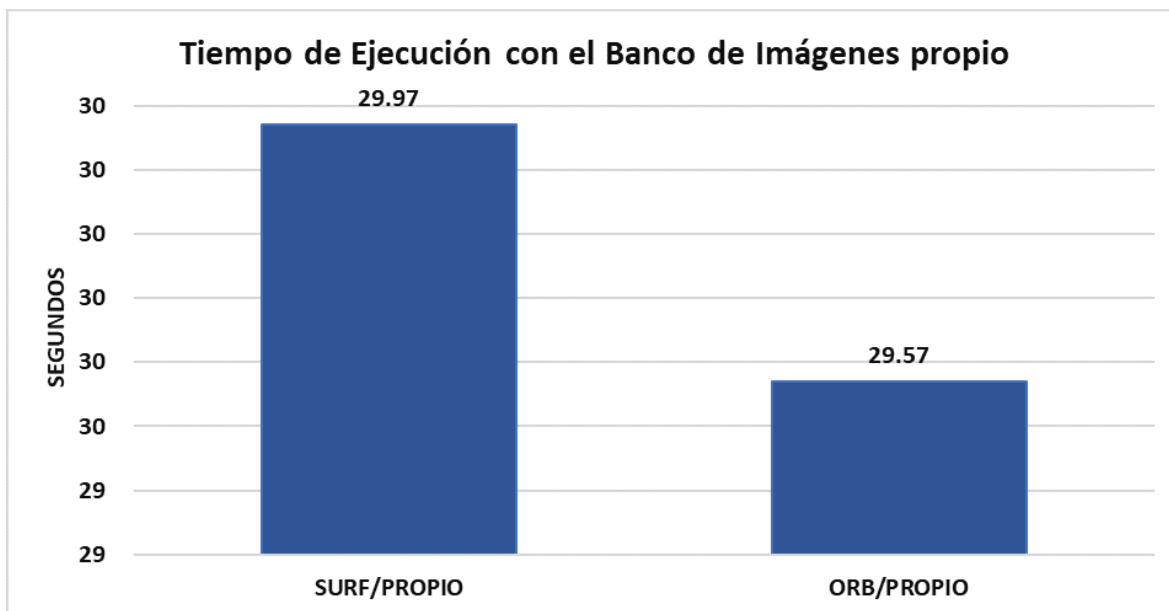


Figura 4.10 Comparación de Tiempo de ejecución (TE) entre los descriptores SURF Y ORB con banco de imágenes propio.

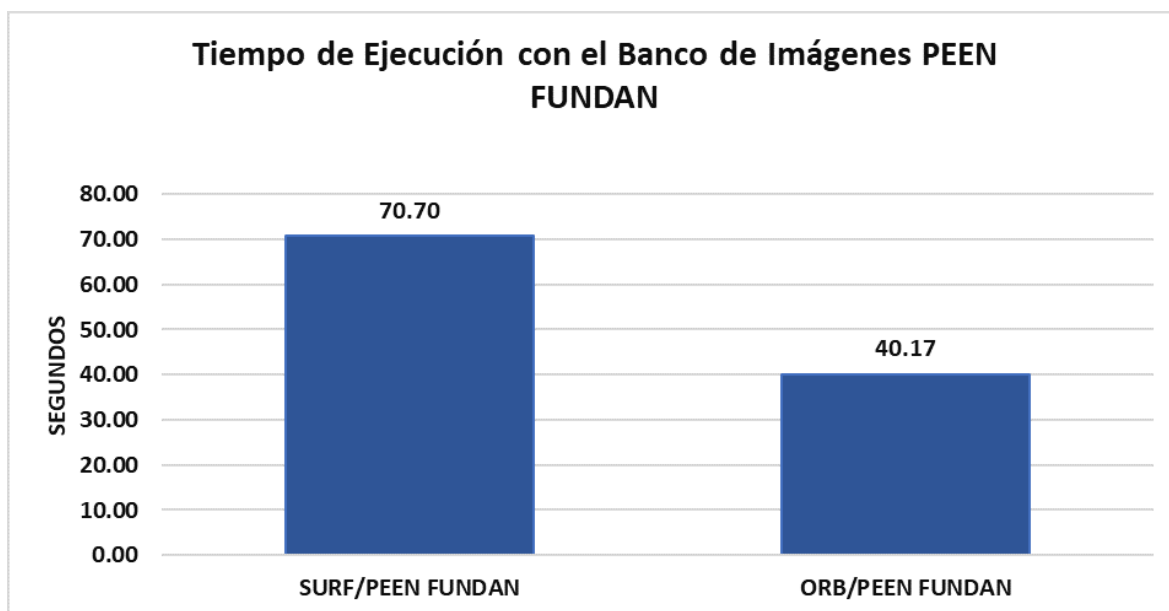


Figura 4.11 Comparación de Tiempo de ejecución (TE) entre los descriptores SURF Y ORB con banco de imágenes PEEN FUNDAN.

Al obtener el tiempo de ejecución se puede observar que el descriptor de SURF es mayor en cuanto al tiempo empleado en ORB con aproximadamente 30.52s. Esto conduce a determinar que el descriptor de SURF tiene un mayor costo computacional en comparación de ORB ver *Figura 4.11*.

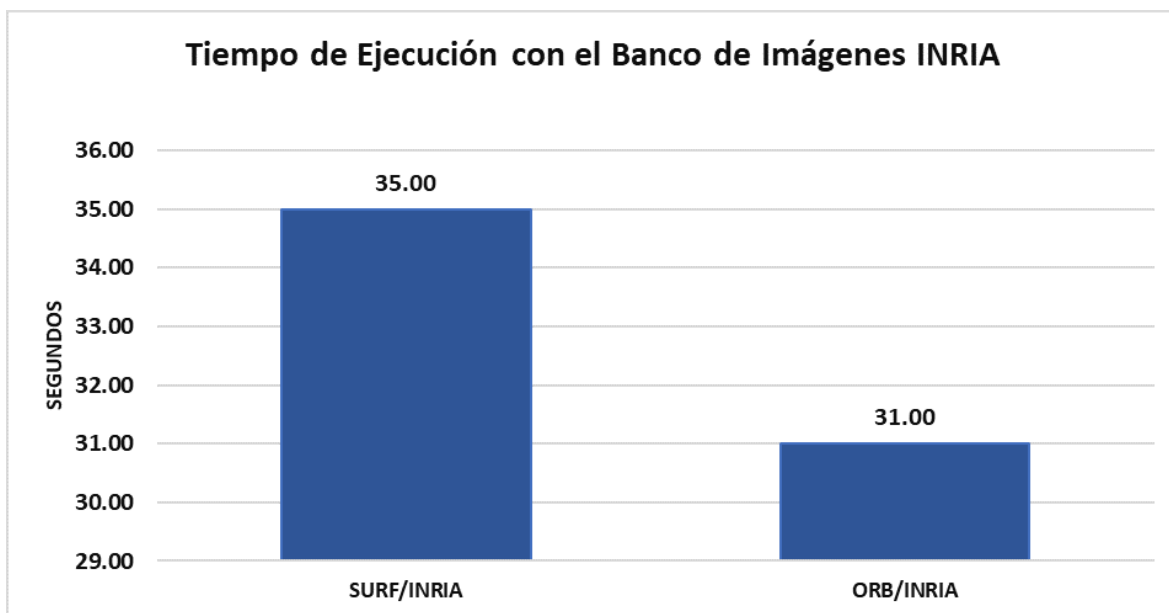


Figura 4.12 Comparación de Tiempo de ejecución (TE) entre los descriptores SURF Y ORB con banco de imágenes INRIA.

En la *Figura 4.12* se observa que el tiempo de cómputo empleado por el descriptor SURF es mayor que el tiempo empleado en ORB con aproximadamente 4 s. Al igual que la prueba anterior, nuevamente SURF tiene mayor costo computacional en comparación con ORB.

En la *Figura 4.13* se puede observar el tiempo de cómputo empleado por el descriptor SURF y ORB, siendo que SURF vuelve a presentar mayor tiempo computacional que el método de ORB por 3.6%, en este caso no se tiene una diferencia que indique que un método es mejor que otro.

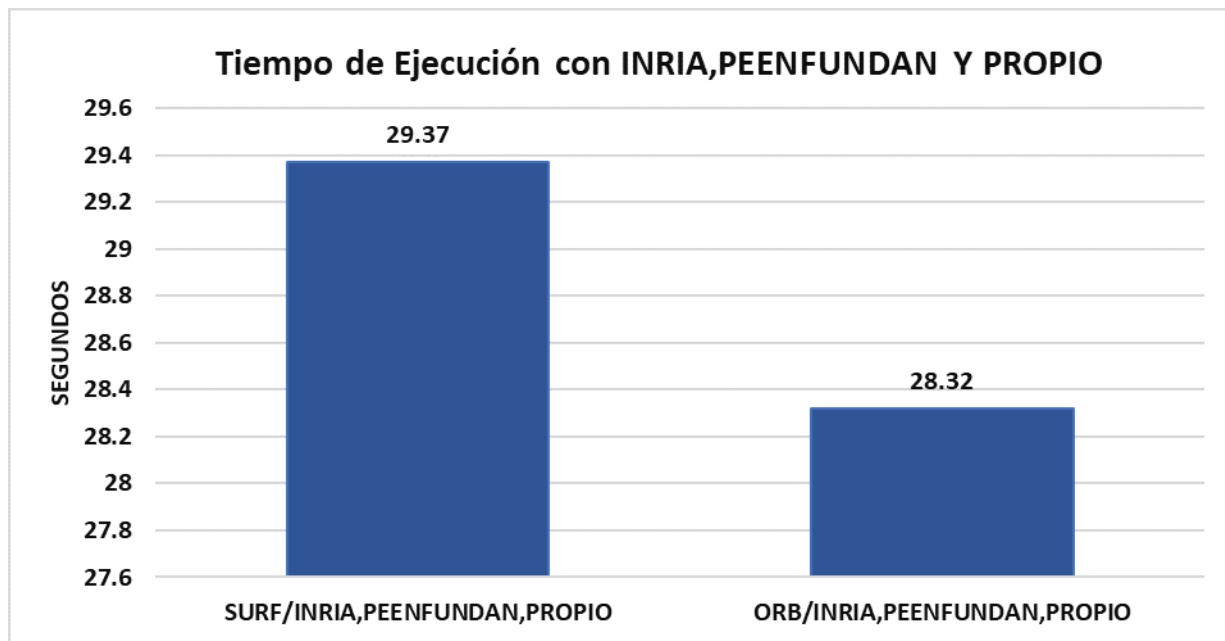


Figura 4.13 Comparación de Tiempo de ejecución (TE) entre los descriptores SURF Y ORB con los bancos de imágenes PEEN FUNDAN, INRIA y PROPIO.

Matriz de confusión

A continuación se presenta la matriz de confusión para los metodos comparados, primeramente en la Figura 4.14 se observa el conteo para SURF, para esta métrica se contabilizaron todas las imágenes de las diferentes pruebas realizadas, siendo un total de 100 imágenes. Posteriormente en la *Tabla 4.23* se puede observar cada una de las diferentes métricas de una matriz de confusión, para estos resultados el valor óptimo sería 1 en el caso de TP y TN, es decir que acierta correctamente cuando la persona de interes está en la imagen y también cuando no está presente, Para el caso de SURF los resultados indican un 0.79 en ambos casos, lo cuál se podría traducir como un 79% de acertividad, y nos deja un 21% de probabilidad de presentar error en la reidentificación de la persona.

		Valores previstos	
		POSITIVO (P)	NEGATIVO(N)
Valores actuales	VERDADERO(T)	38	10
	FALSO(F)	11	41

Figura 4.14 Matriz de confusión SURF

Tabla 4.23 Resultados matriz de confusión SURF

$TP = \frac{38}{10 + 38} = 0.79$	$TN = \frac{41}{41 + 11} = 0.79$	$FP = \frac{11}{11 + 41} = 0.21$
$FN = \frac{10}{10 + 38} = 0.21$	$P = \frac{38}{11 + 38} = 0.78$	$AC = \frac{41 + 38}{41 + 10 + 11 + 38} = 0.79$

En la Figura 4.15 se observa la matriz de confusión con las mismas 100 imágenes pero en este caso usando ORB, se puede observar a continuación en la *Tabla 4.24* el resultado para cada una de las métricas descritas anteriormente, en este caso tenemos un TP de 0.85 es decir tenemos un 85% de probabilidad de que la persona de interés sea reidentificada en caso de que esté en la imagen de entrada, dejándonos solo un 15% de probabilidad de que indique que no está cuando la persona si está presente. Por otro lado se obtuvo un TN de 0.81 es decir una probabilidad el 81% de que indique que la persona no está presente en la imagen y esto sea correcto.

		Valores previstos	
		POSITIVO (P)	NEGATIVO (N)
Valores actuales	VERDADERO (T)	39	7
	FALSO (F)	10	44

Figura 4.15 Matriz de confusión ORB

Tabla 4.24 Resultados de matriz de confusión ORB

$TP = \frac{39}{39 + 7} = 0.85$	$TN = \frac{44}{44 + 10} = 0.81$	$FP = \frac{10}{10 + 44} = 0.19$
$FN = \frac{7}{7 + 39} = 0.15$	$P = \frac{39}{39 + 10} = 0.80$	$AC = \frac{44 + 39}{44 + 10 + 7 + 39} = 0.83$

Se puede observar que ambos métodos (ORB, SURF) tiene un buen desempeño detectando a la persona de interes cuando se encuentra en la imagen, y también indicando que no se encuentra debido a que esta no está presente en la imagen.

Curvas ROC

En la Figura 4.16 se presenta la curva ROC para ambos métodos, en el gráfico se observa de color amarillo la línea trazada por ORB y de color verde la línea trazada por SURF. La línea azul indica el punto medio de que la clasificación sea correcta, es decir si nuestras líneas se desplazan hacia arriba de esta significa que tenemos una probabilidad mas alta de clasificar correctamente a nuestra persona de interés. El mejor de los casos es donde se tiene un TFP igual a 0 y un TTP igual a 1, lo cuál indicaría que tenemos un 100% de efectividad detectando a la persona de interés, en el caso de los métodos usados en esta tesis, ambos obtienen arriba del 80%.

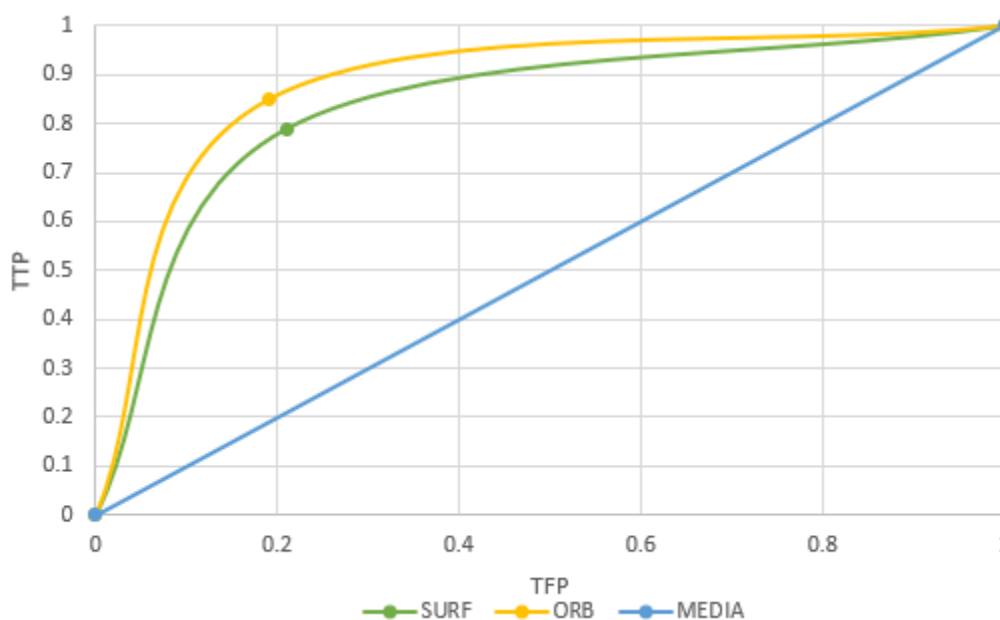


Figura 4.16 Curva ROC de SURF y ORB

4.7 Análisis de resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas, se puede deducir que ORB realiza el proceso de re-identificación 14.88% más rápido que SURF, no obstante se puede ver en los resultados de la Sección anterior que en algunos casos los tiempos de ejecución de ambos métodos son similares, derivado de esto se puede inferir que dependiendo del caso de prueba, o mejor dicho de las características del banco de

imágenes que se use en la prueba tendrá que elegir uno de los dos algoritmos, es decir ninguno es el mejor en todos los casos.

Por otro lado, tendrá la efectividad de cada uno de los métodos, si comparara SURF contra ORB en promedio tendrá solo 1% de diferencia en los resultados, pero como se mencionó anteriormente con el tiempo, no se establece un patrón que indique que este comportamiento es general para todos los bancos de imágenes que se usen.

Si analiza el número de aciertos con respecto al tiempo que se obtienen al final del proceso se podrá observar que ORB se desempeña mejor, pero una vez más no se tiene evidencia que sugiera que un método es mejor que otro, si no que depende de las características del banco de imágenes utilizado, no obstante, ambos métodos pueden ejecutarse con una muestra pequeña y así definir cuál de ellos es utilizado.

Capítulo 5

Y TRABAJOS FUTUROS

CONCLUSIONES

En este Capítulo se presentan las conclusiones obtenidas en este trabajo de investigación, se describe cómo fueron logrados los objetivos propuestos, las aportaciones realizadas y los trabajos futuros que se pueden desarrollar.

5.1 Conclusiones

- De acuerdo con la investigación realizada, se logró proponer una metodología que permite re-identificar a un objeto deseado en una secuencia de imágenes usando técnicas computacionales que minimizan el error que se puede llegar a presentar si el proceso es realizado por un ser humano, además de reducir el tiempo en el que se obtienen los resultados.

La metodología planteada ayudó a desarrollar un sistema de visión artificial que nos ayuda a identificar objetos específicos, este se integra de diferentes partes, como son detección del objeto, extracción de características y su clasificación para determinar si pertenece o no al objeto de estudio. Para este trabajo en especial se definió que la clase de estudio sería la clase "Persona", tomando en cuenta diferentes perspectivas, cambios de ropa y diversos paisajes.

- Una parte importante del sistema es la extracción de características (puntos destacados), en este trabajo se analizaron 2 métodos de extracción, ORB y SURF, se analizaron junto al sistema para detectar cuál de los dos métodos funciona mejor.

Con base a la experimentación del Capítulo 4, donde se observan las diferentes pruebas realizadas con el sistema usando ORB y SURF, se puede observar que ambos métodos tienen una efectividad arriba del 80%, con una pequeña diferencia entre uno y otro, esto debido a las características del conjunto de imágenes que se analizaron, es decir, dependiendo de la calidad, tamaño, resolución, iluminación de las imágenes cada método de extracción funciona mejor que el otro.

- En cuanto al tiempo de ejecución no se observa un cambio importante cuando se utiliza uno u otro método, debido a esto lo importante es determinar las características del conjunto de imágenes que serán analizadas para utilizar el método de extracción correcto y obtener mejores resultados.

5.2 Aportaciones

Este trabajo de investigación tiene como mayor aporte la metodología que guía en el proceso para la re-identificación de un objeto, en este trabajo en particular una persona. Este proceso está compuesto por los siguientes pasos:

1. Adquisición de imágenes
2. Detección de personas
3. Preprocesamiento
4. Extracción de características
5. Reconocimiento

Por otro lado, cabe resaltar que para este caso de estudio se generó una base de 200 imágenes con la misma persona debido a que no se encontró algún conjunto que tuviera diferentes perspectivas, cambios de ropa o paisajes necesarios para las pruebas.

5.3 Trabajos futuros

Durante el desarrollo de trabajo de investigación se detectaron áreas de oportunidad para continuar la línea de investigación, a continuación, se listan.

- Identificar un algoritmo que permita la detección de un objeto aun cuando este no se encuentre en su totalidad en la imagen de entrada.
- Explorar algoritmos para el recorte del objeto que permitan que este se separe en su totalidad de los elementos que se encuentran en la imagen de entrada.
- Extender las características (descriptores) del objeto para tener un mayor nivel de detalle, en el caso de una persona puede ser la proporción de las partes del cuerpo, rasgos faciales, tono de piel, etc.
- Establecer una metodología para la clasificación de imágenes, esto con el fin de seleccionar el método de extracción de características que se adapte mejor a las condiciones del banco de imágenes de entrada.

REFERENCIAS

- INRIA Person Dataset*. (2007). Obtenido de <http://pascal.inrialpes.fr/data/human/>
- Ahmed, E., Jones, M., & Marks, T. K. (2015). An improved deep learning architecture for person re-identification. *In proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, (pp. 3908-3916).
- Cáceres Flórez, C. A., Amaya Hurtado, D., & Ramos. (2015). Methodology for pest damage recognition in *Begonia semperflorens* link & Otto (sugar flower) crop through image processing. *Acta Agronómica*, 64(3), 273-279.
- Calonder, M., Lepetit, V., Strecha, C., & Fua, P. (September de 2010). Brief: Binary robust independent elementary features. *In European conference on computer vision (pp. 778-792)*. Springer, Berlin, Heidelberg., (pp. 778-792). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Cheng, D. S., & Cristani, M. (2014). Person re-identification by articulated appearance matching. *In Person re-identification*, (pp. 139-160)Springer, London.
- Dalal, N., & Triggs, B. (june de 2005). Histograms of oriented gradients for human detection. In international Conference on computer vision & Pattern Recognition (CVPR'05). *. IEEE Computer Society*, 1, 886-893.
- Dalal, N., & Triggs, B. (2005). *INRIA person dataset*. Obtenido de <http://pascal.inrialpes.fr/data/human>
- Dalal, N., & Triggs, B. (2005, June). Histograms of oriented gradients for human detection.
- Dávila García, M. L. (2009). Caracterización Automática de una Muestra de Acciones en Video, Tesis de Maestría.
- Farenzena, M., Bazzani, L., Perina, A., Murino, V., & Cristani, M. (2010). Person re-identification by symmetry-driven accumulation of local features. *In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010 IEEE Conference on*, (pp. 2360-2367). IEEE.
- Gheissari, N., Sebastian, T. B., & Hartley, R. (2006). Person reidentification using spatiotemporal appearance. *In Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society Conference on*, (Vol. 2, pp. 1528-1535). IEEE.
- González, R. C., & Woods, R. E. (1996). *Tratamiento digital de imágenes* (Vol. 3). New York: Addison-Wesley.
- González Medina, L. M. (2015). Reidentificación de personas y objetos mediante aprendizaje semisupervisado.

- Ilbay, Ñ., Fabricio, M., Córdova, T., & Gonzalo, L. (2013). Análisis de eficiencia en algoritmos de reconocimiento de imágenes digitales aplicables a dispositivos móviles bajo la plataforma Android.
- Juan , L., & Gwon, L. (2007). A comparison of sift, pca-sift and surf. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 8(3), 169-176.
- Karami, E., Prasad, S., & Shehata, M. (2017). Concordancia de imágenes con SIFT, SURF, BRIEF y ORB: comparación de rendimiento para imágenes distorsionadas. *preimpresión arXiv arXiv: 1710.02726*.
- Li, A., Liu, L., & Yan, S. (2014). Person re-identification by attribute-assisted clothes appearance. In *Person Re-Identification*. pp. 119-138.
- Li, F.-F., Andreetto, M., & Ranzato, M. ' . (2003). *Vision computacional en Caltech*. Obtenido de http://www.vision.caltech.edu/Image_Datasets/Caltech101/
- Lin, Y., Zheng, L., Zheng, Z., Wu, Y., & Yang, Y. (2017). Improving person re-identification by attribute and identity learning. *arXiv preprint arXiv:1703.07220*.
- Liu, T., Yuan, Z., Sun, J., Wang, J., Zheng, N., Tang, X., & Shum, H. Y. (2011). Learning to detect a salient object. *IEEE Transactions on Pattern analysis and machine intelligence*, 33(2), 353-367.
- Malik, M. Y. (2012). *Power consumption analysis of a modern smartphone*. Obtenido de arXiv preprint arXiv:1212.1896.
- Maravall, D. (1993). Gomez-Allende. Reconocimiento de formas y visión artificial.
- Moctezuma, D. (2016). Re-identificación de personas a través de sus características softbiométricas en un entorno multi-cámara de video-vigilancia. *Ingeniería, Investigación y tecnología*, 17(2),257-271.
- Moctezuma, O. D. (2016). Re-identificación de personas a través de sus características soft-biométricas en un entorno multi-cámara de video-vigilancia. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 17(2), 257-271.
- Nalwa,V. S. (1994). *A guided tour of computer vision*. Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Pajares , M. G., & De la Cruz Garcia, J. (2002). Visión por computador. Imágenes digitales y aplicaciones.
- Paredes Soto, D. A. (2009). Seguimiento y Caracterización de Componentes del Rostro para la Detección de Expresiones Faciales , Tesis de Maestría. CENIDET.
- Porter, J. B. (2015). A comparative analysis of read mapping and indel calling pipelines for next-generation sequencing data. *Emerging Trends in Computational Biology, Bioinformatics, and Systems Biology*. 521-535.

- Robles, L. A. (2013). Detección automática y seguimiento de personas utilizando fusión de secuencias de imágenes multimodales. (*Doctoral dissertation, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica*).
- Suárez, E. J. (2014). Tutorial sobre máquinas de vectores soporte (sVM). Tutorial sobre Máquinas de Vectores Soporte (SVM).
- Tharwat, A. (2018). Classification assessment methods. *Applied Computing and Informatics*.
- Troncoso Rey, P. A. (2007). *Indexado y Recuperación de Imágenes por Contenido*. Tesis de Maestría, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Cuernavaca.
- Van Beeck, K., Van Engeland, K., Vennekens, J., & Goedemé, T. (August de 2017). Abnormal behavior detection in LWIR surveillance of railway platforms. *En 2017 14th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)(pp. 1-6).IEEE*.
- Van Beeck, K., Van Engeland, K., Vennekens, J., & Goedemé, T. (2017, August). Abnormal behavior detection in LWIR surveillance of railway platforms. *En 2017 14th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)(pp. 1-6).IEEE*.
- Vezzani, R., Baltieri, D., & Cucchiara, R. (2013). People reidentification in surveillance and forensics: A survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 46(2), 29.
- Wang, L., Shi, J., Song, G., & Shen, I. (2007 November). Object detection combining recognition and segmentation. *In aian conference on computer vision.*, .189-199pp .
- Wei, Y. L., & Lin, C. H. (November de 2013). Single-shot person re-identification by Gaussian mixture model of weighted color histograms. In 2013 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems. *IEEE*, pp. 47-50.
- Zhang, G., Matsumoto, K., Yoshida, M., & Kita, K. (2006). Pedestrian re-identification using color feature in multi surveillance video. *International Journal of Advances in Electronics and Computer Science.*, 11-14.
- Zhao, R. (2015). Saliency Learning and Person Re-Identification. (*Doctoral dissertation, The Chinese University of Hong Kong (Hong Kong)*).
- Zhao, R., Oyang, W., & Wang, X. (2017). Person Re-identification by saliency Learnig. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 39(2), 356-370.
- Zheng, L., Yang, Y., & Hauptmann, A. G. (2016). Person Re-identification: Past, Present and Future. arXiv preprint arXiv:1610.02984.

- Zheng, W. S, Li, X., Xiang, T., Liao, S., Lai, J., & Gong, S. (2015). Partial person re-identification. *In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, (pp. 4678-4686).
- Zou, K. H. (2002). Receiver operating characteristic (ROC) literature research. . On-line bibliography available from:< <http://splweb.bwh.harvard.edu>, 8000.