



UNIVERSIDAD POPULAR AUTONOMA DEL ESTADO DE PUEBLA
SISTEMAS COMPUTACIONALES

FACTIBILIDAD EN EL RECONOCIMIENTO DE HUELLAS DIGITALES

TRABAJO RECEPCIONAL

Que para obtener el título de:

LICENCIADO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Presentan:

JOSE LUIS ROBLES RIVERA
EFRAIN BALDERAS PADRON

Asesor:

I.S.C. MARCO ANTONIO CARRASCO DAVILA M.A.E.

H. Puebla de Zaragoza, a 2 de Abril de 1998.



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



BIBLIOTECA CENTRAL
TESIS
USO ÚNICAMENTE EN SALA

Dedico este trabajo :

A DIOS

Gracias por iluminar mi sendero, por enseñarme el camino de la verdad, por permitirme vivir, y porque durante mis momentos de prueba y sufrimiento nunca me dejaste solo, para hacer realidad uno de mis más anhelados sueños, terminar la carrera. Gracias...

A MI PAPA JOSE LUIS

Gracias, porque todo el esfuerzo que realizaste para que fuera posible mi formación profesional, hoy tiene su recompensa; por enseñarme que la mejor herencia que un hijo puede tener es el estudio, y por confiar en mi a cada momento. Gracias.. no te defraudé.

A MI MAMA MARGARITA

Gracias, por darme el don de la vida, por todo el sacrificio que has hecho por mi, por preocuparte a cada instante de los pasos que seguía, y por la confianza que tienes depositada en mi. Gracias ...

A MIS HERMANOS HUGO Y MARILU

Gracias, por comprenderme y apoyarme incondicionalmente en las buenas y en las malas, espero que también ustedes sean grandes profesionistas.

A YUKIKO

Gracias por tu comprensión y cariño a lo largo de toda la carrera, por caminar juntos y ayudarme a afrontar las adversidades que se presentaron, y por tu apoyo incondicional, que fue un pilar importante para lograr este tan anhelado sueño. Sinceramente Gracias....

A MIS MEJORES AMIGOS

Efraín Balderas, Hugo Trujeque y José Luis Roque que con su amistad, lograron que la carrera tuviera un importante significado para mí, y cuando necesite de ustedes nunca me fallaron. Gracias...

A LA SRA. MARIA ELENA PADRON:

Gracias por el inmenso apoyo que me ha brindado, durante todos estos años y por abrirme las puertas de su hogar en todo momento. Gracias...

5013...

A CARLOS MENA RIVERA Y RUBEN MENA ROBLES

Gracias por su apoyo moral que siempre me han brindado, es de gran ayuda y un aliciente para seguir adelante

A LA FAMILIA ROSAS MENA

Gracias por su apoyo e impulso que me brindaron a lo largo de mi vida estudiantil.

A MI FAMILIA

Gracias por su valioso apoyo y comprensión, y por impulsarme a seguir adelante.

AL DR. RICARDO GIORGE FLORES

Gracias, por todas las facilidades prestadas en la Dirección de Servicios Periciales de la PGJ, y por su apoyo para la realización de este trabajo, ya que no hubiera sido posible sin su valiosa colaboración.

A LA LIC. BIBIANA ROJAS CORTES Y AL DR. GUILLERMO MELCHOR NAVARRO

Gracias por su apoyo incondicional brindado en la Dirección de Servicios Periciales de la PGJ.

A MIS COMPAÑEROS PERITOS EN DACTILOSCOPIA

Gracias a José Ruiz Ruiz, Oscar Carro Castellanos y Eleazar Arredondo Torres, por sus valiosos consejos, y por adentrarme al interesante ámbito de la dactiloscopia.

A MI ASESOR ING. MARCO ANTONIO CARRASCO DAVILA

Gracias, por su inmenso apoyo a lo largo de la carrera, por su valiosa amistad brindada y por transmitirme experiencias, consejos y conocimientos para ser una mejor persona y un buen profesionalista. Gracias...

AL ING. CARLOS ZAPATA SANCHEZ

Gracias, por la confianza depositada en nosotros, por las facilidades otorgadas y por estar pendiente de que este trabajo llegara a su fin.

A MIS MAESTROS

Por transmitirme todos sus conocimientos y colaborar ampliamente en mi desarrollo como estudiante.

JOSE LUIS

Dedico este trabajo:

A DIOS:

Gracias señor por permitirme vivir, porque cuando te pedí tu ayuda y tu perdón me lo diste, porque si no hubiera sido tu voluntad no hubiera llegado hasta el día de hoy, gracias porque me diste una familia muy hermosa y unos amigos que me apoyaron siempre.

Gracias Señor por darme esta dicha en mi vida.....gracias.

A MI PAPA EFRAIN:

Gracias por todo el inmenso apoyo que me diste, por tu comprensión y enseñarme que el buen camino es estudiar y por esmerarte en que fuera un buen profesionista e hijo. Gracias.....

A MI MAMA MARIA ELENA:

Gracias por todo lo que me enseñaste, por tu inmenso apoyo y comprensión en los momentos mas difíciles de mi vida, por estar a mi lado en todo momento y corregirme cuando estaba equivocado. Te agradezco tus desvelos , tus consejos, tu ayuda, y en algunas ocasiones tus lagrimas por mi Gracias.....

A MIS HERMANOS BETO Y ERNESTO:

Gracias por haberme ayudado en todo momento, por ser ustedes un gran ejemplo para mi, y por sus grandes consejos que me dieron cuando los necesitaba Gracias por comprenderme siempre y por ser como son conmigo. Gracias.....

A LIDIA Y BETITO:

Por ser parte importante en nuestra familia y sobre todo por estar con nosotros siempre. Gracias...

A MIS MEJORES AMIGOS:

José Luís Robles, Abdiel Domínguez y Arturo Campos.

Les agradezco el inmenso apoyo que me brindaron, y por ayudarme cuando más lo necesitaba Gracias por todos estos años de amistad y sinceridad que fortalecieron mi vida y mi forma de ver las cosas. Gracias amigos.....

A MI ASESOR ING. MARCO A. CARRASCO DAVILA:

Gracias por el inmenso apoyo durante la carrera, y por hacerme ver mis errores y sobre todo preocuparse por que fuera por el camino de la verdad. Le agradezco la confianza brindada y por ser un pilar fundamental en mi preparación profesional.. Gracias .

A MIS PROFESORES:

Les agradezco el apoyo brindado y por enseñarme todas las herramientas necesarias para luchar en la vida...

A MIS AMIGOS:

Por su apoyo en una parte importante de mi vida, y por alegrarme la vida, aún cuando las cosas no eran fáciles. Gracias .

INDICE

| | |
|---------------------|----------|
| INTRODUCCION | I |
|---------------------|----------|

CAPITULO 1 DACTILOSCOPIA

| | |
|--|----|
| 1.1 Reconocimiento primitivo de la dactiloscopia | 1 |
| 1.2 Antecedentes históricos | 2 |
| 1.3 Primeros registros científicos | 3 |
| 1.4 Concepto, objeto de estudio y fines | 4 |
| 1.4.1 Concepto | 4 |
| 1.4.2 Objeto de estudio | 5 |
| 1.4.3 Fines | 5 |
| 1.5 Crestas papilares y Surcos interpapilares | 5 |
| 1.6 Dactilograma | 6 |
| 1.7 Huella latente | 7 |
| 1.7.1 Revelado de huellas latentes | 7 |
| 1.7.2 Huella dactilar positiva | 9 |
| 1.7.3 Huella dactilar negativa | 9 |
| 1.8 Principios de la dactiloscopia | 9 |
| 1.9 Regiones de los dedos y de la palma de la mano | 10 |
| 1.10 Tipos Fundamentales | 10 |
| 1.11 Estudio actual de las huellas digitales | 14 |

CAPITULO 2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

| | |
|--|----|
| 2.1 Evolución histórica | 16 |
| 2.1.1 Prehistoria de la inteligencia artificial | 16 |
| 2.1.2 El nacimiento de la inteligencia artificial | 18 |
| 2.1.3 Los años difíciles | 21 |
| 2.1.4 El desarrollo actual | 25 |
| 2.2 Sistemas de análisis-interpretación | 26 |
| 2.2.1 ACRONYM | 28 |
| 2.2.2 ALVEN | 30 |
| 2.2.3 VISIONS | 32 |
| 2.3 Reconocimiento de patrones | 33 |
| 2.3.1 Conceptos básicos de reconocimiento de patrones | 33 |
| 2.3.2 Conceptos de diseño y metodologías | 35 |
| 2.4 Reconocimiento de huellas digitales | 36 |
| 2.4.1 Reconocimiento de patrones para la identificación de huellas digitales | 36 |

CAPITULO 3 VISION ARTIFICIAL

| | |
|------------------------|----|
| 3.1 Análisis de imagen | 38 |
|------------------------|----|

| | |
|---|----|
| 3.2 Captación de la imagen y su representación en la computadora | 41 |
| 3.3 Filtrado de la imagen y canales visuales | 42 |
| 3.3.1 Bases teóricas: Filtrado y teorema de Fourier | 42 |
| 3.3.2 Sistemas monocanal | 44 |
| 3.3.3 Sistemas multicanal | 45 |
| 3.3.4 Modelo multicanal con filtros de paso bajo isotrópos | 46 |
| 3.3.5 Modelo multicanal con filtros de paso de banda isotrópos | 48 |
| 3.3.6 Modelo de canales de banda anisotrópos | 49 |
| 3.4 Análisis primario: Detección de puntos de borde y de regiones | 51 |
| 3.4.1 Detección de puntos de borde | 53 |
| 3.4.2 Métodos basados en las derivadas primeras | 54 |
| 3.4.3 Métodos basados en las derivadas segundas | 59 |
| 3.4.4 Detección de regiones | 61 |
| 3.4.5 Detección de regiones por umbralización de la luminancia | 61 |
| 3.5 Reconocimiento de imágenes | 63 |
| 3.6 Procesamiento paralelo | 71 |
| 3.7 Los principios del reconocimiento de patrones | 74 |

CAPITULO 4 EJEMPLO DE AFIS

| | |
|---|----|
| 4.1 Aplicaciones de AFIS | 76 |
| 4.1.1 Positive Identification Seres PID | 76 |
| 4.1.2 KIT PID | 77 |
| 4.2 AFIS | 78 |
| 4.2.1 Lista de clientes | 79 |
| 4.2.2 Estación de trabajo | 80 |
| 4.3 Procesamiento de imágenes | 81 |
| 4.3.1 Detección de rasgos o características para su comparación | 81 |
| 4.3.2 Búsqueda para comparación de huellas | 82 |
| 4.3.3 Robustecer la colocación de la huella | 84 |
| 4.3.4 Robustecer la orientación de la huella | 84 |
| 4.4 Tecnología de huellas incorporada | 85 |
| 4.5 Implementaciones | 86 |
| 4.5.1 Aplicaciones civiles | 86 |
| 4.5.2 Aplicaciones criminales y de justicia | 86 |
| 4.5.3 Uso de AFIS en Estados Unidos | 86 |
| 4.6 Huellas escaneadas latentes | 87 |
| 4.7 Dando realce a la imagen | 88 |
| 4.8 El tiempo da vueltas | 89 |

| | |
|-------------------------|----|
| 4.9 AFIS para el futuro | 89 |
|-------------------------|----|

CAPITULO 5 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

| | |
|--|-----|
| 5.1 Factibilidad | 91 |
| 5.2 Clasificación de factibilidad | 91 |
| 5.2.1 Factibilidad técnica | 92 |
| 5.2.2 Factibilidad económica | 93 |
| 5.2.3 Factibilidad operativa | 93 |
| 5.3 Definición del problema | 95 |
| 5.3.1 Unidad de análisis | 95 |
| 5.3.2 Variables Dependientes | 95 |
| 5.3.3 Variables Independientes | 95 |
| 5.4 Objetivo general | 96 |
| 5.5 Objetivos particulares | 96 |
| 5.6 Resultados obtenidos del estudio de factibilidad | 96 |
| 5.6.1 Estudio técnico | 96 |
| 5.6.2 Análisis costo/beneficio | 97 |
| 5.6.3 Costo total de la implementación de AFIS | 100 |
| 5.6.4 Beneficios proporcionados por AFIS | 100 |
| 5.7 Análisis de riesgos | 101 |
| Conclusión | |
| Bibliografía | |
| Glosario | |
| Anexos | |

INTRODUCCION

La identificación de huellas es uno de los problemas legales que justifican plenamente el desarrollo de ésta investigación.

Al adentrarse a la interesante materia de dactiloscopia en la identificación, se despertó una gran inquietud por el estudio de la identificación de huellas por medio de la computadora, ya que al trabajar para la Procuraduría General de Justicia en el Estado se notaron las deficiencias en la búsqueda y comparación de huellas, esto debido a la falta de equipo para realizar un trabajo, y además un área de los sistemas computacionales muy poco explotada en nuestro país; ya que normalmente la búsqueda e identificación se realiza de manera manual lo que trae problemas como: demasiado tiempo para emitir un informe o dictamen, cansancio excesivo de la vista, etc.

Se tuvo la suerte de observar a nivel Procuradurías de Justicia, y General de la República en las áreas de dactiloscopia, el tratar de ser mas eficiente en las labores que dichas áreas realizan, mas no de llegar a una automatización, misma que es latente debido a la inseguridad y la ineficiencia en resolver asuntos legales. Es hasta estos días cuando por medio de un organismo de Seguridad Nacional, se logre la implementación de una red que precisamente logre resultados en el ámbito de la dactiloscopia.

Otra de las motivaciones para recolectar ésta serie de datos, fue la tecnología utilizada para el estudio de huellas digitales y que muy poca gente conoce sobre ello.

Al visitar el departamento de dactiloscopia, se comprobó la carencia de un método de comparación rápido, confiable y eficiente, no por cuestiones de personal sino por cuestiones meramente técnicas, observando que solo se cuenta con un comparador que también tiene algunos problemas técnicos como lo es, el sobrecalentamiento, ya que usa focos de gran potencia para ver las huellas, motivo por el cual prácticamente se carece completamente de equipo electrónico auxiliar en la búsqueda y comparación de huellas.

El objetivo principal que se busca con la realización del presente trabajo es el de verificar la factibilidad del uso de Reconocimiento de patrones en el área de dactiloscopia.

Con los antecedentes anteriores tratamos a lo largo de este trabajo los siguientes puntos:

En el primer capítulo los conceptos básicos y fundamentales de la Dactiloscopia, su historia , conceptos, principios, tipos fundamentales y el estudio actual de las huellas digitales

En el siguiente capítulo exponemos los conceptos fundamentales de la Inteligencia Artificial, su historia y ramas que la comprenden; el procesamiento de imágenes y el reconocimiento de patrones.

En el tercer capítulo, presentamos los conceptos básicos de la Visión Artificial, Análisis de Imagen, su representación en la computadora, Filtrado de la imagen, Canales Visuales y Detección de puntos de borde y regiones.

En el siguiente capítulo, se analizamos las características, un ejemplo práctico y aplicaciones de AFIS (Automated Fingerprint Identification System), incluyendo como se procesa una imagen, la comparación de características, y su manejo en los Estados Unidos.

En el último capítulo de este trabajo recepcional presentamos los conceptos de factibilidad, el objetivo general, los objetivos específicos, y un análisis costo-beneficio, que es el que a final de cuentas nos permitirá dar una conclusión sobre el presente trabajo y su factibilidad para su implantación en las dependencias de justicia del país.

CAPITULO 1. DACTILOSCOPIA

Dado el objetivo principal de este trabajo, que es el de verificar la factibilidad del uso de Reconocimiento de patrones en el área de dactiloscopia, se presentan en este capítulo los conceptos básicos y fundamentales de la Dactiloscopia, su historia , conceptos, principios, tipos fundamentales y el estudio actual de las huellas digitales.

1.1 RECONOCIMIENTO PRIMITIVO DE DACTILOSCOPIA

Los rastros de patrones de crestas en los dedos, palmas y plantas de los pies han despertado interés desde hace mucho tiempo, aunque cuando el hombre fue notificado por primera vez no lo reconocía. Existen registros que indican conocimientos con esos rastros. Uno de los fragmentos que más nos dicen de esta historia sin escribir, es un tallado de un Indio Aborigen encontrado al borde del Lago Kejimkoojik en Nueva Escocia. Sin el perfil de una mano humana, tallada en piedra son líneas que más o menos representan la dactiloscopia y la flexión de los pliegues. El pulgar, la región dibujada más exactamente, soporta un verticilo espiral. Este petroglifo es generalmente acreditado con una edad de muchos cientos de años quizás miles. Esta significancia recae en el hecho de que el que hizo la huella, aunque viviendo bajo condiciones primitivas, tenía familiaridad con la dactiloscopia y la flexión de pliegues y fue inspirado para grabar un cuadro de ellos (Figura 1 1).

La palma de la mano y la planta del pie también han figurado en la historia del reconocimiento chino de Dactiloscopia. Los registros de De Barros publicados en 1563, indican la costumbre que prevalecía en el siglo XVI, estaba en conexión con la venta de niños. Las impresiones de palmas de las manos y plantas de los pies fueron impresas en tinta sobre la escritura de venta. De Barros decía que esas impresiones prevenían de la falsa

personalidad. En la práctica, sin embargo ha estado independiente de cualquier concepción de la individualidad de la dactiloscopia.

Figura 1.1 Petroglifo de indio aborigen



Fuente: Cummins Harold , 1961

1.2 ANTECEDENTES HISTORICOS.

El origen de la dactiloscopia como procedimiento identificador es bastante antiguo; primitivamente se empleaba la impresión de los dedos en arcilla para dar autenticidad a los contratos. Hay quien llega a suponer que los pueblos prehistóricos ya lo conocían y otro autor ha publicado un estudio interesante hablando del empleo de las impresiones dactilares en China y Japón, hacia el año 702 después de Jesucristo, en que publicaron las leyes de Taiho.

Kia Kung-yen, un historiador chino de la dinastía Tang en sus escritos del año 650 de nuestra era, hizo mención a la identificación mediante las impresiones dactilares en un comentario sobre un antiguo método en la elaboración de documentos legales. También en estos años, mediante las leyes chinas de Yung-Hwui, se hacía mención que las huellas digitales eran utilizadas para fines de divorcio por personas que no sabían firmar ni escribir.

Es decir, desde los tiempos citados se tiene conocimiento de la existencia de las impresiones dactilares aunque todavía no se le asignaba el nombre de dactiloscopia.

Muchos estudiosos en la materia han colaborado significativamente hasta nuestros días para el desarrollo científico y aplicación de la dactiloscopia , entre ellos, están: Borgerhoff, Feré, Faulds, Galton. Herschell, Huschke, Ivert, Jorgensen, Malpighi, Henry, Oloriz, Purkinje, Stochis, Reyna, Testut, Vucetich y otro gran número de cultores.

Pero fué Juan Vucetich quién entre 1891 y 1896 simplificó en forma práctica todo lo que existía en relación a la dactiloscopia y adoptó un sistema sencillo y útil, el cual hasta la fecha todavía se practica en varios países, uno de ellos México, en cuyo sistema se encuentran ajustes y modalidades del Prof. Benjamín Martínez, basando la clasificación primaria en Vucetich y la subclasificación en Henry.

En sus principios, cuando sus conocimientos se empezaban a sistematizar, Vucetich llamó a esta disciplina Icnofalangometría, que significa la medición de las falanges de los dedos, pero como realmente este no era el objeto de la disciplina, Don Francisco de Latzina le cambió el nombre por el de dactiloscopia.

Por ello, el sistema que se practica en México y en gran parte de Sud y Centroamérica, se debe al maestro Juan Vucetich, nacido en Croacia, Yugoslavia y nacionalizado argentino, Fue empleado de la Policía de la Plana de Identificación Judicial en Río de la Plata. A él se le debe el sistema más universalmente aceptado en 1904 y difundido mundialmente en 1913, creando los cuatro tipos fundamentales de la dactiloscopia que se les llamó: Arco, Presilla interna, Presilla externa y Verticilo (los cuales definiremos más adelante). Florencio Sánchez introdujo y publicó el sistema Vucetich en México

1.3 PRIMEROS REGISTROS CIENTIFICOS

Es difícil considerar una división entre los que consideran reconocimiento científico de la dactiloscopia como distinción del reconocimiento primitivo. La distinción es arbitraria y aquí está hecha únicamente como una definición conveniente. El principio del periodo científico es arbitrariamente conjuntado con los primeros registros los cuales conforman la noción prevaleciente de que constituye un registro científico. Como modernos, estamos inclinados a pensar en manuscritos, libros y periódicos como medio, olvidando que las primitivas condiciones de vida restringían los modos del registro de ideas. Después de todo, los aborígenes quienes tallaron la mano sobre una roca en Nueva Escocia han sido puramente científicos en el espíritu y el método como el autor de un artículo técnico o de un libro. Bewick fué un minucioso observador de la impresión de huellas, y él también ha sido un practicante de la identificación personal científica. Quizás los chinos quienes imprimieron su dedo en sellos de

barro hace más de dos mil años, del mismo modo siguieron una práctica entonces reconocida. Los factores en esos casos similares son opacados por el tiempo y por la escasez de registros válidos o actuales. A pesar de la convicción de que había un reconocimiento científico de dactiloscopia hace mucho tiempo los primeros registros escritos son concernientes a la dactiloscopia, esos registros significan un mínimo avance.

Los antiguos escritos del Este de China, han sido considerados por historiadores de la ciencia en impresión de huellas. Es probable que el valor de la identificación por huellas ha sido apreciado desde muchos siglos antes de la publicación de la noticia (Faulds 1880), lo cual dio lugar a la ahora extensa literatura sobre identificación por medio de huellas digitales. Algunos de los antiguos escritos, son extremadamente dudosos sobre el tema en cuestión. Relatando cómo ellos hacen las costumbres, y descuidando la explicación racional, esos escritos no nos convencen más que las firmas de impresión de huellas las cuales son testimonio únicamente de que esas fueron hechas.

1.4 CONCEPTO, OBJETO DE ESTUDIO Y FINES

1.4.1 CONCEPTO

El profesor Juan Vucetich define a la dactiloscopia de la siguiente manera:

“Es la ciencia que se propone la identificación de la persona físicamente considerada por medio de la impresión o reproducción física de los dibujos formados por las crestas papilares de las yemas de los dedos de las manos.”

Por su parte, Luis Reyna Almandos, discípulo del anterior, define a la dactiloscopia, así:

“La dactiloscopia tiene por objeto el estudio de los dibujos que presentan las yemas de los dedos de las manos, con el fin de determinar de modo indubitable la identidad personal.”

Y la maestra Arminda Reyes Martínez da el siguiente concepto:

“La dactiloscopia se propone la identificación de la persona por medio de las impresiones producidas por las crestas papilares que se encuentran en las yemas de los dedos de las manos. “

Conceptos dados por ejemplares y prestigiados cultores de esta disciplina, que llevan a comprender un objetivo de común acuerdo "identificar científicamente a las personas."

1.4.2 OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de la dactiloscopia u objetivo material , son los dactilogramas (lo cual definiremos más adelante), existentes en las yemas de los dedos de las manos y las impresiones papilares que dejan éstos, ya sean por secreción sudorípara o por coloración de alguna substancia.

1.4.3 FINES

La finalidad de la dactiloscopia es realizar estudios comparativos e identificativos de sus figuras y determinar inequívocamente la identidad de personas vivas o muertas, cuyos dactilogramas se encuentren en buenas condiciones.

Por tal virtud, y concretando lo anterior, la etimología de dactiloscopia se deriva de los vocablos gregos Daktilos y Skopein, que significa *dedo* y *examinar* respectivamente y tiene por objeto el examen detallado y minucioso de los dibujos formados por las crestas papilares en los pulpejos de los dedos de las manos con el fin de identificar sin duda a las personas.

1.5 CRESTAS PAPILARES Y SURCOS INTERPAPILARES

La piel del cuerpo humano no es una superficie lisa, sino que en ella se encuentran rugosidades que forman papilas dérmicas que sudan constantemente, por eso se puede

considerar que cualquier área del cuerpo al tocar una superficie idónea, principalmente las regiones de los pulpejos de las falanges de los dedos y de las palmas de las manos, dejan huellas de sus papilas dactilares y palmares respectivamente, las que están compuestas de salientes y depresiones

Las salientes se denominan crestas papilares y las depresiones surcos interpapilares. En los bordes superiores o vértices de las crestas papilares se encuentran los poros sudoríparos, por donde secreta un líquido proveniente de las glándulas sudoríparas conocido comúnmente como sudor y es el que forma las huellas latentes invisibles a la vista, pero reveladas con algún reactivo se puede apreciar su figura dactilar.

1.6 DACTILOGRAMA

Por tanto, los dibujos o figuras formadas por las papilas dactilares en los pulpejos de los dedos, reciben el nombre de dactilograma y el profesor Benjamín Martínez los divide en naturales y artificiales. Son naturales las figuras estampadas por la naturaleza en nuestro cuerpo y artificiales las producidas con esas mismas regiones epidérmicas aplicándolas sobre una superficie lisa.

Por lo que dactilograma se define de la siguiente manera:

“Dactilograma es el conjunto de papilas dactilares que forman dibujos caprichosos en las yemas de los dedos y los que al ser apoyados sobre determinados objetos, imprimen sus figuras por medio de la secreción sudorípara o por substancias colorantes.”

Ante tal situación las impresiones latentes reveladas de los dactilogramas o las entintadas, presentan líneas coloreadas que son las crestas dactilares y las líneas claras son los surcos interpapilares o intercrestales.

Entonces como conclusión, lo que produce propiamente la huella dactilar o digital, son las papilas dactilares en cuyos vértices contienen pequeñísimos orificios conocidos como poros

sudoríparos, los cuales secretan constantemente sudor proveniente de las glándulas sudoríparas.

1.7 HUELLA LATENTE

Partiendo de la definición de Frecon, genéricamente se entiende por huella:

“Toda figura, señal o vestigio, producidos sobre una superficie, por contacto suave o violento con una región del cuerpo humano o con un objeto cualquiera, impregnados o no de sustancias colorantes.”

Referente al término latente, Lubian y Arias, dicen:

“Esta palabra se deriva del latín latens y su significado es oculto y escondido; que no se manifiesta exteriormente”

Por lo tanto:

Las huellas latentes son figuras invisibles que se producen al contacto sobre una superficie lisa o pulida por el sudor que emana por los poros sudoríparos de las papilas dactilares.

1.7.1 REVELADO DE HUELLAS LATENTES

Ya se indicó que las huellas latentes son figuras invisibles que se producen sobre una superficie lisa o plana por el sudor o secreción sudorípara que secreta por los poros sudoríparos localizados en los vértices de las crestas dactilares. Se cuenta con varios reactivos para revelar estas figuras dactilares invisibles, de acuerdo con el color del soporte que las contenga y los reactivos más comunes son:

Sobre objetos:

- 1) Para superficies oscuras se usan carbonato de plomo, aluminio, y óxido de zinc.
- 2) Para superficies claras se utilizan el negro de humo y el grafito.
- 3) La sangre de drago se utiliza para superficies como porcelana, plata y cobre o latón.

Procedimiento:

- a) Con una brocha de pelo de camello se esparcen los polvos a una altura entre cinco y diez centímetros sobre la superficie donde se supone que existen algunas huellas dactilares o palmares.
- b) Se pasa cuidadosamente la brocha en varias ocasiones donde se esparcieron los polvos.
- c) Una vez que aparezca la huella dactilar se pasa la brocha delicadamente sobre la figura, siguiendo la trayectoria de los dibujos crestaes, hasta que se observe perfectamente clara la figura o el fragmento de huella dactilar.
- d) Una vez reveladas las huellas latentes con el reactivo correspondiente, deben tomarse *in situ* con la cámara fotográfica *finger print* o con la *reflex* de 135 mm , pero con lentillas de gran acercamiento.
- e) Enseguida, las impresiones dactilares reveladas se levantarán con una sección de diurex, colocándola y presionándola varias veces sobre la figura, cuidando de que no se formen burbujas. Enseguida se levanta el diurex con la figura dactilar y sobre su misma cara se deposita sobre un portaobjetos de cristal u otro cristal semejante y se tendrá a la mano para cualquier ampliación fotográfica y por supuesto, para su cotejo o comparación contra otras huellas testigo.

Sobre papel:

- 1) Las impresiones dactilares sobre papel se revelan con negro de humo o grafito, siguiendo el mismo procedimiento señalado en los incisos de la a) a la e) aunque es prudente mencionar que el papel se mancha.

- 2) También se pueden revelar esparciendo ninhidrina en spray o por medio de un atomizador y una vez seco el papel, se le pasa un foco o una lámpara de luz ultravioleta hasta que aparezca la huella dactilar la cual permanecerá visible indefinidamente.
- 3) Los vapores de yodo sobre papel son poco prácticos y no se recomiendan por ser obsoletos.
- 4) Las huellas latentes sobre diversas superficies también se pueden revelar con yodine, nitrato de plata, etc.

1.7.2 HUELLA DACTILAR POSITIVA

Es la impresión artificial de la figura dactilar de alguno de los dedos de las manos, sobre alguna superficie utilizando siempre alguna sustancia colorante.

Las sustancias colorantes pueden ser: tinta negra para huellas, grasa aceite, sangre, etc.

1.7.3 HUELLA DACTILAR NEGATIVA

Es la impresión artificial de la figura dactilar de alguno de los dedos de las manos, sobre materias blandas pueden ser: mástique fresco, plastilina, arcilla, masa, yeso fresco, pintura fresca, jabón suave, etc.

1.8 PRINCIPIOS DE LA DACTILOSCOPIA

Todos los sistemas dactiloscópicos se basan en tres principios fundamentales , que son: Perennidad, Inmutabilidad y Diversidad. Sin embargo, el doctor Camilo Simonín agrega otros principios como los de individualidad, especificidad, inalterabilidad, posibilidad y facilidad de clasificación.

Perennidad: Son perennes porque las crestas del dibujo dactilar se forman a partir de la sexta semana de vida intrauterina y participan en el crecimiento de la persona hasta su muerte y su putrefacción o momificación.

Inmutabilidad: Son inmutables porque los dibujos dactilares no varían en sus características individuales y porque no les afectan fenómenos patológicos y en caso de desgaste voluntario o involuntario su tejido epidérmico se regenera formando su dibujo original aproximadamente en quince días.

Diversidad: Son diversiformes por el sinnúmero de dibujos caprichosos que adquieren las crestas papilares y por los puntos característicos que se distribuyen particularmente en los dactilogramas, haciéndolos individuales y no habiéndose encontrado hasta la fecha dos huellas iguales.

1.9 REGIONES DE LOS DEDOS Y DE LA PALMA DE LA MANO

Es importante para los estudiosos de la dactiloscopia conocer las regiones de los dedos y de la palma de la mano, con objeto de mejorar el uso de los términos de esta disciplina y para tal efecto se mencionará que para su estudio papilar la mano con los dedos está dividida en once partes principales, vista sobre su región palmar (Figura 1 2)

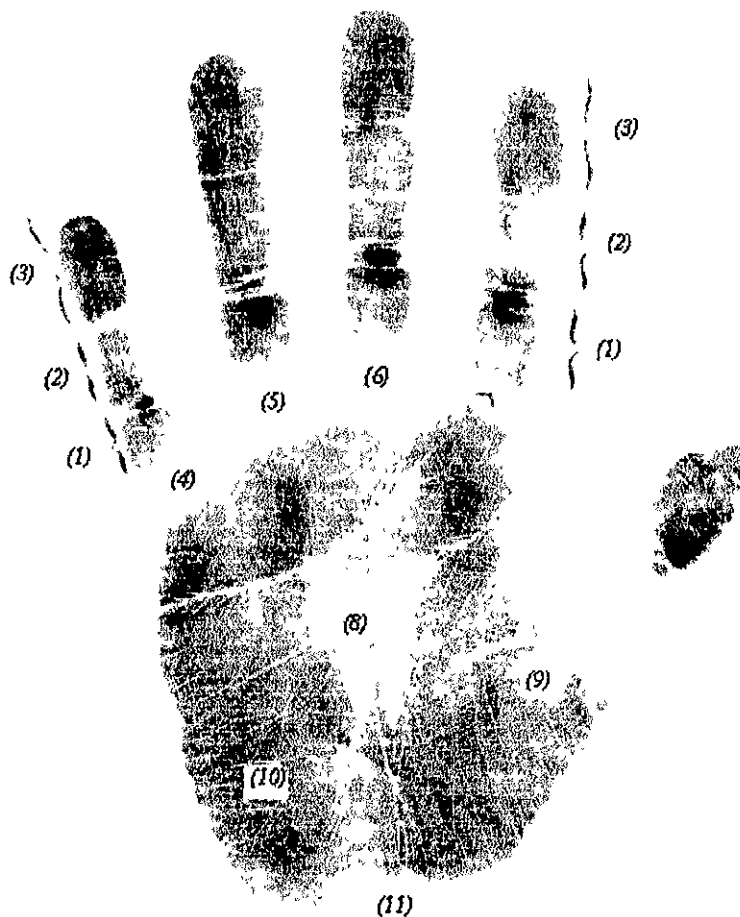
1.10 TIPOS FUNDAMENTALES

Los dactilogramas que se tienen en los pulpejos de los dedos se circunscriben a cuatro tipos fundamentales clasificados por el Prof. Juan Vucetich, como sigue:

ARCO: Se caracteriza porque sus crestas corren de un lado a otro sin regresar y carecen de deltas, puede ser arco normal o piniforme, este último conocido también como en tienda. En los piniformes se puede encontrar en delta falso, pero sin las condiciones propias para hacer variar el tipo arco (Figura 1.3)

PRESILLA INTERNA: Se caracteriza porque las crestas que forman su núcleo nacen a la izquierda, corren un trayecto ala derecha, dan vuelta y regresan al mismo lado de partida. Además, tienen un delta a la derecha del que observa (Figura 1.4).

Figura 1.2 Regiones de los dedos y de la palma de la mano.



NOTA FIGURA 1.2. Sólo se señalan las regiones más importantes para estudios dactilares y palmares.

Las regiones de los dedos se dividen en. 1)Falange o primera falange, 2)Falangina o segunda falange, 3)Falangeta o tercera falange La región palmar de la mano, se divide en. 4)Raíz del meñique, 5)Raíz del anular, 6)Raíz del medio, 7)Raíz del índice, 8)Hueco de la mano, 9)Eminencia tener, 10)Eminencia hipotenar y 11)Talón de la mano.

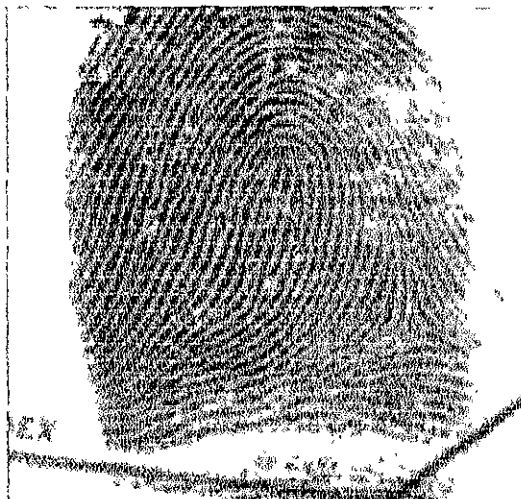
Fuente: Montiel Sosa Juventino, 1990

Figura 1.3 Tipo fundamental ARCO.



Fuente: www.nist.com/arch.html, 1998

Figura 1.4 Tipo fundamental PRESILLA INTERNA.

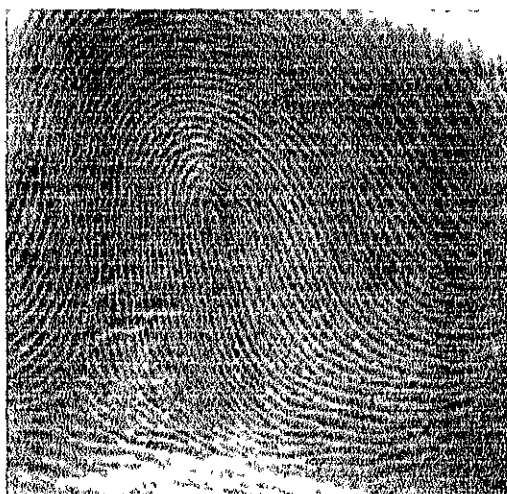


Fuente: www.nist.com/l-loop.html, 1998

PRESILLA EXTERNA: Se caracteriza porque las crestas que forman su núcleo nacen a la derecha, corren un trayecto a la izquierda, dan vuelta y regresan al mismo lado de partida. Además, tienen un delta a la izquierda del que observa (Figura 1.5).

Existen presillas de núcleo simple que pueden confundirse con el tipo arco siendo realmente una presilla que para considerarse como tal, debe tener la cresta central en forma de gasa de cabeza libre y entre las limitantes nuclear y déltica debe tener una cuenta de cuando menos una cresta.

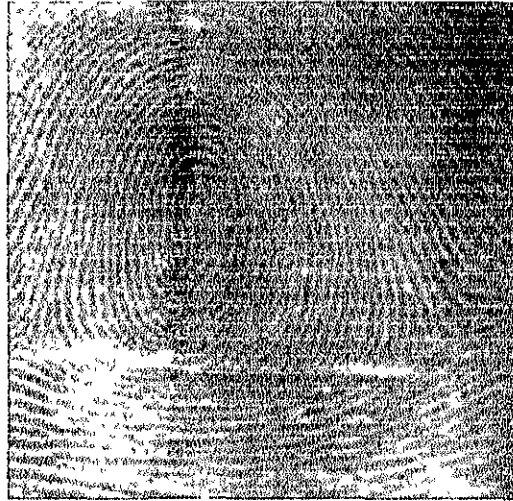
Figura 1.5 Tipo fundamental PRESILLA EXTERNA.



Fuente: www.nist.com/r-loop.html, 1998.

VERTICILO: Se caracteriza porque tiene dos deltas, uno a la derecha y otro a la izquierda del que observa. Su núcleo adopta formas helicoidales, circulares, elípticas, espirales, etc. También con menos frecuencia se encuentran los verticilos con tres deltas, llamados trideltos (Figura 1.6).

Figura 1.6 Tipo fundamental VERTICILO.



Fuente: www.nist.com/whorl.html, 1998

1.11 ESTUDIO ACTUAL DE LAS HUELLAS DIGITALES

En la actualidad, la Dirección de Servicios Periciales de la Procuraduría General de Justicia del Estado de Puebla, en su departamento de Dactiloscopia, se clasifican y realizan búsquedas manuales de huellas digitales, esto comienza desde el momento en que una huella es identificada y levantada del lugar de los hechos, posteriormente se estudia y se clasifica para su posterior búsqueda en el archivo decadactilar (lugar donde se encuentran las diez huellas correspondientes a los dedos de una sola persona, el cual se encuentra clasificado, de acuerdo al tipo de huella, que se mencionó anteriormente), y tomando en consideración que ninguna huella es idéntica se invierte demasiado tiempo al buscar entre varias huellas con la misma clasificación y en la mayoría de las ocasiones no se obtienen resultados en dichas búsquedas.

Un estudio manual minucioso y preciso lleva en promedio de 4 a 5 días de búsqueda, que para emitir un dictamen es demasiado tiempo, si tomamos en consideración que el plazo

legal para inculpar a alguien es de 72 horas, por lo que la mayoría de las veces antes de emitir un juicio justificable, el plazo ya se venció

Por otra parte con lo único que cuenta es un *amplificador de huellas*, y varias lupas de Galton (*artefacto optico similar a una lupa, que contiene una regla para poder contar el número de líneas o pliegues que contiene una huella digital*), que al usarlas provoca cansancio en la vista.

Hoy en día no se cuenta con un método sistematizado para estudiar, reconocer y tratar huellas digitales o fragmentos de ellas, por ser excesivamente costosos, lo cual lo hace inalcanzable en algunas ocasiones al presupuesto de las dependencias nacionales.

CAPITULO 2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Dado el objetivo principal de este trabajo, que es el de verificar la factibilidad del uso de Reconocimiento de patrones en el area de dactiloscopia, se presentan en este capitulo los *conceptos básicos y fundamentales de la Inteligencia Artificial*, su historia y ramas que la comprenden; el procesamiento de imágenes y el reconocimiento de patrones

2.1 EVOLUCION HISTORICA

2.1.1 PREHISTORIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Así como de alguna forma los soportes mecánicos para la automatización de cálculos aritméticos se sitúan en la prehistoria de las computadoras. La prehistoria de la inteligencia artificial abarca desde los primeros tiempos de nuestra civilización hasta mediados del siglo veinte. En este periodo se producen hechos que podemos agrupar en dos líneas. Una de ellas, directamente, directamente relacionada con la construcción de autómatas que simulaban desde el punto de vista externo el comportamiento humano o animal, y que solían funcionar en ayuda de su amo. La otra línea, referente a la *información y automatización del razonamiento lógico y matemático*.

En relación con los autómatas, hace notar Pamela McCorduck que siempre se ha relacionado la inteligencia con los aparatos mecánicos complejos. Los hombres, intuitivamente, han comparado la complejidad del funcionamiento de una máquina con su propia vida mental.

Acaso la primera mención de los autómatas aparezca en la Iliada (canto XVIII, V 368-384 y 410-423), donde se lee que Vulcano fabricaba "veinte trípodes que tenían ruedas de oro para que de su propio impulso pudieran entrar donde los dioses se reunían y volver a casa" y

que era ayudado en su cojera por "dos estatuas de oro semejantes a vivientes jóvenes, pues tenían inteligencia, voz y fuerza".

Por su parte, la tradición judía creó el mito del "golem", figura humanoide hecha de arcilla a la que un rabino podía insuflar vida propia, convirtiéndola en un perfecto criado (que leyendas posteriores, llega a escapar del control de su demiurgo), nótese, sin embargo, que se requería la intervención divina para conseguir estos espectaculares resultados.

Al llegar el racionalista siglo XVIII, el siglo de los autómatas por antonomasia, las cosas fueron muy diferentes. Como es sabido, Descartes había defendido la tesis del "animal-máquina": los seres vivos, salvo el hombre, son meros mecanismos. La Mettrie, en 1747, va más allá con su escandaloso "L'homme machine": también el hombre y su comportamiento inteligente son explicables en términos exclusivamente mecánicos

Ciertamente existían admirables mecanismos en sus días, por ejemplo, los de Jacques de Vaucanson: el flautista (1737) que movía realmente los dedos para producir una melodía, o el pato (1738), capaz de nadar, batir alas, comer y expulsar excrementos simulados. No por casualidad Vaucanson fué, antes que Jacquard, el inventor del telar automático de tarjetas perforadas

El español Torres Quevedo, ya en 1912, construyó también un notable automata para jugar el final del ajedrez de rey y torre contra rey. En 1929 se presentaba en Francia el "Philidog", que seguía el rayo luminoso de una linterna y ladraba si la intensidad luminosa era excesiva. Y como estas podrían citarse docenas de realizaciones sorprendentes

El escritor Capek difunde en 1920 una palabra destinada a tener un gran éxito "robot". En su obra "RUR" aparecen unos seres creados para realizar las tareas que el hombre no quiere hacer, que acaban siendo más poderosos que el mismo hombre, llegando a poner en peligro su existencia.

Sin embargo, hasta la llegada de las computadoras, no dispusieron los científicos y técnicos de una herramienta que permitiera la ejecución de tareas más complejas por parte de dispositivos mecánicos; que hiciera posible, por así decir, la construcción de golems y robots

La segunda línea de las que se mencionaron anteriormente es la automatización del razonamiento. Aquí se encuentra en primer lugar el mallorquín Raimundo Lulio y su "Ars Magna". También Leibniz buscó un álgebra universal que permitiera deducir todas las verdades, y así " si surgieran controversias no habría necesidad de mayor disputa entre dos

filósofos que entre dos contables, pues bastaría que, tomando en sus manos el lápiz, se sentaran frente a sus pizarras y se dijeran: *calculemos*".

Al llegar el siglo XIX, los matemáticos sienten por su parte la necesidad de abandonar la intuición como fundamento de su ciencia y buscar para su razonamiento más sólidas bases. La aparición de las paradojas lleva al desarrollo de los sistemas formales y de la lógica matemática. Las escuelas de Russell o de Hilbert reducen el razonamiento a la *manipulación abstracta de cadenas de símbolos*.

Las teorías de la computabilidad y de los autómatas proporcionaron el vínculo entre la formalización del razonamiento y las máquinas que estaban a punto de surgir tras la Segunda Guerra Mundial. En este ambiente, no es extraño que la aparición de las primeras máquinas electrónicas de *computo fuera seguida inmediatamente* por los intentos de aplicarlas a lo que hoy llamamos Inteligencia Artificial.

Un último elemento importante que se cita en la prehistoria de la disciplina es la cibernética. Los conceptos de realimentación, control, sistemas autoorganizados etc., debidos a Wiener y otros, pusieron énfasis en la conducta global de sistemas "localmente sencillos". La cibernética influyó en muchos campos debido a su naturaleza fundamentalmente interdisciplinar, ligando entre sí la fisiología neuronal (MacCulloch y Pitts), la teoría de la información de Shannon, la lógica matemática y la naciente tecnología informática. De esta forma, las ideas de los creadores de la cibernética llegaron a ser parte del espíritu del tiempo, e *influyeron fuertemente en los primeros investigadores de la Inteligencia Artificial*. Y así se llega a la siguiente etapa.

2.1.2 EL NACIMIENTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Ambiciosos y optimistas se mostraban los pioneros de la Inteligencia Artificial durante los primeros años de la era informática. Pero el fracaso de la mayoría de sus proyectos mostró que los problemas que intentaban resolver eran demasiado complicados, tanto teórica como tecnológicamente. Prueba del optimismo inicial es el artículo de Turing aparecido en 1950 pero basado en ideas elaboradas en años anteriores, desde 1947

En 1950 Alan Turing presentó una comunicación sobre el tema de la Inteligencia Artificial, titulado *Inteligencia y Funcionamiento de Máquinas*. En este trabajo propone un test ("Test de Turing") para determinar cuando una máquina posee Inteligencia Artificial. En un trabajo anterior Turing sugirió que debía simularse el comportamiento del cerebro humano.

Posteriormente, en 1955, fué creado un lenguaje de procesamiento por Allen Newell, J. C. Shaw and Herbert Simon que fué considerado como el primer lenguaje de Inteligencia Artificial; era el IPL-II (Information Processing Language-II).

En el año 1956, la Conferencia de verano sobre Inteligencia Artificial, organizada por J. McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester y Claude Shannon, con el patrocinio de la Fundación Rockefeller, reunió a todos los que trabajaban en el recién estrenado campo de la Inteligencia Artificial. Se discutieron en esta Conferencia la lógica teórica (LT) desarrollada por los autores citados. La LT fué considerada como el primer programa de Inteligencia Artificial y usada para resolver problemas de búsqueda heurística, junto con los principios matemáticos de Whitehead y Russell.

Destaca también que a mediados de los años cincuenta John McCarthy, y posteriormente el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts), diseñaron el lenguaje LISP (LISt Processing).

De todas formas, la Conferencia de Darmouth (1956) acuñaba la expresión "Inteligencia Artificial" y precedía que al cabo de 25 años las computadoras harían todo el trabajo de los seres humanos; y en 1958 Newell y Simon aseguraban que en 1968 una computadora sería campeón mundial de ajedrez y habría demostrado algún teorema importante de las matemáticas.

Por suerte o por desgracia, las cosas no resultaron tan fáciles. Ejemplo de ello es la traducción automática. Los intentos de traducir un texto de un idioma a otro por medio de una máquina se remontan al menos al memorándum que W. Weaver distribuyó en 1949. Durante la década de 1950 este fué el tema de moda: se celebraron congresos, proliferaron los grupos de investigación y en 1954 uno de ellos afirmó haber creado un programa que traducía del ruso al inglés. La verdad es que los resultados prácticos fueron descorazonadamente escasos. El informe ALPAC de 1966 persuadió a las instituciones norteamericanas para dejar de financiar proyectos de traducción automática.

Hacia 1957 Newell, Shaw y Simon comienzan a desarrollar el Resolvente de Problemas Generales (GPS). Este programa aplica técnicas de resolución codificada, para resolver diferentes problemas ambientales.

Otro caso parecido es el de reconocimiento de patrones. En 1958, el malogrado Rosenblat presentó el Perceptron, máquina en red que debía ser capaz de simular la visión humana. Pero en 1969 Minsky y Papert pusieron de manifiesto los límites teóricos de la capacidad de los perceptrones, máquinas demasiado sencillas para la tarea que se les había encomendado

Sin embargo, no todos fueron fracasos. Newell, Shaw y Simon desarrollaron el Logic Theorist; y en 1959 Gelernter escribió su programa para resolver problemas de geometría elemental. Siage comenzaba en el MIT la automatización de la integración simbólica con su programa SAINT, origen de lo que unos años más tarde sería el programa MACSYMA.

Sobre 1959 y después de años de experimentación, Arthur Samuel completó un programa de computadora verificadora de juegos en un trabajo titulado Estudios en máquinas de aprendizaje usando el juego del ajedrez, publicado en el *IBM Journal of Research and Development*.

Un trabajo de Rosenblat describe su máquina de reconocimiento de formas (modelos), el Perceptron, que fue publicado en los Proceedings del "Simposio sobre mecanización del Proceso de Razonamiento" bajo el título Dos teoremas de separabilidad estadística en el Perceptron (1959).

En 1960. Los investigadores del MIT comienzan un proyecto sobre Inteligencia Artificial bajo la dirección de John McCarthy y Marvin Minsky.

Por supuesto que la fe en las posibilidades de la "computadora pensante" no era compartida por todos. J.R. Lucas (en 1961), planteó una objeción bastante sensata: "si el teorema de Gödel afirma que existen proposiciones formalmente indemostrables en la aritmética, ¿cómo puede pretenderse que una máquina, que es una materialización de un sistema formal, iguale el funcionamiento de la mente humana, capaz de ver que la fórmula de Gödel es verdadera?"

De todas formas, el resultado más espectacular de este periodo fue el programa de Samuel para jugar a las damas, que se presentó en 1961 y era capaz de aprender de su

experiencia, es decir, tener en cuenta sus errores y éxitos pasados, para determinar sus jugadas en una partida posterior

Aunque sin relación directa con la IA, la publicación por N. Chomsky de sus teorías generativas del lenguaje tuvo gran importancia en el campo de la comprensión del lenguaje natural.

2.1.3 LOS AÑOS DIFÍCILES

Tales habían sido las expectativas levantadas por la IA, y tantos sus fracasos, que el desánimo sucedió al optimismo inicial. El mundo exterior se desentendió de los trabajos de investigación, y la financiación de muchos proyectos se volvió problemática, tanto en América como en Europa. No obstante, la IA se fué consolidando y, aprendiendo de sus fracasos, buscó nuevos enfoques para los viejos problemas.

Bajo la dirección de E.A. Feigenbaum y J. Feldman se publicó en 1963 la tesis doctoral de D.G. Bobrow sobre su sistema STUDENT, que es un programa de lenguaje natural que comprende y resuelve problemas elevados de álgebra

Posteriormente (en 1965), la Universidad de Stanford empezó a investigar sobre sistemas expertos con su Proyecto de Investigación Heurística (HPP), dentro de los laboratorios del Departamento de Ciencia de Computadoras de dicha Universidad. Actualmente, el HPP forma parte del Laboratorio de Sistemas de Conocimiento cuyo investigador principal es E.A. Feigenbaum. En este año se comienzan también los trabajos de investigación sobre el primer sistema experto el DENDRAL, desarrollado también en la Universidad de Stanford por un grupo en el que estaba J. Lenderberg, E.A. Feigenbaum, B G. Buchanan y otros. DENDRAL analiza información sobre componentes químicos para determinar su estructura

Es el 1966 cuando se publica, en Comunicaciones de la Asociación para Máquinas Calculadoras un programa de computadora para el estudio de comunicación hombre-máquina mediante el lenguaje natural interactivo, ELIZA, que fué creado por Weizenbaum como programa de psicología que simula las respuestas de un terapeuta en el dialogo interactivo con un paciente.

La polémica sobre la IA y sus posibilidades tuvo uno de sus episodios más curiosos, protagonizado por el profesor Weizenbaum, pues su programa ELIZA era un simulador sorprendentemente efectivo y sencillo de un "psicoterapeuta no directivo". Las personas que dialogaban con ELIZA creían que hablaban con un psicólogo auténtico. De ahí surgió la idea de usar programas de computadora para el diagnóstico y la terapia de los trastornos psíquicos

Weizenbaum "se horrorizó" de tal sugerencia y escribió un alegato en contra de estos usos de las computadoras. Básicamente, la cuestión que planteó Weizenbaum es para qué debe usarse una computadora, independientemente de los que parezca que puede hacer.

También en el año 1966 R.D. Greenblat empieza a desarrollar una computadora para jugar al ajedrez, capaz de competir con éxito en torneos. fué bautizado como: programa de ajedrez de Greenblat , por los Proceedings de la Conferencia de la AFIPS

Entre 1968 y 1972 se construyó por la SRI Internacional un robot móvil , SHAKEY, capaz de recibir instrucciones y planear acciones inteligentes para realizar tareas. También en el año 1968 M. Minsky publicó el Procesamiento de información semántica En uno de los programas descritos en el libro se contestan preguntas sobre analogías geométricas desde un test IQ.

Fue a partir de 1969 cuando se produjo la " institucionalización" de la comunidad científica que trabajaba en la IA, al tener lugar el Primer Congreso Internacional de Inteligencia Artificial; de este modo las comunicaciones antes dispersas por los Congresos de Informática, Lingüística, etc., pudieron presentarse en conjunto ante un auditorio más homogéneo. Y, así en 1970 apareció el primer número de la revista "Inteligencia Artificial", que desde entonces publica trabajos acerca de las más destacadas investigaciones en curso. ¿ En que consistió este nuevo enfoque?. Dicho brevemente, el énfasis se traslado de las reglas y procedimientos generales de deducción a la acumulación de conocimientos concretos acerca de un campo bien delimitado de la realidad Una muestra de ello tenemos en el celebre programa SHRDLU de Terry Winograd, presentado al comienzo de este periodo, y que era parte de un proyecto de comprensión de lenguaje natural capaz de comprender y ejecutar correctamente ordenes dadas en inglés acerca de un "mundo de bloques". Ello era posible porque el programa tenia todos los conocimientos necesarios acerca de su limitado y simplificado mundo.

Por otra parte , aparecieron los primeros sistemas expertos, como el MYCIN o el PROSPECTOR. Los sistemas expertos alcanzaron una sorprendente efectividad a la hora de

responder complicadas cuestiones de diagnóstico médico o prospección minera. Esto se conseguía limitando el razonamiento a un ámbito restringido del mundo real, acumulando en el programa una gran cantidad de conocimientos. En esta época, una de las principales actividades fué el diseño de sistemas expertos. La llamada ingeniería del conocimiento fué acumulando nuevas técnicas y herramientas para la representación, recolección y empleo de conocimiento experto en un campo dado.

En 1970, P.H. Winston publicó una tesis doctoral "Descripciones de ejemplos de aprendizaje estructural", que describe un programa ARCHES, que aprende ejemplos

En este año también el proyecto de IA MIT, se convierte en el Laboratorio de IA del mismo bajo la dirección de M. Minsky y S. Papert. Los trabajos hasta 1973, tuvieron como herramientas básicas de trabajo los conceptos de tiempo compartido en computadoras y procesamiento de palabras. La investigación más normal incluye: *visión con computadora*, todas las áreas de la robótica, sistemas expertos, lenguaje natural y arquitectura de computadoras

El mismo año, y en la Universidad Pittsburgh, J.D. Myers y H.E. Pople, empiezan a trabajar sobre un sistema, INTERNIST, para ayudar a los médicos en el diagnóstico de las enfermedades humanas. De la misma forma, Alain Colmerauer y sus colegas empiezan el desarrollo del lenguaje de programación PROLOG. Lo mismo sucede en Edimburgo, Londres y Budapest. También Terry Winograd desarrolla su tesis doctoral que responde preguntas y proyecta acciones.

En el año 1971, y en la Compañía Internacional SRI, M. Nilsson y R. Fikes completan sus trabajos sobre el STRIPS, que planifica proyectos mediante secuencia de operadores. También en este año empezó a usarse el programa MACSYMA, después de haber sido desarrollado durante más de una década en el MIT por W. Martin y J. Moses, basado en trabajos anteriores de C. Engreman y los anteriores. El programa realiza cálculos integro-diferenciales y simplifica expresiones simbólicas. Las entradas y salidas son simbólicas y el programa es una base de conocimientos usado ampliamente por matemáticos, investigadores, físicos e ingenieros.

Entre 1971 y 1976 la Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados para la Defensa de los Estados Unidos (DARPA) financió las investigaciones relacionadas con la capacidad de comprensión del lenguaje dentro del Programa de Investigación para

Comprensión del Lenguaje (SUR), algunos de los programas resultantes fueron: SPEECHLIS, HWIN, HEARSAY1 y 2, DRAGON y HARPY

Hacia 1972, W. Woods (en B. Beranek inc) desarrolló un sistema de recuperación de la información para un sistema gramatical del lenguaje natural (lunar), que usaron los geólogos para evaluar los materiales traídos de la luna por la misión APOLO11

En 1973, se construyó una comunidad de investigación soportada por el Instituto Nacional de Salud, la SUMEXAIM (proyecto experimental de IA en medicina con computadora de la Universidad Médica de Stanford), para el desarrollo de técnicas de IA que fuesen usadas posteriormente por médicos, bioquímicos, e ingenieros.

En ese año también se publicó en psicología cognoscitiva el trabajo Dependencia Conceptual: una teoría para comprensión del lenguaje conceptual, cuyos autores R C Schank (y otros del laboratorio de IA de la universidad de Stanford) usan un programa de comprensión de lenguaje natural, MARGIE, que hace inferencias y genera paráfrasis. Así mismo, se publicó el trabajo Modelos de Razonamiento y Lenguaje con computadora de R C Schank y K M Kolby así como el titulado Clasificación de Modelos y Análisis de Escenas por R.O Duda y P.E. Hart.

A mediados de los años 70's H.E. Schortliffe desarrolló dentro de la SUMMEX-AIM, la versión inicial del MYSIN, cuyos conocimientos médicos están codificados según reglas.

En 1975, DARPA financió la investigación en visión artificial a través del Programa de Comprensión de Imagen, que incluye un desarrollo de la teoría de la visión y del Hardware para el procesado de imágenes. Bajo estas premisas se desarrolló el sistema ACRONYM. También este año se publicó la colección "La Psicología de la Visión con computadora", y dentro de ella "Una base para Representación del Conocimiento", que discute la utilidad de las estructuras en rejillas para organizar el conocimiento en sistemas y que incluyen el lenguaje natural y visión. También se cita el trabajo "Comprendiendo las líneas sacadas de escenas con sombras", que discute una nueva forma para usar los límites sombreados para interpretar imágenes visuales.

El mismo año, R.C. Schank y R. Abelson en YALE publican un trabajo en el que se describe un programa (SAM) que añade el uso de escritura a las representaciones de dependencia conceptual También en ese año se publicó el libro Representación e Inteligencia

de D.G. Bobrow y A. Collins que incluye trabajos importantes sobre representación del conocimiento

H.L. Dreyfus lanzó ataques contra la IA desde otro punto de vista. Basándose en la introspección, afirmó que ciertos aspectos del pensamiento humano son esencialmente inimitables por parte de las computadoras, dando varias razones de apoyo a esta tesis: De una parte, las computadoras son máquinas discretas, mientras que el pensamiento aparece en nuestra introspección como continuo; además, las computadoras carecen de "Corporeidad", por lo que no pueden relacionarse como nosotros con el espacio físico; por último, las computadoras no comparten nuestras experiencias, nuestro contexto humano, por lo que no pueden ser como los seres humanos. Como dijo Wittgenstein, "Si un león pudiera hablar no lo entenderíamos"

En cualquier caso, las controversias no desanimaron a los investigadores, que empezaban a alcanzar resultados tangibles. En esto les ayudaba grandemente el acelerado progreso del soporte material, con la aparición de la integración de los circuitos y el aumento consiguiente de capacidad y potencia de cálculo.

2.1.4 EL DESARROLLO ACTUAL

Las instituciones públicas y los gobiernos percibieron los grandes adelantos que calladamente, había realizado la IA en el decenio de los años 70's. Las empresas y organizaciones se vieron seducidas por las posibilidades que los sistemas expertos y la "Ingeniería del Conocimiento" tenían para aumentar su eficiencia: el siempre citado caso del yacimiento de molibdeno descubierto por PROSPECTOR

Por todo ello, la IA volvió a ser tema de moda, y el impulso definitivo vino de Japón. En 1979, el Ministerio de Industria y Comercio Internacional de Japón (que es mucho más de lo que su nombre da a entender) decidió desarrollar una nueva generación de computadoras que cumplieran las necesidades previsibles para la década de los 90's. Aquel mismo año se creó un grupo de trabajo para estudiar la cuestión. En 1981 se publicaba el informe elaborado con las contribuciones de unas 150 personas, aprobando el gobierno japonés los créditos presupuestarios para lo que se llamó el Proyecto de la Quinta Generación de Computadoras.

Paralelamente, en 1980, la firma DEC hace operativo el primer sistema experto, el XCON, usado dianamente en ambientes comerciales. El prototipo fué desarrollado bajo la dirección de J.Mc Dermott de la universidad Carnegie Mellon .

En noviembre del 1984 se celebró una conferencia internacional sobre la quinta generación. Sus actas muestran los resultados conseguidos hasta ahora por el proyecto, las dificultades y los próximos pasos que se darán. El Pentágono siempre ha sido un tenaz partidario de la IA y de la colaboración con las empresas y Laboratorios Universitarios de IA.

2.2 SISTEMAS DE ANALISIS-INTERPRETACION

El estudio de escenas complejas, por ejemplo, escenas al aire libre de un paisaje o imágenes captadas por un satélite de una zona de la corteza terrestre (para estudios geológicos, contaminación, meteorología, etc.), lleva consigo un gran desconocimiento del tipo de objetos que pueden presentarse, por lo que los sistemas mencionados anteriormente no son utilizables. Los problemas típicos de estas escenas vienen de los objetos presentes pero desconocidos por el sistema, de la ocultación de los mismos por otros objetos, o por su posición espacial de la escena. Además, ciertas características cambian con la época del año o con la iluminación ; así, los árboles están sin hojas en el invierno y el color de una pared es diferente en función de la posición del sol.

Para identificar los objetos de estas escenas es necesario utilizar técnicas más potentes que las de clasificación, ya que hay que interpretar parte de la información, es decir, hay que hacer hipótesis sobre el tipo de objetos y verificar si se cumplen. Por ejemplo para reconocer una carretera, el conocimiento geométrico de la forma de una carretera y su color no es suficiente para su reconocimiento, entre otras razones porque el trazado puede ser de cualquier tipo y el color puede cambiar. Para identificarla necesitamos además saber que al lado de una casa suele haber una carretera y que en los bordes de las carreteras suele encontrarse hierba.

El ejemplo descrito sugiere que en la interpretación es necesario dotar al sistema de razonamiento con diversas fuentes de conocimiento entre las que destacan el conocimiento geométrico, físico, del contexto y del dominio del problema.

Por otro lado, la utilización de una estrategia ascendente como único camino para la interpretación no es suficiente y hay que recurrir a otros procedimientos. Normalmente se han utilizado tres tipos de estrategias generales a parte de la comentada, que se denominan descendente, heterárquica y de pizarra. A la primera de ellas también se le conoce como guiada por el objetivo, es decir que se hace la hipótesis de un objeto, de sus características, y se tratan de verificarlas con las obtenidas de otra imagen. La segunda utiliza a la vez una estructura ascendente y otra descendente que interaccionan a diferentes niveles, como ya veremos más tarde con el sistema ACRONYM. Finalmente la tercera se apoya en una serie de especialistas que estudian la escena según sus puntos de vista; por ejemplo hay especialistas de reconocimiento de árboles o de carreteras, los cuales envían sus interpretaciones parciales a una pizarra controlada por un supervisor, el cual decide el camino a seguir en función de la información recibida. Una aplicación de esta estrategia se verá en la descripción del sistema VISIONS.

Un importante aspecto a destacar en escenas generales es que los objetos pueden presentarse en cualquier orientación y estar parcialmente ocultos. Ello hace que no se pueda proceder en una segmentación directa donde se haga uso de métodos simplificativos, a no ser que se conozca a priori el tipo de objeto a identificar, es decir, no se pueden aislar objetos y utilizarlos como hipótesis inicial, ya que puede ser demasiado prematuro y suele conducir a interpretaciones erróneas. Normalmente, en estos sistemas se trata de hacer segmentaciones que extraigan medidas independientes del dominio, de la perspectiva y de los objetos, por ejemplo encontrar rectas o regiones con el mismo color e intensidad. Después, en la interpretación se irá completando la segmentación usando la información de los objetos.

A continuación se presentan algunos sistemas de visión que siguen los tres tipos de estrategias generales comentadas y que parte de representaciones diferentes. Estos sistemas son experimentales es decir, están evolucionando, y de momento están dirigidos a la interpretación de escenas y un dominio muy concreto.

2.2.1 ACRONYM

Este sistema fue diseñado en la Universidad de Stanford, para interpretar escenas generales con objetos distinguibles a partir únicamente de la información de los contornos del modelo 3D. Es decir, no utiliza las características de las superficies, ni los datos de profundidad y usa poca información del contexto. El sistema conoce a priori los objetos que debe identificar en la escena y toda su estrategia está fundamentada en este hecho. Sus principales aplicaciones han sido en la interpretación de escenas de aeropuertos, a partir de fotografías aéreas, y en la interpretación de escenas típicas de procesos de montaje automático de piezas.

El ACRONYM es un sistema independiente del dominio, es decir, la descripción de los objetos no depende del tipo de problema que se está analizando. Por otro lado, parte de una imagen 2D, con lo cual no usa ningún método directo de obtención de la profundidad de la escena, aunque sí utiliza estos datos en la interpretación. Para ello requiere inferir información 3D a partir de los datos de la escena y de los objetos conocidos a priori.

Su estructura consta de cuatro partes: modelado, predicción, descripción e interpretación. La estrategia general de funcionamiento es de tipo heterárquico, aunque la parte ascendente sólo incluye el proceso de segmentación que está dirigido por los datos de la escena. Su sistema de actuación es el siguiente. Una vez adquirida la imagen, se aplica un procedimiento de detección de bordes y, a continuación, un seguidor de líneas que sólo cierra contornos si se cumplen una serie de requerimientos. A partir de aquí, el sistema es guiado por los modelos de referencia que se supone que existen en la escena, de esta forma, el sistema trata de no comprometerse en los primeros estados de la interpretación que podrían conducirle a conclusiones erróneas.

La siguiente fase la dirige el módulo de predicción, el cual extrae de los modelos las características que espera encontrar en la escena en función de los parámetros de los dispositivos de partida. A su vez, este módulo predice cómo habrán de ser buscadas estas características en la escena, cómo deben de ser filtradas y qué medidas han de utilizarse para deducir la información 3D de los objetos. Con esta información y usando un módulo de búsqueda de coincidencias, se reducen los contornos candidatos a aquellos que cumplen los requisitos impuestos. En esta fase, se parte de la base que los modelos geométricos han sido

descritos por conos generalizados (método de descripción de volúmenes que se basa en representar cualquier sólido como la composición de formas cónicas y cilíndricas), los cuales tienen la particularidad de que sus perspectivas 2D no son más que cintas y elipses. Esta simplificación reduce la fase de predicción y de búsqueda de coincidencias, ya que las superficies a encontrar sólo pueden ser cintas o elipses en la imagen. Estas dos fases aplicadas al resultado de la segmentación inicial generan el grafo de la imagen.

A continuación se pasa a la fase de interpretación, la cual trata de encontrar los isomorfismos entre los grafos generados por el módulo de predicción y los del grafo de la imagen. En este módulo no sólo es necesario que las características de la imagen y las relaciones entre los objetos coincidan con las predichas, sino que todas las restricciones localmente generadas (por ejemplo, que se interprete de forma diferente una ala de un avión de la otra ala) deben ser consistentes con la interpretación. Esto permite que las partes parcialmente ocultas o los fallos cometidos en el proceso descriptivo no den lugar a las interpretaciones erróneas.

Todo el procedimiento descrito se basa en un tipo de representación en forma de marcos (*frames*), que describe al objeto de mayor a menor abstracción. Esta representación es independiente del contexto, agrupa a los objetos según clases, los define geométricamente como estructura 3D y está preparada para que se pueda razonar a través de ella. La base de este último aspecto está en que los modelos vienen descritos por conos generalizados con sus parámetros, y que algunos de los condicionantes entre partes de los objetos vienen especificados por desigualdades algebraicas no lineales.

La descripción de los objetos permite que en cada fase, excepto en la de descripción, se pueda utilizar el razonador geométrico, que actúa con los productos de transformadas de coordenadas, y el razonador algebraico, que tiene en consideración las desigualdades algebraicas y los límites trigonométricos. También en el módulo de predicción se usan los razonadores geométrico y algebraico, para el cálculo de las características invariantes al punto y la distancia de observación.

2.2.2 ALVEN

ALVEN es un sistema experto de visión, concebido para estudiar metodologías de interpretación de escenas en movimiento, en donde exista abundante información del contexto. Una de sus primeras aplicaciones ha sido el análisis del ventrículo izquierdo del corazón de personas a las que se les ha realizado una operación quirúrgica. El sistema parte de una secuencia de imágenes tomadas del paciente por rayos X, al que se le han incorporado nueve marcadores para poder visualizar el movimiento del corazón y dos pinzas en la aorta, como puntos de referencia.

El sistema se basa en una red semántica, Procedural Semantic Networks (PSN), desarrollada en la Universidad de Toronto. En ella se representan los diferentes conceptos y conocimientos, y sus relaciones. La estructura básica de la base de conocimientos la forman los sucesos (secuencia de hechos en el dominio del tiempo), los cuales están relacionados entre sí por cuatro tipos de conexiones: "is - a", "similitud", "parte de" y "precedencia temporal". A través de ellos se realiza el razonamiento mediante una estrategia de tipo descendente, es decir, que las metas parciales van guiando la búsqueda en la red. La estructura de control se basa en dos paradigmas, que van actuando según el tipo y la situación de la red; estos paradigmas son: (1) competición y cooperación entre hipótesis y (2) hipótesis - verificación. El reconocimiento actúa a través de cuatro tipos de conexiones: si la relación es "is - a", el reconocimiento va de general a específico, si la relación es "parte de", va de sucesos primitivos a agregados; si es de "similitud", va a través de sucesos mutuamente exclusivos, y si es de "precedencia en el tiempo" el reconocimiento va hacia adelante.

Una secuencia normal de funcionamiento es la siguiente. Una vez adquiridas las imágenes, se realiza un proceso de segmentación guiado por las nueve marcas y por los límites de las pinzas. De este proceso se extraen datos estáticos y dinámicos de la secuencia, por ejemplo, volúmenes y velocidades. En este momento el sistema es capaz de realizar las primeras hipótesis que después irá verificando a lo largo del proceso global (hipótesis - verificación). Estas hipótesis incluyen datos para predecir el tipo de información que se espera de la secuencia, y están ordenadas según factores de certidumbre. Los factores de certidumbre se actualizan por medio de un procedimiento de relajación y de aquí se obtienen las hipótesis

que son competidores y las que son complementarias. Aquellas hipótesis con mayor grado de certidumbre son las que se usan para predecir las características y los condicionantes que se esperan en la siguiente imagen. Si los datos obtenidos de la predicción no coinciden con los de la imagen, se usa la relación "is - a" para generalizar las hipótesis de movimiento. De esta forma se va construyendo el espacio de búsqueda hasta hallar la solución.

La base de conocimientos de este sistema debe tener en cuenta sucesos temporales, tales como cambios en las relaciones entre el sujeto de un suceso y otro suceso, las diferencias temporales entre clases de sucesos, o los inicios y fines de estados. Además requiere información cualitativa y cuantitativa, ya que trabaja con señales reales, y, asimismo, debe incluir diferentes niveles de abstracción. Para ello su estructura está formada por diferentes módulos

El primero lo integran los sucesos que vienen representados por marcos cuyos registros (*slots*) son los componentes semánticos de los sucesos, por ejemplo, los cambios de volumen y las condiciones impuestas a esta información. A cada uno de estos condicionantes se le asocian valores por defecto, que sirven para guiar la búsqueda cuando no hay coincidencia entre el valor esperado y el encontrado. Uno de estos registros es el de precedencia temporal y es el que relaciona el suceso con el tiempo

Las relaciones entre sucesos, pueden ser de cuatro tipos. Las "is - a" y "parte de" son usadas para representar niveles de abstracción. La precedencia temporal representa los intervalos de tiempo de cada suceso y está constituido por un marco cuyos registros son el inicio del suceso, el final y la duración. El componente de duración se usa cuando se desconoce el inicio y el final de un suceso, pero se tiene una noción aproximada del intervalo. La relación de "similitud" sirve fundamentalmente para guiar el reconocimiento ya que permite conectar clases de sucesos por sus patrones de diferencias temporales y por patrones de similitud, y se utilizan como mecanismo de disparo en situaciones de excepción.

Otro tipo de conocimientos son los relacionados con el movimiento. ALVEN incorpora 80 conceptos de movimientos generales que incluyen diversos tipos de traslaciones, rotaciones y cambios de área en 2D. Finalmente, hay una base de conocimientos general integrada por los términos estándar utilizados en cardiología, las normalidades y las anormalidades. En total la base de conocimientos contiene alrededor de 450 marcos.

2.2.3 VISIONS

Es un sistema de interpretación general de escenas de paisajes, basado en una estructura de pizarra. Su meta es interpretar cualquier tipo de escena partiendo de una imagen en color, de información que relaciona los objetos y elementos de la escena, así como información propia de cada objeto. Únicamente se basa en datos 2D y no hace uso de la profundidad. Este sistema está desarrollándose en la Universidad de Massachusetts desde hace más de 10 años y está en constante renovación

El sistema VISIONS está constituido por dos procesos que trabajan de forma cooperativa. El primer proceso segmenta la imagen obteniendo contornos y regiones, y crea una abstracción de la escena. Estos datos constituyen el nivel de representación de base de la escena. El segundo proceso es el de interpretación; en él se asocian las representaciones de base con las de los objetos a través de estructuras simbólicas. El sistema funciona por medio de dos estrategias: una de hipótesis - verificación y otra de profundización en aspectos específicos de la escena, creando interpretaciones intermedias hasta llegar a la final. Gracias a la estrategia de profundización, el sistema VISIONS reduce enormemente la búsqueda, concentrándose solamente en aquellas hipótesis que lo merezcan y obteniendo de ellas la máxima información.

La primera interpretación la hace usando técnicas de etiquetado, o por medio de interpretaciones parciales hechas a priori. Con esta información, se asocian los objetos y elementos de la escena a las interpretaciones parciales obtenidas. A cada interpretación parcial de los objetos de la escena se le asocia un módulo llamado "schema". Este módulo contiene información propia del objeto y las instrucciones de control para realizar el reconocimiento, es decir, cada *schema* es un sistema autónomo capaz de hacer sus propias interpretaciones parciales, construyendo a su vez la descripción simbólica asociada al *schema*. De esta forma se va realizando el proceso de interpretación hasta el final.

La interacción entre las etapas de interpretación depende de los tipos de información disponible. Cuando hay poca información sobre la escena o los objetos, sobre todo en las fases iniciales de interpretación, los dos componentes operan según una estrategia ascendente, es decir, la etapa inicial depende de las descripciones producidas por los procesos de

segmentación. Una vez se dispone de una primera segmentación de la imagen, se empieza la comunicación entre los dos procesos y el interpretador comienza a guiar el proceso de segmentación. A medida que se van creando interpretaciones parciales el interpretador profundiza en el conocimiento que dispone de la escena, controlando la segmentación y la construcción de nuevas abstracciones. Este proceso continúa hasta llegar a la interpretación final de la escena.

Para que sea operativo el sistema, la memoria de trabajo está dividida en dos: una memoria a corto término (short term memory — STM —) y una memoria a largo término (long term memory — LTM —). La primera memoria contiene los datos de la imagen obtenidos por los procesos de segmentación y de abstracción de la imagen, y en ella se van generando los modelos intermedios de interpretación. En la otra memoria se generan las referencias de los objetos que se van a reconocer, siguiendo una jerarquía descendente que va desde el *schema* hasta los vértices de las superficies de cada objeto. El interpretador en cada momento, tanto sea a través de los *schemas* o en el proceso general, utiliza la información de ambas memorias para obtener las descripciones parciales.

2.3 RECONOCIMIENTO DE PATRONES

2.3.1 CONCEPTOS BASICOS DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES

El reconocimiento es considerado como un atributo básico del ser humano. Un patrón es la descripción de un objeto. Nosotros reconocemos algo en cada instante de nuestras vidas. Reconocemos los objetos alrededor de nosotros, nos movemos y actuamos en relación a ellos. Podemos encontrar un amigo y reconocer lo que él dice; podemos reconocer su voz, podemos leer lo que escribe y analizar sus huellas digitales; podemos distinguir su sonrisa y sus gestos. Un ser humano es un sistema de información muy sofisticado, particularmente porque él posee una capacidad de reconocimiento de patrones muy superior.

De acuerdo a la naturaleza de los patrones que serán reconocidos, podemos dividir nuestros actos de reconocimiento en dos tipos: el reconocimiento de elementos concretos y el reconocimiento de elementos abstractos. Nosotros reconocemos caracteres, imágenes, música

y los objetos de nuestro alrededor. Esto puede ser referente al reconocimiento sensorial el cual incluye reconocimiento de patrones visuales y auditivos. Este proceso de reconocimiento involucra la clasificación e identificación de patrones espaciales y temporales. Del otro lado podemos reconocer un viejo argumento, o una solución para un problema, con nuestro ojos y oídos cerrados. Este proceso involucra el reconocimiento de elementos abstractos y puede ser nombrado reconocimiento conceptual, en contraste al reconocimiento de patrones visual y auditivo.

El reconocimiento de patrones concretos por humanos pueden ser considerados como un problema psicofisiológico el cual involucra una relación entre una persona y un estímulo físico. Cuando una persona percibe un patrón, esta persona hace una inferencia inductiva y asocia esta percepción con algunos conceptos generales los cuales se han derivado de su experiencia pasada.

El reconocimiento humano es en realidad una pregunta de estimación relativa a que la entrada de datos puede estar asociada con un conjunto de población estadística la cual depende de nuestras experiencias pasadas y el cual forman las reglas y la información a priori para el reconocimiento. El problema del reconocimiento de patrones puede estar en la entrada de datos, no entre patrones individuales pero sí entre poblaciones, vía la búsqueda de atributos invariables de los miembros de una población.

Los estudios de los problemas del reconocimiento de patrones están lógicamente divididos en dos categorías:

1. Estudio de la capacidad humana del reconocimiento de patrones
2. El desarrollo de teoría y técnicas para el desarrollo capaz de mejorar las tareas de reconocimiento para aplicaciones específicas

El primer punto se refiere a disciplinas como psicología, fisiología y biología. El segundo punto hace referencia a ingeniería en computación, y ciencias de la información.

En lenguaje simple, el reconocimiento de patrones puede ser definido como la categorización de entrada de datos en clases identificables vía la extracción de atributos del dato de un fondo de detalles irrelevantes. La entrada de datos recibida está en forma de

mapas. El sistema interpreta esos mapas extrayendo puntos significativos y hace un estudio basado en esos puntos. Un sistema de reconocimiento de caracteres es un sistema de reconocimiento de patrones el cual recibe señales ópticas como entrada de datos e identifica el nombre del carácter.

El reconocimiento de patrones abarca muchas disciplinas científicas en búsqueda de una solución a los problemas que padecen a través de clases de patrones. Una clase de patrón es una categoría determinada por algunos atributos comúnmente dados. Un patrón es la descripción de cualquier miembro de una categorización representando una clase de patrón. La lectura y procesamiento de cheques cancelados ejemplifica un problema de reconocimiento de patrones. Dichas tareas pueden ser un ejemplo de un problema de reconocimiento como lo es la detección del sonido de un submarino en la mitad de algunas señales marinas y del ruido a través del análisis del sonido subacuático.

Una solución obvia para el problema del reconocimiento de patrones es aplicar un número de exámenes simples sobre la entrada individual de patrones en orden a extraer las características de cada clase de patrón, tales exámenes serán suficientes para distinguir entre las entradas de patrones permisibles en razón a las diferentes clases.

2.3.2 CONCEPTOS DE DISEÑO Y METODOLOGIAS.

Los conceptos de diseño para el reconocimiento de patrones automático están motivados por la manera en las cuales las clases de patrón están caracterizadas y definidas. Cuando una clase de patrones está caracterizada por sus miembros, el diseño de un sistema de reconocimiento de patrones estará basado en el concepto del mismo miembro. Cuando una clase de patrón está caracterizada por propiedades comunes, el diseño puede estar basado en un concepto común. Hay tres conceptos de diseño los cuales son.

1. MEMBER SHIP-ROSTER CONCEPT
 2. COMMON PROPERTY CONCEPT
 3. CLUSTERING CONCEPT
- a) Método heurístico

- b) Método matemático
- c) Método lingüístico (sintáctico).

2.4 RECONOCIMIENTO DE HUELLAS DIGITALES

Las agencias de gobierno mantienen archivos de más de 200 millones de huellas. La división de identificación de la FBI, por ejemplo opera el archivo más grande de huellas en el mundo – más de 160 millones de huellas - . Esta división recibe alrededor de 30 mil búsquedas diariamente Para realizar este trabajo se requieren 1400 técnicos que ejecutan la meticulosa tarea de clasificación y búsqueda de algún tipo de huella.

El FBI ha estado interesado por varios años en el desarrollo de sistemas automáticos para identificar huellas. Un ejemplo es el prototipo llamado FINDER, desarrollado por la corporación CALSPAN para la FBI. Este sistema automáticamente detecta y localiza características únicas de la huella. El sistema lee esas características tales como arcos, presillas o verticilos usados en la clasificación primaria

El sistema FINDER opera de la siguiente manera: el operador carga una tarjeta donde se encuentran las huellas en el lector automático el cual se mueve y se posiciona bajo el scanner. Cada huella es digitalizada dentro de una matriz de 750 X 750 puntos donde cada punto contiene una escala de 16 colores de gris. El dato del scanner pasa por un filtro a una velocidad muy rápida se procesan en un algoritmo paralelo bidimensional que secuencialmente examina cada punto de la matriz La salida del algoritmo es una imagen binaria. Este algoritmo registra las direcciones de cada punto en la huella para procesamientos subsecuentes.

2.4.1 RECONOCIMIENTO DE PATRONES PARA LA IDENTIFICACION DE HUELLAS DIGITALES

Los sistemas que usan técnicas de Reconocimiento de Patrones están revolucionando las técnicas de detección de huellas digitales de las agencias ejecutoras de la ley. Un software llamado Sistema Automatizado de Identificación de Huellas Digitales (AFIS) desarrollado por

NEC de Japón capacita a las agencias a lo largo de los Estados Unidos para identificar rápidamente a sospechosos por sus huellas digitales o por pequeños fragmentos de ellas, mediante la confrontación de las huellas digitales, con las impresiones almacenadas de cientos de miles de hombres y mujeres que han sido arrestados con anterioridad. Un reporte de estadísticas de Justicia de los Estados Unidos en 1994 establece: "AFIS ha tenido un gran impacto en el desarrollo tecnológico de la ejecución efectiva de la ley; desde que se introdujo la computadora para usarse ampliamente en el sistema criminal de Justicia, en la década de 1960". AFIS es capaz de identificar a un sospechoso en varios minutos; los métodos manuales que este reemplaza tomaban meses o aún años.

Técnicas similares son usados en artefactos de seguridad. Los sistemas fabricados por Fingermatrix, Thumbscan, y otras firmas, incluyen un pequeño buscador óptico en el cual la persona inserta su dedo. El artefacto lee rápidamente el patrón del dedo de la persona y usa las técnicas del reconocimiento de patrones para confrontarlo con las imágenes almacenadas. El sistema puede controlar la entrada a áreas restringidas y proteger la información de las computadoras en los accesos no autorizados tales sistemas podrían eventualmente reemplazar los candados comunes y las llaves de las casas o de los automóviles.

CAPITULO 3. VISION ARTIFICIAL

Dado el objetivo principal de este trabajo, que es el de verificar la factibilidad del uso de Reconocimiento de patrones en el área de dactiloscopia, se presentan en este capítulo los conceptos básicos y fundamentales de la Visión Artificial, Análisis de Imagen, su representación en la computadora, Filtrado de la imagen, Canales Visuales y Detección de puntos de borde y regiones.

3.1 ANALISIS DE IMAGEN.

Entre los principales motivos por los que la visión artificial (VA) ha pasado a ocupar un primer plano en la investigación científica y tecnológica figuran, sin duda, tres. El primero es la necesidad de encontrar un sistema de comunicación entre el hombre y la computadora, más rápido y eficaz que el que brindan los habituales teclados; el segundo es el interés en proporcionar información visual a los robots que trabajan en la industria, y el tercero es el proyecto militar de desarrollar vehículos autoguiados visualmente para llegar a un objetivo sin llevar a nadie en su interior. Naturalmente, no son estos los únicos motivos que animan la investigación en VA; pero ciertamente, son los que más recursos han desviado hacia la investigación en esta área.

Las raíces de la VA hay que buscarlas en la investigación realizada bajo el epígrafe de proceso de imágenes, una línea de trabajo ligada a la investigación espacial, y que ha sido motivada, fundamentalmente, por la necesidad de analizar un enorme caudal de imágenes que a veces presentan una calidad muy deficiente. No obstante, el área de proceso de imágenes y la de VA pueden hoy diferenciarse claramente por sus objetivos (aunque la coincidencia de contenidos sea amplia). En el área de proceso de imágenes, el objetivo principal ha sido el acondicionamiento de las imágenes para facilitar su análisis por parte de un sistema visual humano (SVH); sin embargo, lo que la VA persigue es precisamente un sistema

informático capaz de reemplazar al SVH. Dicho con un ejemplo: una cosa es aumentar el contraste de una radiografía para que al médico le resulte más fácil detectar una anomalía sirviéndose de su propio sistema visual, y otra cosa muy distinta es introducir la radiografía en un sistema de visión artificial (SVA) para que, automáticamente y sin intervención humana de ningún tipo, detecte la anomalía e informe de ella al médico.

La VA también se denomina con frecuencia visión por computadora. Los pioneros de esta materia han sido ingenieros y expertos en informática. Pero pronto la magnitud de los problemas que se plantearon para llevar a cabo el reconocimiento automático de formas y el análisis de escenas relativamente sencillas, hicieron volver la vista en busca de soluciones hacia el sistema de visión más versátil y potente que hoy se conoce como el sistema visual humano (SVH). De este modo, entraron en escena expertos en visión humana procedentes del área de la psicología científica. La colaboración multidisciplinar de informáticos, ingenieros y psicólogos ha sido y sigue siendo muy fecunda. La problemática y las ideas nacidas en el área de la ingeniería ha suscitado una serie de importantes avances en la comprensión del SVH, y las teorías computacionales elaboradas por los psicólogos han podido ser aplicadas directamente para resolver problemas de VA. De estas dos corrientes de investigación complementarias, tratamos de integrar la línea de visión por computadora con los avances en la investigación visual humana, que han demostrado o están demostrando su utilidad en VA. Se trata, por lo general, de algoritmos complejos que casi siempre requieren mucho cálculo, motivo éste por el que algunos todavía no resultan prácticos a nivel comercial. No obstante, serán presentados aquí por dos razones fundamentales; la primera es que la rápida evolución tecnológica hacia procesadores paralelos pronto permitirá su ejecución en tiempos aceptablemente cortos, y la segunda porque casi siempre existen posibilidades de simplificación que producen algoritmos de eficiencia semejante y de ejecución más rápida.

Desde un punto de vista aplicado, las tareas que están siendo encomendadas a sistemas de visión artificial son muy diversas:

- 1) Identificar objetos (por ejemplo, para identificación de personas a partir de sus fotografías)
- 2) Determinar la posición en que se halla un objeto (por ejemplo, para guiar a un manipulador mecánico que debe cogerlo).

- 3) Establecer relaciones espaciales entre diversos objetos (por ejemplo, para guiar a un robot durante una tarea de ensamblaje de las piezas de un producto).
- 4) Determinar características estructurales internas (por ejemplo, para revisar las pistas de un circuito impreso o integrado).
- 5) Determinar las coordenadas de puntos importantes de un objeto (por ejemplo, para identificar el centro de una superficie metálica homogénea de forma rectangular sobre la que hay que efectuar una soldadura).
- 6) Realizar mediciones de longitud (por ejemplo, para averiguar la distancia entre dos agujeros practicados en la bisagra de la puerta de un coche).
- 7) Realizar mediciones angulares (por ejemplo, para calcular la alineación de dos taladros con respecto a la arista).
- 8) Hacer mediciones con distancias tridimensionales (por ejemplo, para ayudar a un robot a franquear obstáculos).
- 9) Medir áreas (por ejemplo, para buscar el tamaño de una región del cuerpo humano marcada con un isótopo radioactivo).

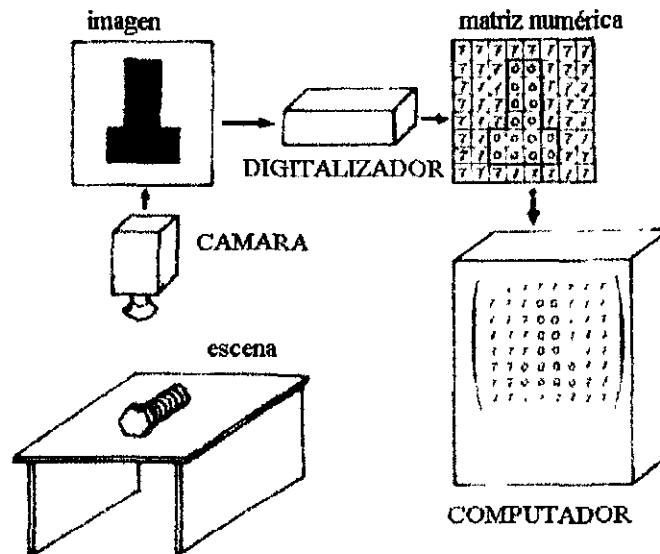
La realización de estas y otras tareas visuales, comienza con el análisis de la distribución de luminancia en la imagen, para determinar que contornos o que regiones existen en ella; es la etapa que podríamos calificar de procesamiento temprano y que constituye una fase primaria y común a todas las tareas visuales. Después se pasa a un procesamiento posterior cuyo contenido ya depende más del fin que se persigue y que, en consecuencia, tiene un carácter menos general.

3.2 CAPTACION DE LA IMAGEN Y SU REPRESENTACION EN LA COMPUTADORA.

La primera etapa de todo SVA consiste en la captación de la imagen. La distribución de luminancia en la escena puede ser procesada por un sistema óptico, pero no por un sistema digital como el de la computadora. Por ello se hace necesario codificar la imagen en forma numérica para almacenarla en su memoria y analizarla a continuación. Esto obliga a que todo SVA comience con una cámara para traducir la variable luminancia a un diferencia de potencial, y un digitalizador o convertidor analógico/digital para mostrar la señal eléctrica suministrada por la cámara y producir una matriz numérica cuyos elementos representan la luminancia en la correspondiente posición de la imagen. (Figura 2.1).

La matriz originada por una imagen monocroma suele tener en torno a 512 filas y 512 columnas; su significado se comprende fácilmente si imaginamos que para obtenerla hubiésemos colocado sobre la imagen original una retícula con 512 filas y otras tantas columnas, en cada cuadrado (llamado pixel, abreviatura de picture element) hubiésemos medido la intensidad luminosa en una escala de 0 a 255, y por fin hubiésemos trasladado ese valor a la correspondiente fila y columna de la matriz. Las imágenes en color se codifican mediante tres matrices, cada una de las cuales representa la luminancia en cada uno de los tres colores fundamentales; cada matriz se obtiene por el procesamiento descrito para las imágenes monocromas. Las imágenes multiespectrales dan lugar a un número de matrices igual al número de bandas exploradas

Figura 2.1 Entrada de una imagen a la computadora.



Fuente: Mompín Poblet José, 1987

3.3 FILTRADO DE LA IMAGEN Y CANALES VISUALES.

3.3.1 BASES TEORICAS: FILTRADO Y TEOREMA DE FOURIER.

Cualquier escaparate en una tienda musical ofrece hoy demostraciones tan palpables como audibles de un teorema que el matemático francés Joseph Fourier estableció el siglo pasado: cualquier función con significado físico se puede obtener sumando funciones sinusoidales. En el ámbito musical el teorema tiene dos interpretaciones complementarias: una es que cualquier sonido puede sintetizarse superponiendo sonidos sinusoidales, como los que producen los diapasones; la otra es que cualquier sonido puede descomponerse en esa clase de sonidos elementales. De la primera interpretación han nacido los sintetizadores, con los cuales podemos producir desde un único teclado el sonido de un violín, el de una flauta, el de

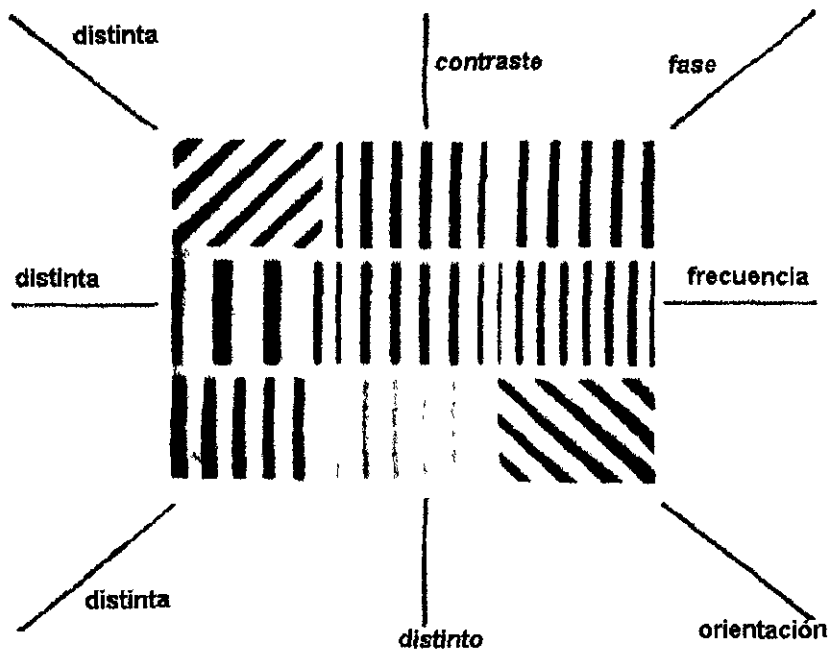
un piano, el de un tambor, etc.; la segunda la ilustran los ecualizadores, que separan los diferentes componentes elementales del sonido para permitirle al oyente manipular las amplitudes a su gusto.

A mediados de este siglo, el teorema de Fourier ha visto ampliado su ámbito de utilización en el mundo de la imagen, con dos interpretaciones paralelas a las existentes en el ámbito del sonido: cualquier imagen puede obtenerse superponiendo enrejados sinusoidales, y puede descomponerse en ese tipo de imágenes elementales (Figura 2.2), esta figura nos da una idea de cómo son imágenes elementales que denominamos enrejados; y de cómo pueden variar en la orientación, en frecuencia espacial (número de barras por unidad de longitud), en amplitud (contraste) y en fase (posición relativa).

Un filtro es cualquier dispositivo transformador de imágenes. Decimos que el filtro es lineal cuando cumple dos propiedades la de homogeneidad y la de superposición; la primera significa que si la entrada se amplifica o se atenúa multiplicándola o dividiéndola por una constante k , entonces la salida se vera multiplicada o dividida por esa misma constante; la segunda quiere decir que, la respuesta del filtro a dos imágenes superpuestas debe ser idéntica a la imagen que se obtendría al superponer las respuestas de ese mismo filtro a cada una de las entradas por separado. Los filtros lineales pueden ser totalmente caracterizados con dos funciones: *la función de transferencia de modulación (FTM)* y *la función de transferencia de fase (FTF)*; ambas son funciones de la frecuencia y de la orientación de los enrejados sinusoidales; la FTM indica el cociente entre la amplitud a la salida y la amplitud a la entrada, y la FTF indica el desplazamiento espacial que el filtro aplica a cada enrejado Esta caracterización puede ser sustituida por la *Respuesta al Impulso (RI)*, que es la salida al filtro cuando se le introduce la imagen de un punto brillante sobre un fondo negro. Ambas caracterizaciones son totalmente equivalentes, ya que están matemáticamente relacionados por la transformada de Fourier.

Una vez terminada la captación de la imagen, los sistemas visuales avanzados suelen incluir una etapa de filtrado de la imagen obtenida. Este filtrado se efectúa mediante un filtro único o mediante varios, que son selectivos en frecuencia espacial y a veces también en orientación.

Figura 2.2 Imágenes elementales de enrejados sinusoidales.



Fuente: Mompín Poblet José, 1987

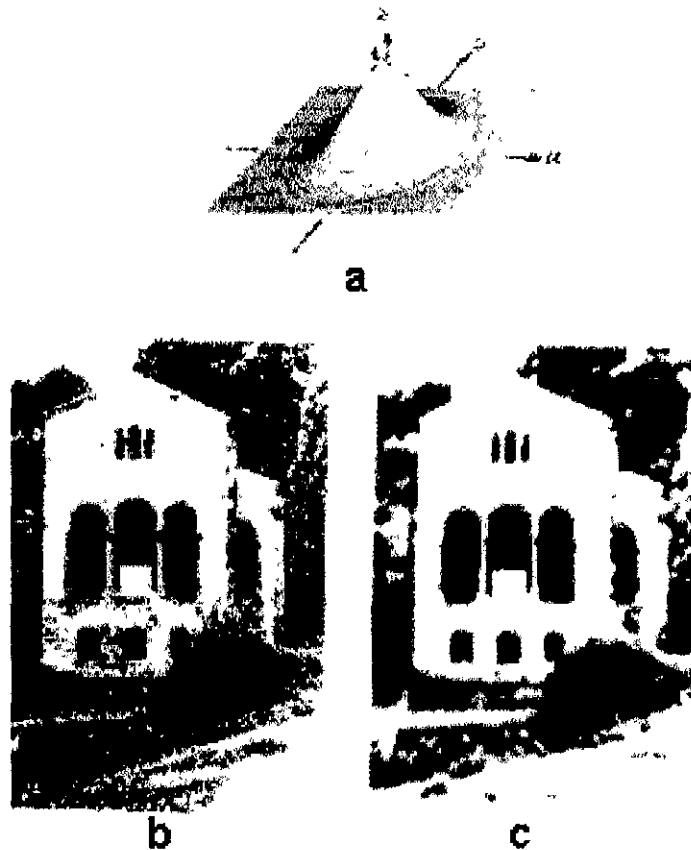
3.3.2 SISTEMAS MONOCANAL.

El modelo monocanal ha sido el primero que se ha utilizado para representar la primera etapa del procesamiento visual humano y es el que se encuentra en la mayoría de los sistemas de VA. Consta de un solo filtro, con una FTM que a veces es como la de la Figura 2.3a. Los valores de la FTM próximos a 1 en las cercanías del origen indican que al pasar por el filtro los enrejados de baja frecuencia conservarán prácticamente toda su amplitud; los valores decrecientes al alejarse del origen, revelan que la atenuación de la amplitud de un enrejado crece a medida que aumenta su frecuencia.

Una importante función que realiza un filtro de este tipo es la eliminación del ruido óptico o "nieve" de las imágenes. Su actuación se ilustra en la figura 2.3 b; en donde aparece una

imagen con ruido, y en la figura 2.3 c muestra el resultado de aplicarle el filtro gaussiano representado encima

Figura 2.3 Eliminación del ruido por medio de Sistemas monocanal.



Fuente: Mompín Poblet José, 1987.

3.3.3 SISTEMAS MULTICANAL.

Entre las novedades aportadas recientemente por el estudio del SVH esta, sin duda, la teoría multicanal; nuestro sistema analizador de imágenes no es único, sino múltiple. Antes de ser analizada, la imagen que capta la retina es descompuesta por un banco de filtros casi

lineales, y que trabajan de forma prácticamente independiente para producir como salida un conjunto de "imágenes" de banda limitada en frecuencia espacial (y según algunos modelos, también en orientación); este conjunto de imágenes filtradas serán analizadas separadamente y la información extraída de cada una de ellas será utilizada directamente o combinada con la de las demás para facilitarnos una descripción útil del mundo en que nos movemos, descripción que, a fin de cuentas, es la meta de la percepción visual.

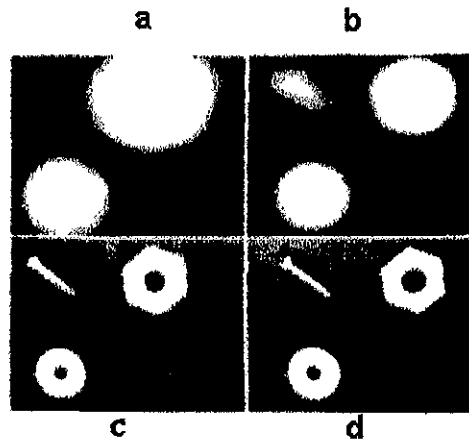
Si bien las raíces de esta teoría se hunden en diversos laboratorios del mundo occidental, resulta claro que su diseminación comenzó en 1968 con un artículo procedente del Laboratorio de Fisiología de la Universidad de Cambridge y firmado por F.W. Campbell y por J.G. Robson. Desde entonces la idea inicial, expuesta en el párrafo anterior, ha ido concretándose en distintos modelos, según sean el tipo de filtros que se utilizan.

3.3.4 MODELO MULTICANAL CON FILTROS DE PASO BAJO ISOTROPOS.

Este modelo utiliza una sucesión de filtros cuya FTM es generalmente una gaussiana bidimensional, con simetría circular. Las FTM de estos canales tienen la forma indicada en la Figura 2.3 a, variando la dispersión de la gaussiana.

El primer canal solo deja pasar los componentes sinusoidales de la imagen que tienen una frecuencia espacial muy baja; el siguiente deja pasar también los de frecuencias situadas hasta un cierto nivel por encima (usualmente una octava más); y así los restantes. Los filtros se llaman isotropos porque su comportamiento no depende de la orientación de los enrejados que integran la imagen. La figura 2.4 recoge las salidas de un sistema con cuatro canales.

Figura 2.4 Sistema Multicanal con filtros de paso bajo isotropos.



Fuente: Lawton D. T. , 1986

Obsérvese como por los sucesivos filtros pasa información que va desde la global a la de detalle. Esto permite una extracción progresiva de la información contenida en la imagen original; de la salida del primer canal solo se puede obtener la información de que en la escena hay tres objetos, de la del segundo, que un objeto es alargado y los otros dos redondeados; de la del tercero se desprende que los objetos redondeados poseen un agujero central, y finalmente, de la salida del cuarto canal puede determinarse claramente que el objeto alargado es un tornillo y que los redondeados son una arandela y una tuerca hexagonal.

Este modelo ha sido eficientemente utilizado en visión bidimensional (2D) y tridimensional (3D) por el grupo del Laboratorio de Inteligencia Artificial del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Concretamente ha demostrado ya su utilidad para visión estereoscópica, simplificando el problema de la correspondencia y permitiendo un afinamiento progresivo de las disparidades entre las dos imágenes del par

Además, este modelo, al permitir trabajar al nivel de resolución que cada tarea requiera, ofrece posibilidades que todavía están siendo investigadas. Por ejemplo en tareas de reconocimiento de piezas dispares (tornillos, tuercas etc.) o en tareas que exijan poca resolución (detección de obstáculos para guiar a un robot en un vehículo autónomo, etc.), permite trabajar con representaciones muy compactas de la escena, en matrices de orden tan

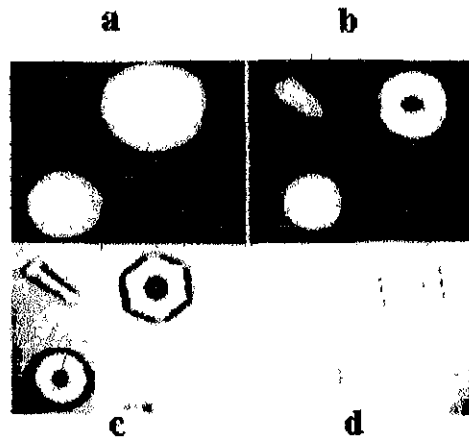
bajo como 16 X 16 píxeles. Además siempre cabe la posibilidad de que el sistema utilice una mayor resolución cuando la necesite. Sin embargo también plantea problemas; uno es calcular las salidas de todos los canales en un tiempo razonablemente corto; los resultados obtenidos hasta ahora son alentadores. Otro problema es diseñar algoritmos de aprendizaje para que el propio sistema determine automáticamente que canal o canales son necesarios y suficientes para una tarea dada, y poder así prescindir del procesamiento con los demás; se trata, por tanto, de poner en marcha *mecanismos atencionales* en el dominio de la frecuencia para optimizar la distribución de los recursos de procesamiento.

3.3.5 MODELO MULTICANAL CON FILTROS DE PASO DE BANDA ISOTROPOS.

El modelo también responde a la idea de que la información visual se halla distribuida en sucesivos niveles de resolución. La novedad con respecto con el modelo anterior estriba en que la información transmitida por los sucesivos canales se solapa muy poco o nada, ya que cada canal solo es transparente para los componentes sinusoidales de la imagen que se hallan en una determinada banda de frecuencia espacial, mientras que atenúa con fuerza los situados en otras bandas (*que a su vez pasan perfectamente por otros canales*) Esto permite, por ejemplo, que al mirar a una persona podamos fijar nuestra atención en el dibujo de su corbata o en el estilo de su traje, datos ambos que hay que buscar en niveles de resolución muy distantes. Cada uno de estos filtros presenta una FTM que también es circularmente simétrica; frecuentemente es una diferencia de gaussianas

Las salidas de todos los canales forman un banco de imágenes de paso de banda, en cada una de las cuales puede hallarse información cuya naturaleza esta asociada a los diferentes niveles de resolución. La figura 2.5 representa la salida de cuatro de estos canales ante la misma imagen de entrada utilizada anteriormente

Figura 2.5 Imagen Filtrada bajo el Modelo multicanal con filtros de paso de banda isótropos.



Fuente: Klaus, B. 1986

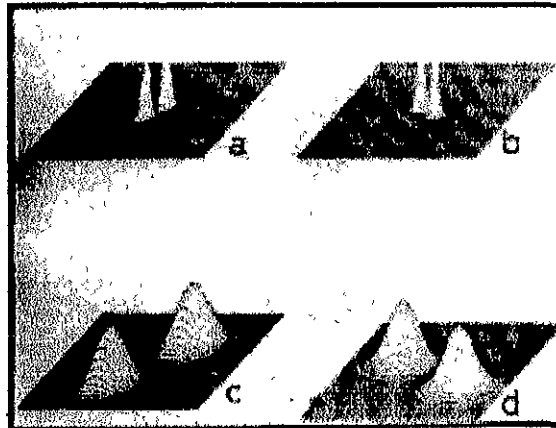
Este modelo ofrece posibilidades semejantes a las indicadas para el descrito anteriormente, pero presenta diferencias que en algunas aplicaciones pueden convertirse en importantes ventajas. Quizá la más deseable sea el reducido solapamiento entre la información producida por los distintos canales.

3.3.6 MODELO DE CANALES DE PASO DE BANDA ANISOTROPOS.

La investigación visual reciente ha revelado que los canales visuales no solo son selectivos para la frecuencia espacial sino también para la orientación. Estas ideas son las que recogen los modelos de canales múltiples que incluyen filtros selectivos simultáneamente a la frecuencia espacial y a la orientación. Se ha implementado un modelo de este tipo, con las características que se describen a continuación y que en buena medida reflejan las que conocemos sobre el SVH. Consta de 42 canales, que son filtros lineales independientes sintonizados a 7 bandas de frecuencia espacial y a 6 orientaciones.

En la figura 2.6 están dibujadas los FTM de cuatro canales: los dos de arriba sintonizados a 8 c/i (ciclos/imagen), y los dos de abajo a 64 c/i (ciclos/imagen); los dos de la izquierda a 60 grados y los dos de la derecha a 150 grados.

Figura 2.6 FTM con cuatro canales de paso de banda anisótropos.



Fuente: Ballard, D.H. 1982

La figura 2.7 recoge sus salidas cuando la entrada es la imagen del molino de viento situada en la parte superior.

La selectividad en frecuencia y en orientación que poseen los canales se pone de manifiesto en la información que transmiten. Los dos de arriba transmiten información relativa a las aspas; además cada uno deja pasar solo la información del aspa cuya orientación se adapta óptimamente a la suya. Los dos de abajo se comportan en forma semejante, pero atendiendo únicamente a la estructura fina de las aspas; dejan ver únicamente los largueros y travesaños de orientación óptimamente ajustada a la de cada canal.

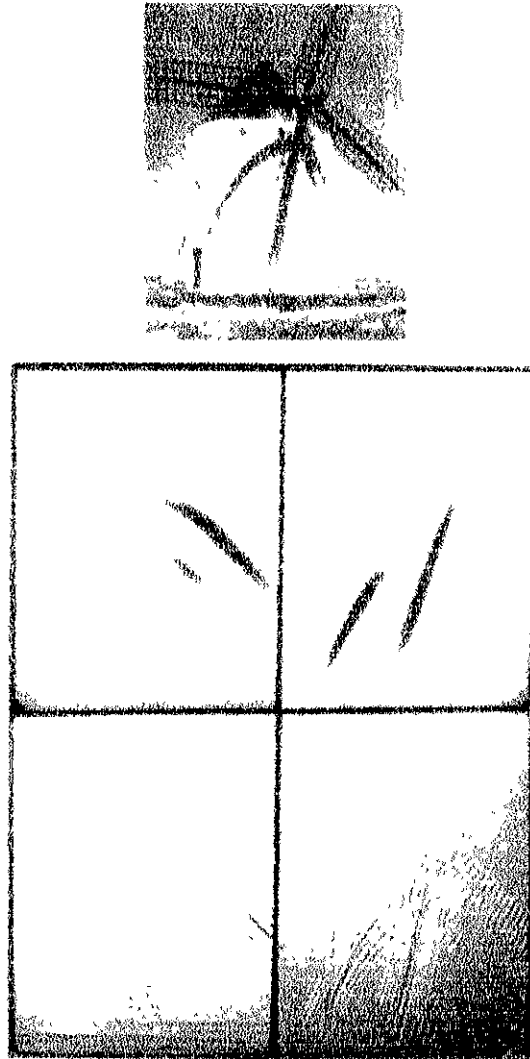
El modelo de canales múltiples y anisótropos ha demostrado su eficiencia en el reconocimiento de objetos., en compresión de imágenes para su transmisión por canales de banda estrecha, en el análisis de texturas, y en la detección de movimiento; también ha servido como base para un modelo que permite determinar un sistema de ejes coordenados

intrínsecos a la escena e invariantes frente a rotaciones de la cámara. Sin embargo plantea dos problemas serios: el primero, que seguramente resolverán en breve los avances de la microelectrónica; es el tiempo de cálculo que requiere su operación; y el segundo que confiamos resuelva la investigación visual, es la integración de la información extraída separadamente en cada una de las imágenes filtradas que producen todos los canales.

3.4 ANALISIS PRIMARIO: DETECCION DE PUNTOS DE BORDE Y DE REGIONES

Una vez que la imagen ha atravesado la etapa de filtrado, lo que se origina a la salida de los canales es una colección de imágenes filtradas, pero todavía no ha comenzado el proceso de hacer explícito el contenido de la escena, si bien el procesamiento realizado por los canales contribuirá a facilitar la tarea. Tratándose de un SVA, lo que aparece en la memoria de la computadora tras el filtrado, es una matriz numérica (o varias), cuyos elementos pueden ser interpretados como valores de luminancia en los correspondientes puntos de la imagen filtrada. Ni siquiera se sabe aún qué zonas homogéneas hay en ella, ni que perfiles o contornos existen (a partir de los cuales ya podríamos pensar en inferir objetos); la información disponible es una información estrictamente puntual, relativa a puntos diminutos de la escena. Con esa información tan atomizada y de tan bajo nivel, las únicas preguntas que podrían contestarse son las relativas al valor de la luminancia en los distintos puntos de la imagen ; pero, sin elaboraciones intermedias, ni un ser humano ni una computadora podrían contestar a preguntas sobre qué objetos hay en la escena, si un árbol , un tornillo una persona u otras cosas. Para contestar a preguntas como éstas es necesario todo un proceso destinado a determinar cuál es el contenido de la imagen.

Figura 2.7 Salidas de los cuatro canales de banda anisótropos.



Fuente: Hall E. 1989.

El primer escalón del análisis será poner en relación todos los datos disponibles sobre todos los píxeles para explicar qué regiones homogéneas existen en la imagen; los criterios de homogeneidad pueden basarse en el nivel de luminancia, en la textura, etc.; y las regiones se pueden explicar a través del área o volumen que ocupan, o a través de sus contornos en 2D o en 3D. El escalón siguiente será poner en relación estas regiones homogéneas que aparecen en la imagen para inferir realidades físicas, como aristas, superficies, etc. El proceso subsiguiente está destinado a conseguir la información explícita al nivel que resulte directamente útil: qué objetos hay en la imagen, donde se encuentran, qué volumen ocupan, y otros datos de interés.

La detección automática de contornos es un trabajo semejante al que realiza un dibujante haciendo un boceto, en el que se trata de resumir la escena con unos cuantos trazos. Para un sistema de visión el problema es determinar en qué posición de la imagen hay que situar los trazos, y cuál debe ser la orientación y longitud de cada uno. El criterio más generalizado es situarlos marcando las transiciones de clarooscuro presentes en la imagen. Eso suele hacerse en dos etapas:

- 1) Determinar cuáles son los puntos de borde o puntos de contorno: aquellos sobre los que tiene lugar una variación significativa de luminancia.
- 2) Agrupar esos puntos para formar los bordes o contornos.

3.4.1 DETECCIÓN DE PUNTOS DE BORDE

Se consideran puntos de borde aquellos sobre los que aparece un cambio significativo en la intensidad luminosa.

Para determinar cuáles son, hay dos caminos:

- 1) Método basado en las derivadas primeras: primeramente se miden los cambios de intensidad en todos los puntos de la imagen, sirviéndonos de la derivada primera; y después, a la vista de los resultados, se seleccionan como puntos de borde sólo aquellos en los que la intensidad del cambio rebasa algún criterio preestablecido.

- 2) Método basado en las derivadas segundas: consiste en determinar directamente en qué puntos de la imagen aparecen los picos de los cambios de luminancia, sirviéndose de las derivadas segundas.

3.4.2 METODOS BASADOS EN LAS DERIVADAS PRIMERAS

a) MEDICION DE LOS CAMBIOS DE LUMINANCIA.

Una imagen puede representarse matemáticamente por una función f cuyo valor en el punto (x,y) representa la luminancia en un punto viene representado a nivel gráfico por la pendiente que allí tiene la superficie que representa a f , y normalmente resultará diferente según sea la dirección considerada, la dirección en la que el cambio es más intenso viene dada por el vector gradiente en ese punto y la magnitud del cambio viene expresada por el módulo del gradiente

En consecuencia, la medición de los cambios de luminancia se puede realizar a través del módulo del gradiente.

Cuando se trabaja con una imagen digitalizada surgen dos problemas. El primero es que el gradiente no se puede calcular con exactitud, ya que las derivadas parciales sólo puede obtenerse una aproximación siguiendo alguno de los muchos métodos que ofrece la literatura especializada; se trata aquí solamente cuatro de los clásicos: el Método del Gradiente, el de Roberts, el de Prewitt, y el de Sobel. El segundo problema es que el tiempo que consume en una computadora, el cálculo del módulo del gradiente, tal como ha sido definido, es demasiado largo. Por eso lo usual es sacrificar la precisión en aras de la rapidez y conformarse con alguna aproximación computacionalmente menos costosa. Obteniendo dicha aproximación mediante alguno de los siguientes métodos.

METODO DEL GRADIENTE

Consiste en utilizar una aproximación discreta de la definición matemática de las dos derivadas parciales:

Tabla 3.1 Método del Gradiente

$$\nabla_i = f(i+1, j) - f(i, j)$$

| | | |
|-----|----|-----|
| | j | j+1 |
| i | -1 | 0 |
| i+1 | 1 | 0 |

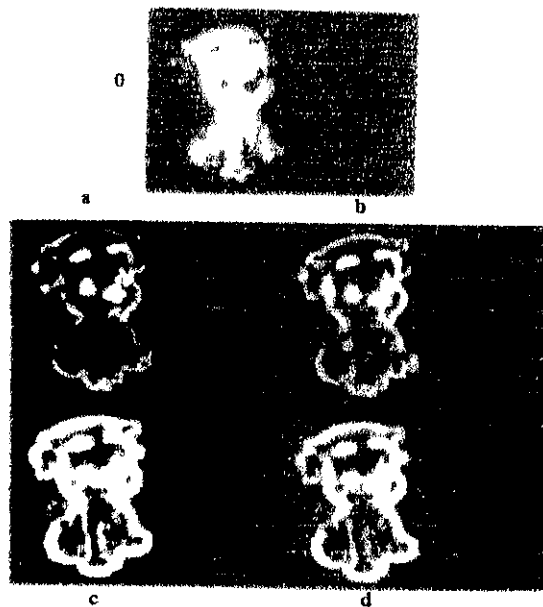
$$\nabla_j = f(i, j+1) - f(i, j)$$

| | | |
|-----|----|-----|
| | j | j+1 |
| i | -1 | 1 |
| i+1 | 0 | 0 |

Fuente: Watson, A. B. , 1983

La figura 2.8a ilustra el resultado de aplicar este operador a la imagen del perro. En ella, el valor del módulo del gradiente se halla codificado a través de la luminancia; un brillo elevado, como el que aparece en los puntos de perfil, significa que el módulo del gradiente es alto en esos puntos.

Figura 2.8 Cambios de luz.



Fuente: Kanade Thomas, 1980.

METODO DE ROBERTS

Es prácticamente equivalente al anterior, si se rotan los ejes 45° . Las máscaras serán entonces:

Tabla 3.2 Método de Roberts.

ROBERTS

| | | |
|---|------------|--|
| | j | |
| i | -1 0 | |
| | 0 1 | |
| | ∇_i | |

| | | |
|---|------------|--|
| | j | |
| i | 0 1 | |
| | -1 0 | |
| | ∇_j | |

Fuente: Watson, A. B. , 1983

El resultado de este operador se halla en la figura 2.8b

METODO DE PREWITT

Para aproximar la derivada sobre el pixel (i,j) en la dirección horizontal, se toma en consideración no sólo el cambio de intensidad hacia la derecha de ese punto sino también el que aparece hacia la izquierda; además lo promedia con los valores que obtiene en la misma posición de las filas contiguas de encima y de debajo; de este modo, se llega a una estimación de la derivada horizontal que es muy resistente al ruido óptico presente en cualquier imagen. Para estimar la derivada en dirección vertical sigue el procedimiento análogo. Las máscaras que utiliza son:

Tabla 3.3 Método de Prewitt.

| | | | | | | |
|---|----|------------|----|----|------------|---|
| | j | PREWITT | | j | | |
| | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 |
| i | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 1 |
| | 1 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 |
| | | ∇_i | | | ∇_j | |

Fuente: Watson, A. B. , 1983

En la figura 2.8 c se encuentra el resultado de la aplicación de este operador.

METODO DE SOBEL

Sigue la misma lógica que el anterior, introduciendo la innovación de dar más peso a la variación de intensidad que aparece en la línea que contiene al pixel sobre el que se está estimando la derivada. Eso se implementa duplicando los coeficientes de es línea. Las máscaras utilizadas son las siguientes:

Tabla 3.4 Método de Sobel.

| | | | | | | |
|---|----|------------|----|----|------------|---|
| | j | SOBEL | | j | | |
| | -1 | -2 | -1 | -1 | 0 | 1 |
| i | 0 | 0 | 0 | -2 | 0 | 2 |
| | 1 | 2 | 1 | -1 | 0 | 1 |
| | | ∇_i | | | ∇_j | |

Fuente: Watson, A. B. , 1983

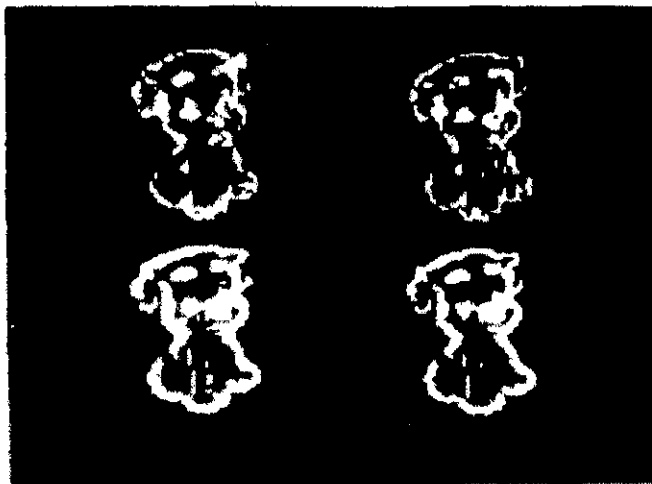
La figura 2.8d ilustra el resultado de la aplicación de este operador.

B) SELECCION DE LOS PUNTOS DE CONTORNO

Tratándose de imágenes naturales, lo normal será encontrar en casi todos sus píxeles un gradiente de luminancia no nulo. Pero para obtener los contornos que delimitan regiones de nivel de gris homogéneo habrá que identificar aquellos píxeles sobre los que tienen lugar cambios de intensidad relevantes. Tras la medición de los cambios de intensidad se hace, pues, necesaria una segunda etapa de proceso destinada a identificar esos píxeles distinguidos a los que denominaremos puntos de contorno o puntos de borde. Hay varias estrategias para conseguirlo, pero la más utilizada es la umbralización.

Para umbralizar se fija un valor de corte, U , y se toman como puntos de contorno aquellos píxeles sobre los que la intensidad del cambio de luminancia (medida por el módulo del gradiente) supere ese valor. Los demás píxeles serán ignorados a partir de este momento. Un aspecto crítico de este procedimiento es lógicamente la elección del umbral U . Su valor puede obtenerse automáticamente a partir de la distribución de frecuencias (histograma) de los valores que toma el módulo del gradiente en toda la imagen (cuando a toda ella se aplica el mismo umbral) o de una región limitada (cuando se opta por utilizar umbrales distintos para las diferentes zonas de la imagen). La figura 2.9 muestra el resultado de este proceso para las imágenes consideradas anteriormente.

Figura 2.9 Selección de los puntos de contorno.



Fuente: Kanade Thomas, 1980.

La figura también pone de manifiesto un inconveniente inherente a toda umbralización. los puntos de cambio aparecen a veces formando líneas gruesas, lo cual obligará a someterlas a un algoritmo de adelgazamiento para eliminar la redundancia

3.4.3 MÉTODO BASADO EN DERIVADAS SEGUNDAS

En los puntos en que el cambio de intensidad tiene un máximo, se anula la derivada segunda de la intensidad tomada en la dirección en que tiene lugar la transición de claro a oscuro. Por tanto, si estamos interesados en detectar como puntos de borde sólo esos puntos, bastaría calcular en cada pixel todas las derivadas direccionales de segundo orden, y seleccionar como puntos de contorno sólo aquellos en los que se anula alguna de esas derivadas; pero tanto cálculo exigiría demasiado tiempo. Esta dificultad se puede soslayar sustituyendo el cálculo de las derivadas direccionales por el del laplaciano, este operador tiene la ventaja de que sólo exige calcular dos derivadas segundas, y Marr y Hildreth han demostrado que en imágenes naturales este operador también se anula cuando el cambio de intensidad pasa por un pico, por lo que está ya justificado utilizarlo en sustitución de las derivadas direccionales. Para calcularlo en imágenes digitalizadas, puede aproximarse utilizando la siguiente máscara:

Tabla 3.5 Método Laplaciano.

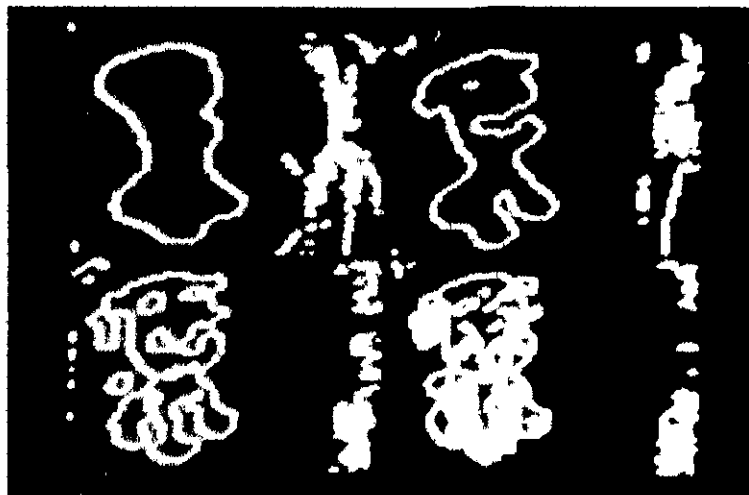
| | | | |
|--------------|---|----|---|
| | j | | |
| | 0 | 1 | 0 |
| Laplaciano i | 1 | -4 | 1 |
| | 0 | 1 | 0 |

Fuente: Watson, A. B. , 1983

Así pues, este método identifica como puntos de contorno aquellos de coordenadas (i,j) en los que el Laplaciano se anula; aunque suele resultar preferible tomar aquellos en los que cambia de signo (para evitar que aparezcan los puntos comprendidos en regiones de

luminancia constante). Otras veces sólo se toma aquellos en los que, además de anularse el laplaciano, el módulo del gradiente rebasa un cierto umbral. La figura 2.10 recoge los puntos de borde hallados por un operador de esta clase (laplaciano umbralizado) aplicado a las imágenes que se obtienen a la salida de cuatro canales de paso bajo isótropos, cuando la entrada es la imagen del perro; obsérvese como aumenta el nivel de detalle en la salida a medida que crece la anchura de banda del filtro.

Figura 2.10 Puntos de contorno al aplicar el operador Laplaciano.



Fuente: Kanade Thomas, 1980

El operador laplaciano, utilizado como detector de puntos de contorno, presenta ventajas e inconvenientes. Entre las ventajas está producir puntos de contorno que al ser agrupados forman trazos finos, por lo que no se requieren procesos ulteriores de adelgazamiento. Entre los inconvenientes esta no ofrecer directamente información sobre la dirección ni el sentido en que tiene lugar la transición de claro a oscuro en cada punto de contorno, ni sobre la magnitud de dicha transición (contraste), para averiguar esto habrá que calcular el gradiente de la luminancia (sólo en los puntos de borde). Otro inconveniente es que por estar definido en términos de derivadas segundas, resulta muy sensible a las pequeñas fluctuaciones de la luminancia y al ruido óptico, por lo que los puntos de borde pueden aparecer

con una profusión inesperada; por ello sólo funciona satisfactoriamente con imágenes de banda limitada en frecuencia espacial, como los que producen los sistemas multicanal.

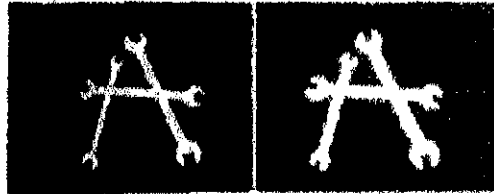
3.4.4 DETECCION DE REGIONES

A diferencia de los métodos anteriores que detectan las regiones homogéneas localizando sus fronteras los métodos de detección de regiones persiguen el mismo fin localizando su interior, es decir, localizando directamente conjuntos de píxeles semejantes. Para ello exigen disponer de alguna función que mida la semejanza entre píxeles; esta función se basa generalmente en sus niveles de gris. Es decir que a partir de las regiones se pueden obtener sus contornos y viceversa. Lo que puede hacer preferible una estrategia a otra no es, por tanto, el tipo de información a obtener (que en el fondo es la misma), sino las diferencias en la forma de codificar la información que van asociadas a cada estrategia

3.4.5 DETECCION DE REGIONES POR UMBRALIZACION DE LA LUMINANCIA.

Se llama histograma de una imagen a la distribución de frecuencias correspondiente a sus niveles de gris. En escenas de escasa complejidad, como la que pueden ofrecer piezas de metal sobre una cinta transportadora, el histograma de la luminancia tiende a ser bimodal, es decir, aparecen dos zonas de luminancia que acaparan casi todos los píxeles. una corresponde a la luminancia en la superficie de las piezas y la otra a la porción de imagen en la que se ve la cinta. (Figura 2 11a).

Figura 2.11 Imagen en niveles de gris.



Fuente: Tsai W. H. 1980

En casos como este el procedimiento más rápido para segmentar la imagen consiste en aplicar un algoritmo que ejecuta dos tareas:

- 1) Primeramente determina qué nivel de luminancia U separa mejor las dos partes del histograma.
- 2) Después obtiene a partir de la imagen original, f , una imagen binarizada, b , con el siguiente criterio:

$$b(i,j) = \begin{cases} 0 & \text{si } f(i,j) < U \\ 1 & \text{si } f(i,j) \geq U \end{cases}$$

De este modo se fragmenta la imagen en dos tipos de regiones, correspondiendo unas al fondo y otras a los objetos (Figura 2.11b). La ejecución de este algoritmo puede implementarse por Hardware en el momento de la captación de la imagen, por lo que prácticamente no consume tiempo. Si se desea obtener más de dos regiones, bastara utilizar una sucesión de m umbrales, que permitan obtener $m+1$ clases de regiones.

3.5 RECONOCIMIENTO DE IMAGENES.

DOS TIPOS DE PENSAMIENTO.

Hay dos tipos de procesos de pensamiento que coexisten en nuestros cerebros. Quizá lo que más continuamente se cita como una forma humana típica de la inteligencia sea el proceso lógico involucrado en la resolución de problemas y en jugar juegos. Una forma más omnipresente de la inteligencia y que compartiremos con las especies animales más evolucionadas en la tierra es la habilidad de reconocer patrones desde nuestros sentidos visual, auditivo y táctil. Parece que tenemos un control sustancial sobre la secuencia de pasos requeridos para el pensamiento lógico. En contraste, el patrón de reconocimiento, que es bastante complejo e involucra varios niveles de abstracción, parece ocurrir sin la dirección de nuestra conciencia. Continuamente se ha dicho que un jugador maestro de ajedrez puede "ver" su próximo movimiento, sin ir conscientemente a través de toda la secuencia de pensamiento requerida por los jugadores menos experimentados. Puede ser que después de estar expuesto a decenas de miles de situaciones de tablero, el jugador maestro sea capaz de reemplazar, al menos, algunos de los procesos lógicos comúnmente usados para jugar juegos con métodos de reconocimiento de imágenes.

Hay varias diferencias clave entre estas dos formas de inteligencia, incluyendo el nivel de éxito que el campo de la IA ha tenido al emularlos. Irónicamente encontramos que es más fácil crear un matemático artificial o un jugador maestro de ajedrez que imitar las habilidades de los animales, ya que hay muchas capacidades animales que nuestras máquinas aún no han dominado, incluyendo las marañas de la coordinación motriz fina; la mayor barrera han sido las sutilezas de la visión, nuestro sentido más poderoso y un ejemplo excelente de reconocimiento de patrón.

Un atributo que tienen en común los dos tipos de pensamiento, es el uso de la imaginación. El identificar un objeto, también involucra a la imaginación, particularmente en el estado más tardío del proceso. Si parte del objeto que estamos tratando de identificar está oculto, o si su orientación hacia nosotros impide la visión más usual del objeto, usamos nuestra imaginación para visualizar en nuestras mentes la apariencia total del objeto y entonces

determinamos si la imagen responde a lo que podemos ver. El término técnico para esta técnica es: " hipótesis y prueba" ; nosotros usamos nuestra imaginación para hipotetizar las respuestas y después probamos su validez. La hipótesis y la prueba también es usada en el pensamiento lógico. Continuamente imaginamos una respuesta para un problema lógico, basándonos en métodos de intuición, que sólo son entendidos parcialmente y después nos adentramos a trabajar en el problema originalmente expuesto.

Si examinamos la naturaleza de nuestra imaginación visual, podemos obtener alguna información sobre la forma más importante en la cual el reconocimiento de patrones difiere de la regla base del pensamiento lógico. Considere la imagen de un elefante, probablemente su imagen mental no incluye rasgos de grandes detalles: se trata esencialmente de un esbozo, y quizá si lo imaginamos en movimiento, apostaríamos si la trompa esta oscilando de un lado para otro. El fenómeno del esbozo - el hecho que reconozcamos el esbozo de un objeto (una cara por ejemplo) como representativo del objeto, aunque el dibujo sea marcadamente más simple que la imagen original - nos proporciona una pista más importante a cerca de la naturaleza de las transformaciones realizadas durante el proceso de la visión humana. La identificación de siluetas es muy importante para el reconocimiento de objetos visuales, ya que con ellos modelamos en dos dimensiones. Si exploramos lo que es requerido para extraer los contornos de una imagen, debemos conseguir una apreciación mejor de la forma en la cual la percepción visual difiere de la lógica

Hay muchos aspectos de la percepción visual que aún no entendemos, pero algún conocimiento se ha obtenido sobre la localización de los contornos y su orientación. Una clase particular de computadoras ha sido descubierta y es capaz de detectar siluetas con razonable exactitud. Tenemos alguna evidencias de que el proceso visual de los mamíferos se usan técnicas similares. La técnica se basa en dos puntos. El primero consiste en facilitar el dato; los cambios que incluyen pequeñas regiones probablemente son considerados como información que no afecta lo visual. Por lo tanto, los pequeños defectos que hay en los bordes pueden ser ignorados, al menos inicialmente, en la localización de todos los bordes en una imagen. Segundo, notamos que los cambios en la información visual (a través de cualquier dimensión espacial) son más importantes que la información en si misma. En otras palabras, estamos en principio interesados en las alteraciones repentinas del color o sombreado, que puedan darse de una región a otra.

La imagen por sí misma es representada por dos dimensiones de pixels ordenados, o puntos de información. En una imagen en blanco y negro, cada pixel puede ser representado por un solo número que representa a su vez una sombra gris. En una imagen a color son requeridos varios números (usualmente tres), para representar el color y la sombra. Podemos tomar esta cruda imagen inicial y modificarla para aprovechar los dos puntos citados arriba. La modificación se lleva a cabo al aplicar lo que se llama un filtro, en el cual cada pixel tiene influencia sobre los pixels circunvecinos. Por ejemplo, un filtro de Gauss designa ciertos pixels como pixels propagados, esto incrementa entonces, la intensidad de cada pixel en la cercanía de cada pixel propagado de acuerdo con la intensidad del pixel propagado y la distancia hacia el pixel vecino. La función de la intensidad a la distancia esta basada en la familiar curva (normal) de Gauss, con la cresta de la curva representando una distancia igual a cero (que es el pixel propagado en si mismo). Un filtro de Gauss es aplicado a una imagen mediante la transformación de todo pixel en un pixel propagado; por lo tanto todos los pixels se diseminan dentro de los pixels que los rodean. Esto tiene el impacto de suavizar la imagen, siendo la nitidez de la imagen que resulta una función de la ampliación de la curva de Gauss. Un filtro diferente, el Laplaciano, puede ser detectado para detectar los cambios. Este filtro reemplaza el valor de cada pixel con la razón del cambio de la razón del cambio (esto es la segunda derivada) de los valores de los pixels.

Estos dos procesos (suavizar y determinar la razón de los cambios) pueden ser combinados dentro de un solo filtro en el cual cada pixel influencia a todos los pixels que se encuentran cercanos. Este filtro se llama " convolver (trenza) de Gauss-Laplace", y se representa gráficamente como un sombrero mexicano con la punta hacia abajo, por lo que comúnmente es llamado filtro sombrero.

Figura 3.1 Grafica Gausiana.



Fuente: Kanade Thomas, 1980

Cada píxel tiene una influencia positiva sobre los píxels que son vecinos inmediatos y una influencia negativa sobre los píxels que se encuentran en la banda que esta alrededor de los vecinos inmediatos. Una vez que el filtro sombrero ha sido aplicado, los contornos pueden ser inferidos buscando las cruces cero, que son los lugares donde los valores cambian de negativo a positivo.

Algunas implicaciones de este proceso son que primeramente, la técnica no es particularmente complicada. Segundo que existen experimentos que han demostrado que la técnica es bastante exitosa. En general los contornos son inferidos correctamente. Las hipótesis falsas son generadas, pero estas pueden ser eliminadas mediante los procesos subsecuentes que incorporan conocimientos acerca del tipo de objetos que esperamos ver en nuestro entorno y la naturaleza de sus bordes. Tercero, hay evidencia que existe el hardware en el cerebro de los mamíferos para realizar este tipo de transformación. Por ejemplo David H. Hubel y Torsten N. Wiesel de la escuela de Medicina de Harvard, han descubierto células especializadas detectoras de siluetas en el estrato externo de la corteza visual del cerebro humano.

Más importante es aún la conclusión de que podemos diseñar y detectar los contornos, considerando la cantidad de computaciones que se requieren para ello. Mientras no se haya probado que este filtro específico, el convolver (trenza) de Gauss-Laplace, sea el utilizado en la visión de los mamíferos, puede demostrarse que cualquier algoritmo que pueda detectar contornos posibles con la facilidad de la visión humana (y aparentemente muchos mamíferos

lo hacen), debe usar un filtro central cercado (un filtro en el cual cada pixel inflencie a todos los pixels que están dentro de cierta distancia), que requiere de una cantidad comparable de computación. Esta cantidad se vuelve vasta y es determinada por una computación de sexta dimensión. Primero el filtro debe ser aplicado, a todo pixel, y los pixels estar organizados en una segunda dimensión ordenada. Para cada pixel debemos aplicar el filtro a todos los pixels en una segunda dimensión ordenada que cerque a ese pixel, lo que nos da como resultado una computación de cuarta dimensión. Anotamos con anterioridad que la agudeza de nuestro análisis de ángulos era una función del tamaño de la aplicación de la curva (normal) de Gauss. En el filtro sombrero combinado, el tamaño del sombrero mexicano tiene el mismo impacto. Un sombrero largo nos permitirá identificar los bordes de objetos grandes, un sombrero pequeño identificara características pequeñas. Por lo tanto necesitamos realizar la computación completa varias veces, lo cual es una quinta dimensión. La sexta dimensión es el tiempo; ya que la visión debe ser capaz de tratar con imágenes en movimiento, esta computación total debe ser repetida muchas veces cada segundo. Indudablemente pueden aplicarse algunas optimizaciones. Por ejemplo, si notamos que algunas porciones de la imagen no están cambiando, no es necesario repetir todas las computaciones. Sin embargo, el número de computaciones requeridas esta determinado por sexta dimensión ordenada.

Se estima que la visión humana tiene una resolución de 10 000 posiciones a lo largo de cada uno de los ejes de visión, o cerca de 100 millones de pixels (realmente hay cerca de 100 millones de células en forma de bastón en cada ojo, para detectar la sombra y el movimiento, y 6 millones de células para detectar colores y detalles finos). El diámetro de los filtros sombrero típicos, usados en los experimentos de visión computarizada, tienen un rango de entre 10 y 30 pixels, pero estos experimentos están basados en imágenes de solo 1000 pixels en un lado. El tamaño razonable en promedio para un filtro sombrero de un ser humano seria de cerca de 100 por 100 pixels. Si tenemos cerca de 3 diferentes sombreros para objetos de tamaño diferente, y una memoria de recomputacion de la imagen a razón de 30 veces por segundo, tendremos que el siguiente número de multiplicaciones por segundo: $10\ 000 \times 10\ 000 \times 100 \times 3 \times 30$ es decir cerca de 100 billones. Ahora bien, una computadora personal típica, puede realizar cerca de 100 000 multiplicaciones por segundo. Por lo tanto, necesitaríamos cerca de mil millones de computadoras personales para representar la detección de bordes que tiene la capacidad de la visión humana, y esto es solo para un ojo.

Los sistemas de visión computarizada típicos demandan un número menor de especificaciones. Una resolución de imagen típica es de cerca de 1000 por 1000 pixels, los cuales requieren filtros más pequeños de cerca de 25 por 25 pixels. Con tres filtros de diferente tamaño y una memoria en razón de 30 imágenes por segundo, tenemos $1000 \times 1000 \times 25 \times 25 \times 3 \times 30$, y solo 60 mil millones de multiplicaciones por segundo, los cuales podrían ser ejecutadas en un tiempo real por solo 600 000 computadoras personales.

Esto nos trae de regreso al tema de la computación digital versus la computación análoga. La necesidad de un proceso en paralelo masivo (hacer muchas computaciones al mismo tiempo), puede revertirse, al menos parcialmente, con la tendencia hacia la computación análoga. Aún cuando es posible llevar a cabo miles de millones de computaciones digitales, por segundo, en nuestras computadoras más poderosas, estos sistemas son muy grandes y costosos. Las computaciones descritas arriba para el filtro sombrero, no necesitan niveles altos de exactitud o de repetición, por lo que sus multiplicaciones análogas serían satisfactorias. Multiplicar 60 mil millones de números análogos por segundo (600 000 elementos de computación que realizan 100 000 multiplicaciones por segundo) podría llevarse a cabo utilizando circuitos VLSI en un sistema relativamente compacto. aún los 100 billones de multiplicaciones por segundo requeridas por la visión humana, si bien están fuera de la cuestión del uso de circuitos digitales, no son enteramente impracticables usando técnicas análogas. Después de todo el ser humano realiza tareas de filtro de imágenes usando solamente esta combinación de métodos: el proceso paralelo masivo y la computación análoga.

El sistema visual humano recoge una imagen con 100 millones de células (en forma de bastón y cónicas) especializadas. Múltiples disposiciones, cada una comparable al número de células, tendrían la capacidad de realizar transformaciones similares a la del filtro sombrero descrita arriba. De hecho, la corteza visual del cerebro contiene cientos de disposiciones, por lo que estos pasos de filtración son las primeras transformaciones en la extensa (pero rápida) labor de procesamiento que experimenta la imagen visual.

Las imágenes de ambos ojos necesitan ser procesadas, y luego necesitan ser fusionadas en una sola, a través de una técnica llamada estereopsis. Podemos detectar la profundidad como resultado de tener dos ojos; esto es, podemos determinar la distancia relativa de los objetos que vemos. Debido a que nuestros ojos están un poco separados, el mismo objeto estará ligeramente alterado en las imágenes que ellos reciben. La cantidad de

modificaciones esta determinada por relaciones trigonométricas simples. Los objetos distantes tendrán pequeños cambios, mientras que los objetos cercanos tendrán grandes cambios. Sin embargo antes de que nuestro sistema visual pueda aplicar la trigonometría al problema de la determinación de la profundidad, necesita alinear los objetos correspondientes en los dos campos visuales. Esto es más difícil de lo que parece. Los experimentos indican que hacer corresponder la imagen de cada objeto en el campo visual de un ojo con la imagen de ese objeto en el campo visual del otro, debe llevarse a cabo después de la detección de los contornos. Una vez que se ha llevado a cabo la detección de los contornos, estos pueden hacerse corresponder usando técnicas adicionales de reconocimiento de patrones

Una vez que los contornos son detectados y las imágenes duales son fusionadas con la información correspondiente de la profundidad considerada, se vuelve posible empezar con procesos más sutiles de discriminación. Los contornos y las profundidades pueden ser organizados en superficies, las texturas de las superficies pueden ser estimadas, y finalmente identificados los objetos por si mismos.. En este proceso se usa una gran cantidad de conocimiento sobre los tipos de objetos que esperamos ver en nuestro entorno. Aquí claramente se utiliza el paradigma de la hipótesis y la prueba: la gente generalmente ve lo que espera ver en una situación. Experimentos visuales han demostrado que la gente continuamente desconoce objetos que no son esperados, si parecen ser similares a aquellos que son esperados. Esto indica que la prueba de la hipótesis ha dado un resultado positivo. Si un objeto poco común no corresponde con nuestra hipótesis (p_e , la prueba falla), entonces probablemente atraerá nuestro foco de atención.

Ahora hemos descrito una forma fundamental en la cual el reconocimiento de patrón en general, y la visión en particular, difieren de los procesos lógicos del pensamiento. La esencia de la lógica es secuencial, mientras que la de la visión es paralela. No se sugiere con esto que el cerebro humano no incorpore ningún proceso paralelo en su análisis lógico, si no que el pensamiento lógico involucra consideraciones de una sola transformación e implicación a la vez. Cuando hablamos de paralelismo en la visión humana (y en cualquier intento verdadero por emular la visión en una maquina), no estamos hablando de que se lleven a cabo unas pocas computaciones al mismo tiempo, sino de miles de millones de estas a la vez. Los pasos después de la detección de las siluetas, también conllevan una gran cantidad de computaciones, muchas de las cuales se realizan también a través del paralelismo masivo

Solo en el estado final del proceso empezamos a razonar acerca de lo que hemos visto, y así introducimos más transformaciones lógicas secuenciales. Aunque la visión involucra una cantidad más vasta de computaciones que los procesos lógicos, esta acompañada de mucho más rapidez porque el número de estados procesados son relativamente pocos. Los billones de computaciones requeridas por el sistema visual humano para ver y reconocer una escena pueden llevarse a cabo en una fracción de segundo.

Esto explica la naturaleza relativamente automática (no controlada conscientemente) de la visión: estos tremendos circuitos paralelos están constantemente procesando información y canalizando los resultados al siguiente estado. No es un proceso que podamos parar, a menos que cerremos nuestros ojos, y aún así tenemos problemas para evitar que nuestra imaginación nos presente imágenes para analizar.

El pensamiento lógico parece tener un desarrollo evolutivo más reciente que el reconocimiento de patrones, y requiere de un control consciente mayor sobre cada paso secuencial. La cantidad de computaciones requeridas no es tan vasta, y parecen estar implicados menos paralelismos masivos. Esta es una de las razones por las que se ha tenido éxito en emular estos procesos lógicos más "avanzados" en máquinas "inteligentes". A pesar de la relativamente lenta velocidad de los circuitos neuronales, el paralelismo masivo del cerebro humano lo hace capaz de hacer computaciones más vastas que las de las computadoras de hoy en día. Por ello, la carencia relativa de capacidad computacional de las computadoras actuales (menos las de procesos actuales), han puesto de manifiesto su capacidad para emular un nivel de proceso visual comparable con el de la visión humana. En la tarea menos computacional y difícil de resolver problemas y jugar juegos, aún las computadoras fueron lo suficientemente competentes para alcanzar niveles creíbles. Contrariamente, la capacidad del cerebro para realizar procesos masivos es al menos una de las claves de la aparente superioridad humana al pensamiento computarizado, en áreas como la visión.

3.6 PROCESAMIENTO PARALELO

La comprensión de esta superioridad ha enfocado la tensión en romper el cuello de botella convencional de Von Neumann: Las computadoras de procesador único por ejemplo, la maquina de conexión de W. Daniel Hills, es capaz de realizar 65536 computaciones al mismo tiempo, y están en camino las maquinas con paralelismos de un millón de desarrollos. Miles de millones de procesos simultáneos, particularmente si son combinados métodos análogos con métodos digitales que están siendo contemplados.

La comprensión de ciertos procesos mentales críticos son procesados paralelos inherentemente masivos en lugar de secuencias, también a atraído la atención hacia la red neural con una aproximación para construir maquinas inteligentes. El concepto de la década de 1960, sobre la maquina de red neural, incorporo modelos de neuronas muy simples y un número relativamente pequeño de neuronas (cientos o miles) organizadas en uno o dos estratos. Estas fueron dispuestas si un algoritmo de tarea orientado específicamente y se espero a que se organizaran por ellas mismas mediante la recomposición de las conexiones interneuronales sobre la base de retroalimentación proporcionada por el entrenador humano. Estos sistemas fueron capaces de reconocer formas simples, pero Minsky y Papert demostraron, en su obra clásica *Perceptrons* que esencialmente estaban respondiendo a valores individuales de pixels contra plantillas almacenadas. Estas redes neuronales recientes, simplemente no estaban capacitadas para discriminaciones más sofisticadas. Como se noto anteriormente la escuela de la década de 1980 sobre redes neuronales, usa modelos de neurona potencialmente más capaces que pueden incorporar sus propios algoritmos. Los diseños son sistemas Target con millones de neuronas artificiales organizadas dentro de muchos estratos. Aunque el paradigma de organización por si mismo continua siendo popular, su papel puede seguir siendo limitado. Los algoritmos predeterminados pueden ser contruidos dentro de hormonas que se modelan a si mismas y dentro de la organización de cada estrato. Por ejemplo un estrato diseñado para detectar contornos debe estar organizado de manera diferente, a uno para integrar contornos en superficies. Desde luego, esto continua estando muy lejos del sistema visual humano, con sus miles de millones de neuronas organizadas en cientos de estratos. Aún tenemos una gran limitación para entender los

algoritmos incorporados en la mayoría de los estratos o incluso como son sus funciones. Será requerida una gran penetración dentro de estos temas antes de que las redes neurales puedan resolver problemas reales. Minsky y Papert permanecen críticos ante la excesiva confianza de los nuevos coleccionistas en el paradigma de la organización por si misma de las redes neurales. En el prologo a una nueva versión de PERCEPTRONS (1988) manifiestan:

“ Nuestra posición sigue siendo la misma de cuando escribimos el libro creemos que este campo de trabajo es inmensamente importante y rico, pero suponemos que su crecimiento requiere de un grado de análisis crítico, que sus abogados más románticos, han siempre estado renuentes a conseguir quizá porque el espíritu del conexionismo se ve a si mismo como si fuera en contra del carácter del rigor analítico”.

Otra diferencia entre el pensamiento lógico y el de la imaginación, es el flujo gradual de la degradación catastrófica. En la visión animal es irrelevante la falla de cualquier neurona para poder realizar sus tareas. Aún cuando porciones substanciales de la corteza visual pudieran ser defectuosas, el impacto de la calidad de los resultados finales es relativamente pequeño. Dejando de lado el daño físico que los ojos puedan tener, la habilidad del cerebro para procesar imágenes visuales típicamente degradadas, es la misma que degrada una imagen holográfica (tercera dimensión generada por láser). Las fallas de elementos individuales solo se sustraen marginalmente del resultado completo. Las fallas de cualquier paso de la cadena de deducciones lógicas e inferencias, arruinan el resto del proceso de pensamiento. Muchos errores son catastróficos, (en el sentido de que llevan a un resultado invalido). Tenemos alguna habilidad para detectar problemas en los últimos estados es decir, darnos cuenta de que las hipótesis deben de haber estado fallando, y entonces tratar de corregirlas, pero nuestra habilidad para hacer esto es limitada

La diferencia entre el pensamiento paralelo y el pensamiento secuencial, es considerable en la adquisición de destrezas cuando por primera vez aprendemos a realizar una tarea de reconocimiento de patrones (por ejemplo, aprender un nuevo tipo de alfabeto, o en un alto nivel aprender una nueva lengua), usamos nuestra capacidad de razonar a través de la toma de decisiones las tareas requeridas. Esto tiende a ser lento deliberado y consiente. En

la medida de que “amaestramos” la nueva tarea, nuestras facilidades paralelas toman la dirección y no necesitamos pensar conscientemente a través de cada paso para que parezca suceder automáticamente. Hemos programado nuestro sistema paralelo de reconocimiento de patrón para que tomen la dirección del trabajo. El proceso de reconocimiento se transforma sustancialmente en algo más rápido, y dejamos de ser conscientes de los pasos del proceso. Los experimentos de percepción visual han indicado que cuando leemos, no realizamos reconocimientos de caracteres individuales para después agruparlos en palabras, sino más bien reconocemos palabras enteras y aún grupos de palabras en paralelo. Si tenemos que razonar a través de cada discriminación, nuestra velocidad de lectura sería extremadamente lenta. Ciertamente la velocidad de lectura de un niño es muy lenta, hasta que el niño ha programado con éxito sus facilidades de reconocimiento de patrones paralelo, para conocer primero letras individuales, después palabras y finalmente después de años grupos de palabras.

Hay un fenómeno similar a la salida (output) en la inteligencia humana. Cuando aprendemos a realizar ciertas tareas que involucran la coordinación de nuestros músculos (aprender deportes o hablar una nueva lengua) empezamos cada paso del proceso deliberada y conscientemente. Después de “dominar” la nueva destreza, somos conscientes de las tareas de nivel más alto, no de los pasos individuales. Hemos ido del pensamiento secuencial al pensamiento paralelo. Una de las objeciones que se han presentado es que las computadoras parecen carecer de la habilidad de este pensamiento paralelo porque las computadoras carecen de intuición. Es verdad que el pensamiento puramente lógico de muchos sistemas expertos, no tienen la capacidad de alcanzar esta categoría vital del pensamiento paralelo masivo. Sin embargo tampoco es valido concluir que las maquinas son inherentemente capaces de usar este proceso de aproximación.

Nadie ha sido capaz de programar una computadora para realizar un reconocimiento de una cara en parte porque nadie puede empezar a describir como realizamos esta proeza. En general, encontramos más fácil reconstruir nuestro proceso mental de pensamiento secuencial que el de pensamiento paralelo, porque estamos conscientemente enterados de cada paso de este proceso

3.7 LOS PRINCIPIOS DEL RECONOCIMIENTO DE PATRONES

Construidos sobre la base de las observaciones citadas con anterioridad podemos describir varios principios que gobiernan exitosamente los sistemas de reconocimiento de patrones. Mientras que las implementaciones específicas y las técnicas difieren en cuanto al área del dominio de un problema a otro, los principios siguen siendo los mismo

Es claro que el procesamiento paralelo es importante, particularmente en los primeros estados del proceso, ya que la cantidad de información se reduce considerablemente en cada estado de procesamiento. Generalmente las tareas de reconocimiento de patrón requieren jerarquía de decisiones. Cada estado tiene su propia manera de representar la información y sus propios métodos para derivar la información del estado previo. Por ejemplo en la visión, representamos el dato original de la imagen en términos de intensidad de valores de los pixels. Por otro lado, la hipotetización de los segmentos de línea, probablemente sea representada en relación a las coordenadas de los finales de cada largo de segmento, con información adicional acerca de las características de cada segmento (curvatura, diseminación de bordes, sombreados, etc.). De manera similar, las superficies son representadas por un gran número de coordenadas más la información recabada sobre las características de la superficie. Una gran variedad de métodos han sido inventados para representar objetos, Incluyendo el esquema básico: el esquema 2D y el modelo del mundo.

La segmentación es una clave en el análisis de la representación de cada estado. En el reconocimiento del habla por ejemplo, necesitamos dividir una muestra de habla continua en pequeños segmentos, como son las palabras o quizás los fonemas (sonidos básicos). Escoger los tipos apropiados de segmentos para cada estado es una de las decisiones más importantes. Una vez localizados los segmentos pueden ser descritos. En la visión, por ejemplo, una vez que hemos segmentado una escena en segmentos de línea, podemos describir la naturaleza de los segmentos. Luego segmentamos la representación del contorno en las superficies si etiquetamos las superficies con sus características. Después de haber determinado los estados de procesamiento, las representaciones de información contenidas en cada estado, los segmentos que son extractados, y el tipo de clasificación deseada para cada segmento, nos enfrentamos con el corazón del problema. diseñar los

métodos que hagan las decisiones de segmentación y de clasificación. El paradigma más exitoso que se ha encontrado para llevarlo a cabo es el de los expertos múltiples. Usualmente los únicos métodos para realizar tareas de reconocimiento específico son muy imperfectos. La información teórica nos dice que con varios métodos independientes de baja exactitud relativa, podemos alcanzar altos niveles de exactitud si los combinamos en una cierta manera. Estos métodos múltiples, llamados expertos, son considerados independientes si tienen lo que se llama invariabilidad octagonal, esto es capacidades independientes. Otra manera de decir lo mismo es que los diferentes expertos (también llamados algunas veces fuentes de conocimiento), tienden a hacer diferentes tipos de errores. El objetivo es ensamblar un grupo de expertos lo suficientemente diverso, de tal manera de que por cada patrón que se presente, al menos uno de los expertos tendrá la pericia de responder correctamente. Desde luego aún tenemos que decidir que experto está en lo correcto así como lo hacemos en la vida cotidiana.

CAPITULO 4. EJEMPLO DE AFIS

Dado el objetivo principal de este trabajo, que es el de verificar la factibilidad del uso de Reconocimiento de patrones en el área de dactiloscopia, se presenta en este capítulo las características, un ejemplo práctico y aplicaciones de AFIS (Automated Fingerprint Identification System), incluyendo como se procesa una imagen, la comparación de características, y su manejo en los Estados Unidos.

4.1 APLICACIONES DE AFIS

Hoy en día la tecnología nos invade en cada parte de nuestra vida, nos ayuda a encontrar soluciones y resolver problemas que nunca antes habían sido posibles de resolver. Las agencias de aplicación de justicia son unas de las muchas que han encontrado la tecnología para obtener grandes beneficios. Viéndolo de otra manera nos auxilia en la lucha contra el crimen, las agencias han usado la tecnología de diferentes maneras, esto se ve frecuentemente en la compra de nuevo hardware o software; esto puede ser un nuevo equipo para asistir en la localización y detección de evidencias físicas en escenas del crimen o en el laboratorio; esto puede ser una técnica para acelerar el proceso que en otras ocasiones tomaba desde semanas hasta incluso años.

4.1.1 POSITIVE IDENTIFICATION - SERIES PID

Positive Identification (PID) es una tecnología NEC, un producto nuevo para mercados nuevos, que tienen necesidades de identificación de huellas. PID es un sistema de captura, almacenamiento, búsqueda y comparación de huellas, que incorpora NEC a la tecnología de AFIS, que escanea y captura imágenes de las huellas digitales, para la identificación y verificación de personas.

La tecnología de impresión de huellas ha sido restringida tradicionalmente a aplicaciones

criminales o legales, donde los sistemas se pueden dar a grandes dependencias de justicia.

Implementando nuevas tecnologías de hardware y software, PID ofrece una solución competitiva financieramente para las aplicaciones actuales, y para otros mercados, donde la identificación y verificación de huellas son necesarias. Con estas nuevas aplicaciones ahora se ofrece:

- Procesamiento de plantas de los pies.
- Plataformas de cómputo más potentes.
- Arquitectura escalable.
- Bajos costos de implementación.

PID toma ventajas de las anteriores y ofrece:

- Verificación de personas
- " ¿Es esta persona quien dice que es ?"
- Identificación de personas
- " ¿Quien es esta persona?"

Las arquitecturas cliente-servidor y escalables ofrecen en combinación con la tecnología de NEC, hacer de PID una solución competitiva en cuanto a precio para las aplicaciones de identificación.

PID esta basada en la tecnologia AFIS, combinando tecnología con los más avanzados metodos de reconocimiento de patrones disponibles hoy en dia, además de la tecnología de punta.

4.1.2 KIT PID

PID esta disponible para integrarse aplicaciones existentes. Solo se requiere un KIT para que a través de Windows - standard API's (Application Programming Interfaces) pueda utilizarse.

Las aplicaciones PID ofrecen las siguientes opciones.

- Servidores ProServa Intel-based para soluciones de software.
- Servidores basados en tecnología RISC (UNIX).

El ProServa es un procesador con capacidad cuádruple, procesador Pentium PRO (200 Mhz.) servidor diseñado específicamente para conocer las demandas de la aplicación. La memoria principal del ProServa se puede expandir a 1 Gb., cuenta con 11 slots para drives y tiene una capacidad de cientos de huellas por segundo.

PID implementado con tecnología RISC (UNIX), desarrollada para aplicaciones más complejas, esta construido como un hardware separado conocido como Fingerprint Matching processor (FMP), es un procesador especializado, diseñado exclusivamente para mejorar los rangos de comparación de huella en un rango de miles de huellas por segundo.

Esta implementación hace uso del servidor basado en el UP4800 de UNIX.

Para complementar lo anterior se ilustran las especificaciones técnicas de PID.

TABLA 4.1 Especificaciones técnicas.

| | WORKSTATION | SERVERS | |
|-----------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|
| PLATAFORMA | PENTIUM™ PENTIUM PRO | PRO SERVA PH | UP4800 SERIES |
| CHIP | INTEL™ | INTEL™ | MIPS R 4400MC |
| # DE CPU's | 1 | 1-4 | 1-4 |
| VELOCIDAD | 90-200 MHz | 200 MHz | 180 MHz |
| SIST. OPERATIVO | WINDOWS 3.11/ WINDOWS 95 | WINDOWS NT™ | UP-UX/V (Versión 4) |
| INTERFASES | | ETHERNET TCP/IP | |

Fuente: NEC, 1998

4.2 AFIS

Una área muy interesante para los investigadores en el departamento forense de la

procuraduría de justicia ha sido el AFIS. AFIS es el acrónimo de Automated Fingerprint Identification System (Sistema Automatizado de Identificación de Huellas). Este sistema usa imágenes de huellas scaneadas por computadora como entradas, remueve el ruido de las imágenes usando técnicas de dominio de espacio y frecuencias, extrae la orientación de la cresta de cada dedo, lo clasifica en subcategorías y entonces entre las subcategorías las compara con las huellas correctas. Esta es una tecnología probada o puesta a prueba, y es necesario correr mucho más chequeos de huella para que sea factible respecto al procesamiento manual de las mismas.

Actualmente AFIS tiene una variedad de licencias de software. Las Bibliotecas de software están actualmente disponibles para Windows NT y OS/2. También para Solaris y para bibliotecas de plataforma UNIX. Las licencias de evaluación en el sitio y licencias de demostración también están disponibles.

La estación de trabajo AFIS y las agencias federales en 10 estados comprenden la Western Identification Network (WIN)

A nivel mundial cuenta con:

51 sistemas.

55 millones de personas en línea

En Estados Unidos

38 Sistemas.

39.5 millones de personas en línea.

4.2.1 LISTA DE CLIENTES

A nivel mundial el sistema AFIS cuenta con un sinnúmero de clientes dentro de los cuales están:

- Alameda Country Sheriff 's Dept.
- Middlesex Country Jail.
- Pike Country Jail
- Sedgwick Country Jail
- La Porte Hospital.

Para mayor detalle, ver el anexo con lista completa de clientes en todo el mundo.

4.2.2 ESTACION DE TRABAJO

Tabla 4.2 Especificaciones técnicas del equipo AFIS.

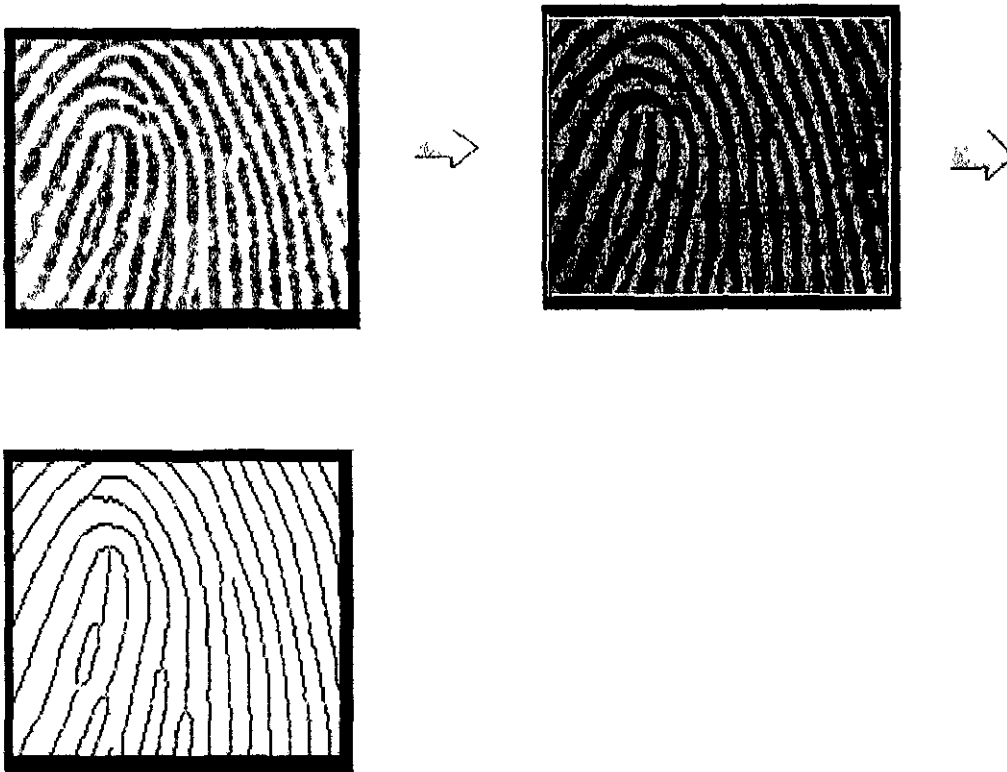
| | | | |
|--|-----------------------------|--|------------------------------|
| ESTACION DE TRABAJO TIPICA EWS SERIE 4800 | EQUIPO STANDARD | | |
| | RANGO DEL PROCESADOR | R-4400 PC - R4400 SC | |
| | MEMORIA | 16-384 MB | |
| | DISCO DURO | 1.1 - 30.4 GB. | |
| | INTERFACES | Ethernet, FDDI RS - 232, Centronics, SCSI-II | |
| | SISTEMA OPERATIVO | EWS - UX/V (Ver 4) | |
| | INTERFASE DE USUARIO | X- WINDOWS OSF/ MOTIF | |
| | DISPLAY | 20" Color CRT, 1280 X 1024 a 256 colores | |
| | MOUSE | Optico de 3 Botones | |
| | EQUIPO OPCIONAL | | |
| | LECTOR DE HUELLAS | VELOCIDAD DE SCANEOR RESOLUCION | 2 SEG/HUELLA 500 DPI |
| | SCANNER DE HUELLAS LATENTES | RESOLUCION | 500 DPI, 256 NIVELES DE GRIS |
| | IMPRESORA | RESOLUCION | 400 DPI |
| IMPRESORA A COLOR | RESOLUCION | 300 DPI | |

Fuente: <http://www.nec.com>, 1998

4.3 PROCESAMIENTO DE IMAGENES

Las imágenes capturadas de las huellas son procesadas por una serie de algoritmos de procesamiento de imágenes para obtener un esqueleto de imagen claro sin ambigüedades, de la impresión original, clarificando áreas manchadas y remediando cicatrices y cortadas.

Figura 4.1 Pasos del Procesamiento de Imágenes.



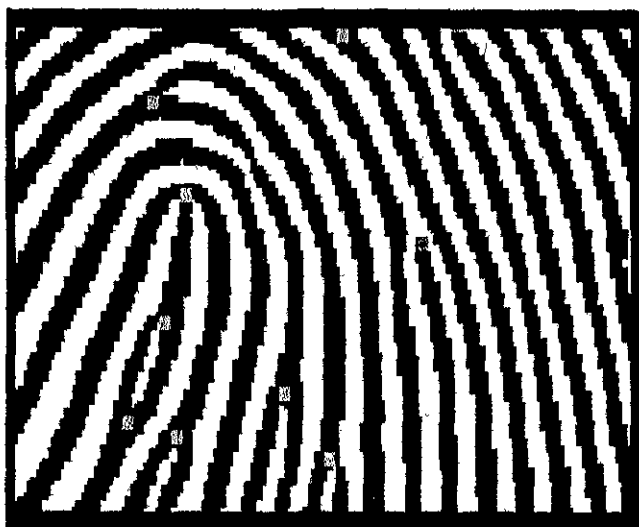
Fuente: <http://www.east-shore.com/tech.html>, 1998

4.3.1 DETECCION DE RASGOS O CARACTERISTICAS PARA SU COMPARACION

Las crestas y bifurcaciones pequeñas dentro del esqueleto de la imágenes son

identificadas y codificadas, suministrando lugares críticos, orientación e información de enlace para efectuar la comparación.

Figura 4.2 Detección de rasgos para ser comparados.

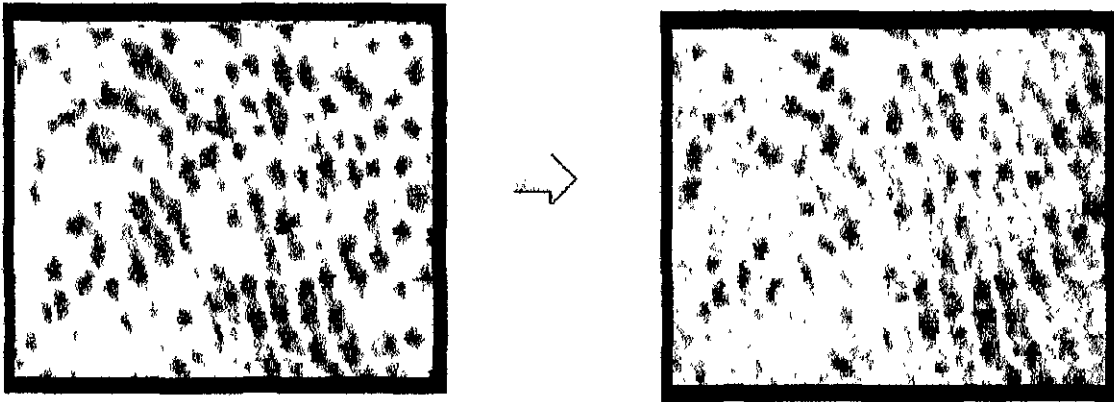


Fuente: <http://www.east-shore.com/tech.html>, 1998

4.3.2 BUSQUEDA PARA COMPARACION DE HUELLAS

El confrontador patentado "hiperescalable" compara datos a partir de los datos de entrada contra todos los registros en la base de datos para determinar si existe un dato probable. Las impresiones parejas de poca calidad, si contienen criterio "hiperescalable" son identificadas.

Figura 4.3 Comparación de huellas.



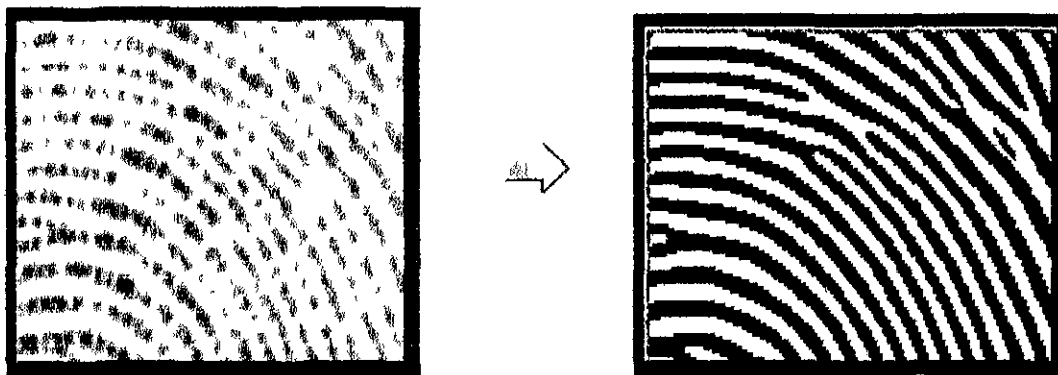
Fuente: <http://www.east-shore.com/tech.html>, 1998

En este proceso se suministra la más alta precisión minimizando fallas positivas. El software no es solamente innovador sino que también:

- Robustece la calidad de imagen
- Scanea y captura huellas latentes y huellas entintadas que están a menudo borrosas, manchadas o destrozadas (como se muestra abajo)

Las crestas a menudo presentan discontinuidades y varían mucho en cuanto a los contrastes. Las cicatrices y pliegues pueden existir o desaparecer, dependiendo de cuando es tomada la huella, y por supuesto cuando los dedos se encuentran sucios o muy sudados. El procesamiento de imágenes está diseñado para robustecer al máximo esos problemas. Las huellas son limpiadas y "clarificadas" a fondo, antes de codificar la impresión, minimizando lo más posible el problema de "basura dentro, y basura fuera" de la huella

Figura 4.4 Eliminando "basura" de la huella.



Fuente: <http://www.east-shore.com/tech.html>, 1998

4.3.3 ROBUSTECER LA COLOCACION DE LA HUELLA

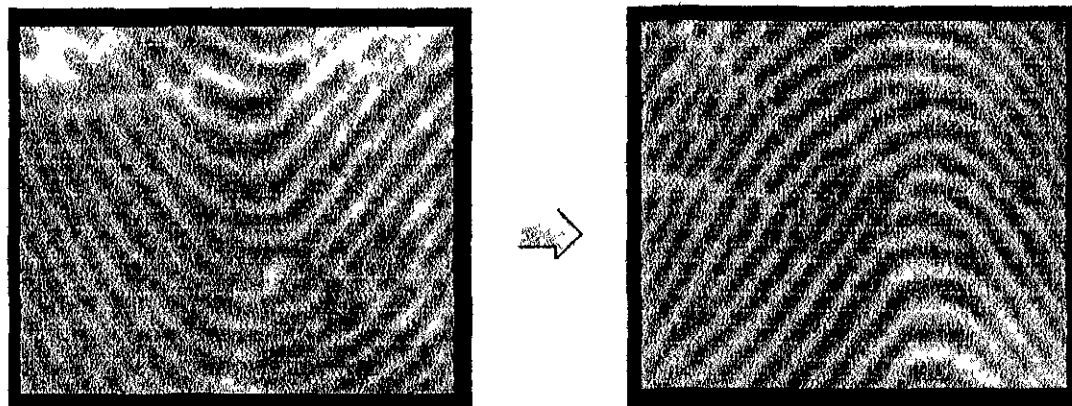
La colocación de la huella en el centro del scanner no es crítico. Para capturar los datos de la huella por la cámara, no se requiere que la imagen este perfectamente centrada para que la cámara la tome correctamente.

La área del detector (parte del procesamiento de imágenes) localiza la imagen del dedo y procesa dicha imagen sin tomar en cuenta su locación. No es necesario ningún núcleo o punto de referencia dentro de la huella para hacer dicha localización.

4.3.4 ROBUSTECER LA ORIENTACION DE LA HUELLA

La confronta de un dedo se realiza colocando el dedo en el scanner en cualquier ángulo. La orientación de los dedos no es un problema significativo. Incluso el dedo puede ser colocado en cualquier ángulo extraño (al revés) dentro del scanner como se ve abajo la misma huella en distintos ángulos.

Figura 4.5 Orientación de la huella.



Fuente. <http://www.east-shore.com/tech.html>, 1998

Este procesamiento codificado y confrontado de imágenes es el mejor actualmente disponible. El algoritmo ha sido diseñado para trabajar bien bajo condiciones adversas ya que se suministran resultados con alta precisión mínimos errores

Cuando se cuenta con suficiente información contenida en la imagen para hacer una identificación es más rápido hacer el rastreo en la base de datos proporcionando resultados muy importantes.

4.4 TECNOLOGIA DE HUELLAS INCORPORADA.

Las soluciones que se requieren de un sistema de identificación de huellas deben ser exactas por la importancia que tienen los pliegues de huellas en la identificación de una persona. Dichas soluciones pueden ser directamente incorporadas en sistemas diseñados para:

- Buscar huellas scaneadas en bases de datos locales y nacionales.
- Mejorar marcas latentes de búsquedas forenses de la ficha decadactilar.
- Verificar la identificación usando cualquiera de las bases de datos (locales y nacionales)

4.5 IMPLEMENTACIONES

La implementación de sistemas incorporados de identificación y autenticidad biométrica ha sido demostrado alrededor del mundo incluyendo diversas naciones como. Argentina, Alemania, Bangladesh, Etiopía, Francia, Taiwan, México, Reino Unido, Sudáfrica, Estados Unidos y algunos otros países.

4.5.1 APLICACIONES CIVILES

Las aplicaciones incluyen beneficios sociales, de pensiones, tarjetas de identificación, pasaportes, licencias de vehículos automotores, credenciales para votar, tarjetas de inmigración, permisos de trabajo y otros sistemas de seguridad.

4.5.2 APLICACIONES CRIMINALES Y DE JUSTICIA

Los sistemas forenses de identificación de huellas incluyen el típico arresto y los sistemas de rastreo en la escena del crimen, por lo que un sistema automatizado responde tan rápido y tan bien, que hace posible la procuración de justicia en cualquier país para disminuir el índice de personas que huyen de la justicia.

4.5.3 USO DE AFIS EN ESTADOS UNIDOS

Las huellas alrededor de 1920 han sido esenciales en la identificación de sospechosos criminales. El sistema manual el cual ha sido utilizado por mucho tiempo y requiere de una labor intensiva y a menudo concluye con resultados desfavorables

Hay muchos pasos para que las huellas sean analizadas y procesadas. Cuando las huellas son levantadas en el lugar del crimen, o cuando un sospechoso es fichado (proceso mediante el cual se obtienen los datos e impresiones dactilares de los 10 dedos del individuo), en alguna delegación de policía, las huellas son analizadas, clasificadas y buscadas en los archivos del departamento de dactiloscopia e identificación para ver si esta persona cuenta o no con antecedentes penales. Si las huellas no se encuentran en el archivo la ficha decadactilar es

enviada al departamento de estado de huellas para analizar en la base de datos del país. Si el sospechoso no es identificado ahí, entonces la ficha es enviada al FBI, donde se busca usando datos descriptivos, clasificación y subclasificación de las huellas, puntos característicos que son introducidos a la computadora y buscados en la base de datos usando características únicas de detección. Si los resultados de búsqueda arrojan candidatos, las tarjetas de esos candidatos son comparadas por un examinador de huellas. Si el examinador encuentra una tarjeta con las características enunciadas, la agencia en la cual se emitió la ficha decadactilar es notificada de la actividad criminal del individuo. Si no existen características la tarjeta es agregada a la base de datos del FBI.

Cada candidato potencial requiere de reparación manual y de la colocación de la tarjeta original de las huellas.

Durante 1995, el FBI recibió 40000 tarjetas cada día, y sólo fué capaz de procesar 37000. La acumulación de tarjetas al final de 1995 fué de alrededor de 1000 000 de tarjetas y esta sigue creciendo. Los sistemas de registro manual de huellas son incapaces de cubrir las necesidades diarias y de proporcionar información exacta.

AFIS ha sido diseñado para resolver esos problemas, y es una manera avanzada para identificar positivamente a los criminales.

4.6 HUELLAS SCANEADAS LATENTES

En el presente las fichas decadactilares han sido reemplazadas, las huellas normalmente son tomadas entintando los dedos y presionándolas sobre papel. Esas huellas han tenido muchos problemas asociados con la tinta tales como huellas manchadas, entintadas y mal tomadas. Si el delincuente no coopera, y el perito en dactiloscopia que toma las huellas entinta demasiado los dedos, una nueva ficha decadactilar debe de ser llenada. Esto puede causar problemas si dicha tarjeta ya estaba completamente llena en cuanto a datos. Esas tarjetas también deben de ser examinadas manualmente, procesadas, archivadas y sustituidas.

El nuevo sistema procesará electrónicamente la captura de las huellas con un hardware desarrollado especialmente para ello. La resolución de las imágenes están en el promedio de 250 a 500 de dpi con una escala de gris de 256 colores. El operador podrá tener una

presentación preliminar de cada huella y determinar cuales de ellas no son aceptadas por el sistema. El scanner le permite al operador conocer si la huella fué bien scaneada o no, además de verificar si la huella es muy clara o muy oscura, para determinar la más alta calidad posible de la imagen impresa.

Generalmente son necesarias varias fichas decadaactilares para ser suministradas a la localidad, estado o país ya que cada uno tiene su propio formato. Con este nuevo sistema el sujeto es fichado una sola vez y se envían todas las copias que sean necesarias a quien lo solicite.

El sistema incluye captura de rasgos faciales y entrada de información demográfica. Toda esta información será enviada como un paquete sencillo vía red, y los registros serán automáticamente actualizados en la base de datos central de AFIS. La estación central establecerá la identidad de huellas latentes levantadas en la escena del crimen por medio de la búsqueda iniciada en el sistema para que el caso no se quede sin resolver.

4.7 DANDO REALZE A LA IMAGEN

Otra característica que esta incorporada a AFIS es la habilidad para limpiar o remover el ruido de la huella latente (una huella latente es la impresión del dedo recogida en la escena del crimen impregnada en cerraduras de puerta, paredes, ropa, armas de fuego, cristales y otros artículos encontrados dentro o cerca del lugar). Esto es realizado por un programa de computadora que esta integrado con el sistema AFIS, y permite da concede para un análisis completo de la imagen y un aumento en la solución para huellas latentes. Esto además permite el despliegue de huellas juntas, así los examinadores pueden comparar, trazar rastrear, hacer un acercamiento de la propia huella El programa también usa formatos de archivo standard así las imágenes pueden ser transferidas libremente a los estados y a las agencias de justicia para su uso. He aquí una lista de las características usualmente disponibles.

- Una ventana de comparación la cual permite al usuario comparar dos huellas juntas, rotarlas, trazar líneas en los puntos característicos, y salvar los datos a una galería de imágenes.
- Una función independiente para hacer más visibles las áreas de bajo contraste.

- El usuario puede ver que frecuencias serán removidas cuando se clarifica una imagen con ruido.
- Herramientas de dicción y trazo manual.
- Ir de la huella de entrada a los resultados de salida en menor tiempo posible.
- Una base de datos integrada para permitir la captura, almacenamiento y recuperación fácil y eficiente de imágenes.

4.8 EL TIEMPO DA VUELTAS

El cambio actual para una solicitud de huellas varía por varias condiciones. Cierta información demográfica puede ser introducida, como sexo, edad, raza y región geográfica que ayuda a acelerar el procesamiento. Esto también depende de que parte de la huella fué recuperada de la escena del crimen, pero la identificación de huellas latentes involucra calidad de impresión cuando ésta es pobre, requiere más tiempo de búsqueda y comparación. Bajo condiciones normales el tiempo que se ocupa es menor a una hora, pero con una base de datos de 40 millones de personas con diez dedos cada una, hay muchas posibilidades de ser evaluada., la cual puede causar demora, es que únicamente una búsqueda puede ser llevada a cabo en un momento dado. Si una persona en el laboratorio de AFIS está buscando y por otra persona en un laboratorio diferente decide hacer una búsqueda hay una demora u ocurre una colisión.

4.9 AFIS PARA EL FUTURO.

Los oficiales suponen o esperan que AFIS se convierta o llegue a ser una herramienta en la aplicación de la ley todos los días, y anticipan que más de 100 puntos de acceso serán localizados últimamente a través del nivel de estado. El FBI está actualmente trabajando en la integración de una base de datos nacional que ligará todos los estados que están actualmente en el sistema AFIS, para ser ligados en una base de datos nacional. Este sistema redefinirá el proceso de identificación.

La desventaja de AFIS es que no todos los estados están ligados. Así si un crimen es

cometido en un estado que está equipado con AFIS , y se requiere hacer la búsqueda en otro estado que no cuenta con AFIS nos veremos involucrados algunos pasos manuales. Esto hace que el proceso se haga más lento.

El sistema AFIS integrado consistirá en tres segmentos:

- Identificación de tareas y redes (ITN por sus siglas en inglés).
- Índice de identificación interestatal (III por sus siglas en inglés).
- Sistema automatizado de identificación de huellas (AFIS por sus siglas en inglés).

El ITN será manejado por el procesamiento electrónico de las imágenes de las huellas suministrado por servicios de información de justicia. Este interactuará con el III y AFIS y ligas directas al FBI. El segmento III desempeñará búsquedas automáticas biográficas y de nombre en respuesta a las solicitudes ITN y al centro nacional de información criminal (NCIC por sus siglas en inglés).

El segmento AFIS realizará búsquedas automáticas mejoradas a las diez huellas latentes. Esto suministrará listas de candidatos categorizadas en respuesta a la solicitud de ITN y de búsquedas remotas.

El problema actual del FBI es convertir al IAFIS (sistema automatizado integrado de identificación de huellas) más de 30 millones de fichas decadaactilares únicas en el archivo que tienen que ser scaneadas como imágenes electrónicas lo cual ya fué hecho en 1996. La información de esas imágenes será ligada por ITN a información en el III como base de datos de identificación criminal. Así el AFIS ha estado a prueba y se puede decir que es tecnología probada. Esto ha reemplazado a sistemas de papel y tinta utilizados desde 1900 en los cuales las fichas decadaactilares eran guardadas en archivos y los investigadores buscaban dentro de miles de tarjetas para encontrar a algún sospechoso, que para resolver un crimen se tardarían unos 20 años, ya que no ha sido posible identificar criminales bajo el sistema manual. Con las bases de datos locales ligadas a bases federales, por el año 2000 el 75% de las huellas serán transmitidas electrónicamente a través de la red de telecomunicaciones de justicia y por el 2008 sera totalmente automatizado.

CAPITULO 5. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Dado el objetivo principal de este trabajo, que es el de verificar la factibilidad del uso de Reconocimiento de patrones en el área de dactiloscopia, se presentan en este capítulo los conceptos básicos y fundamentales de factibilidad, el objetivo general, los objetivos específicos, y un análisis costo-beneficio.

5.1 FACTIBILIDAD

Un proyecto de sistemas surge en una empresa con el fin de solucionar problemas y la oportunidad de hacer mejores; estos inician cuando la organización realiza un cambio. Las personas que se dedican a los negocios se inclinan más hacia los proyectos de sistemas por dos razones.

- La experimentación de problemas que los conduzcan a soluciones con sistemas.
- La identificación de oportunidades para mejorar por medio de la actualización, modificación o instalación de nuevos sistemas que eventualmente llegan a presentarse.

5.2 CLASIFICACION DE FACTIBILIDAD

Es necesario determinar si el proyecto es factible, la factibilidad se apoya en tres principios básicos: económico, operativo y técnico . Un estudio de factibilidad sirve para recopilar datos relevantes para alta dirección.

5.2.1 FACTIBILIDAD TECNICA

Es importante en la determinación de los recursos, por lo que es necesario investigar los que actualmente están en uso, si se pueden actualizarse o complementarse, de tal manera que satisfaga la necesidad considerada. A veces los complementos de los sistemas llegan a ser muy costosos por lo tanto no valen la pena porque no se cumplen con las necesidades de manera eficiente, si los sistemas en uso no pueden actualizarse, se debe considerar la existencia de alguna tecnología que pueda satisfacer los requisitos. Las preguntas de los aspectos técnicos son las siguientes:

- **¿Existe la tecnología necesaria (o puede adquirirse) para hacer lo que se sugiere?**

Por el momento, el departamento no cuenta con la tecnología necesaria, el presente trabajo es para adquirir e implementar dicha tecnología

- **¿Tiene el equipo propuesto la capacidad técnica para almacenar los datos requeridos y utilizarlos en el sistema AFIS?**

Si, ya que el equipo sólo se puede adquirir con el mismo sistema AFIS, y cumple con las características técnicas para soportar las grandes bases de huellas.

- **¿El sistema propuesto y sus componentes proporcionarán respuestas adecuadas a las preguntas, sin importar el número o ubicación de los usuarios?**

Si, ya que el número de usuarios no es excesivo, y su ubicación estaría junto con el sistema en el mismo departamento de dactiloscopia.

- **¿Existen garantías técnicas de exactitud, confiabilidad, facilidad de acceso y seguridad en los datos?**

- El sistema AFIS ofrece todas las características arriba enunciadas, es por eso que se está proponiendo su implantación.

5.2.2 FACTIBILIDAD ECONOMICA

En la segunda etapa que se lleva a cabo en donde los recursos básicos que se consideran son el tiempo de los empleados que participan en el estudio del sistema, así como también el costo de la realización integral, el costo estimado del equipo y del software comercial para su desarrollo y el costo del tiempo del empleado para la empresa. Esta área origina una pregunta básica: ¿Cuenta la Procuraduría General de Justicia con los fondos necesarios para implementar un sistema, dados los requerimientos de otros proyectos de capital dentro de la dependencia?

Las preguntas económicas y financieras que se plantean, se realizan buscando las siguientes estimaciones:

- El costo de llevar a cabo una investigación completa de sistemas.
- El costo de hardware y el software para el tipo de aplicación considerado.
- Los beneficios en forma de reducción de costos, o menos errores costosos.
- El costo si nada cambia (es decir si el sistema no se implementa).

5.2.3 FACTIBILIDAD OPERATIVA

Al terminar de analizar los recursos técnicos y económicos se pasa a la tercera etapa que es la factibilidad operativa, que esta depende de los recursos humanos que participan durante la operación del proyecto, es decir, se pronostica si una vez instalado el nuevo sistema llegara a funcionar o usarse. También consiste en verificar si el sistema está diseñado en el ambiente de la organización y el personal, en caso de no ser así se pueden adquirir las habilidades suficientes, adiestrar el personal y efectuar otros cambios para que el sistema sea operacional. Las preguntas que ayudan a determinar la factibilidad operativa son las siguientes:

- **¿Existe suficiente apoyo para el proyecto por parte de la Dirección de Servicios Periciales y de la Procuraduría General de Justicia?, ¿También de los peritos en dactiloscopia?**

Por parte de la Dirección de Servicios Periciales, cuyo director Dr. Ricardo George Flores, existe interés por implantar este sistema, es por ello que han brindado todo su apoyo para la realización del proyecto, además por parte de los peritos, también existe la inquietud por automatizar el departamento, y se ha contado también con su apoyo.

- **Si el sistema manual que se lleva actualmente actual gusta y se usa, al grado de que las peritos no ven ninguna razón para cambiarlo ¿Puede haber resistencia?**

El sistema que se lleva actualmente, gusta porque es el único que se tiene, pero no existe resistencia alguna para cambiar al AFIS.

- **¿Son aceptables los métodos actuales del departamento para la atención a los usuarios? Si no lo son , ¿Los peritos aceptarán que los dictámenes fueran más confiables y rápidos?**

Por el momento la expedición de certificados de antecedentes no penales, se hace de una manera rápida y confiable, y en cuanto a los dictámenes e informes evidentemente que los peritos y a los usuarios aceptarán mayor confiabilidad en la realización de estos.

- **¿Se han involucrado los peritos en la planeación e implantación del sistema AFIS? Una participación al iniciar el proyecto reduce las posibilidades de resistencia al sistema y el cambio incrementa la probabilidad de resultados exitosos.**

Dado que el proyecto todavía no se lleva a cabo, no se han involucrado a los peritos en la implantación, pero si en la planeación, y han sido de gran ayuda sus opiniones.

- **¿Causará daño el nuevo sistema?**

En ningún aspecto el sistema AFIS causara daño, el daño será a los delincuentes, ya que ahora será posible identificarlos con el sistema.

- **¿Producirá resultados más pobres en algún aspecto?**

Rotundamente no

- **¿Dará como resultado una pérdida de control en los peritos en dactiloscopia?**

No, ya que se llevará a cabo una planeación organización y control del sistema.

- **¿Será más pobre que antes el desempeño individual después de la puesta en marcha?**

No, por el contrario con la implementación del sistema, el desempeño individual será enriquecido, ya que con los resultados obtenidos de AFIS, el perito informará con mayor rapidez y precisión.

- **¿Los antecedentes penales, se expedirán con mayor confiabilidad, al ser analizados los registros dactiloscópicos?**

Si, ya que ahora a las personas que soliciten sus antecedentes no penales, serán analizadas en la base de huellas, para verificar, si con anterioridad no han cometido algún delito.

5.3 DEFINICION DEL PROBLEMA

5.3.1 UNIDAD DE ANALISIS

Se analizará el Departamento de Dactiloscopia, perteneciente a la Dirección de Servicios Periciales de la Procuraduría General de Justicia.

5.3.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- No cuenta con una infraestructura adecuada en el manejo de información.
- Falta de mayor comunicación entre la dirección y el departamento.
- La información no está integrada adecuadamente.
- Redundancia en el manejo de datos referentes a informes y dictámenes.

5.3.3 VARIABLES INDEPENDIENTES

- No se cuenta con la capacitación y equipo necesario debido a la falta de recursos.
- La falta de ética del personal en el manejo de la información.

5.4 OBJETIVO GENERAL

Incrementar la efectividad y eficiencia en el manejo de las evidencias encontradas en el lugar de los hechos para así poder encontrar al o a los presuntos responsables de algún hecho ilícito.

5.5 OBJETIVOS PARTICULARES

- Dar a conocer la tecnología existente para el manejo de huellas digitales.
- Determinar sus características técnicas.
- Demostrar mediante el presente estudio de factibilidad la implantación de un sistema en el departamento de dactiloscopia, para mejorar la disponibilidad, rapidez y confiabilidad de la información.
- Analizar la autenticidad de los resultados, por medio de un perito en dactiloscopia.

5.6 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

5.6.1 ESTUDIO TECNICO

Por el momento el departamento solo cuenta con una computadora personal HP VECTRA con las siguientes características:

HARDWARE

- Procesador 80486 SX a 33 Mhz.
- 4 MB. En RAM.
- Tarjeta de Video. SVGA
- Monitor SVGA.
- Disco duro de 211 MB.
- Gabinete con fuente de poder de 200 W.

- Mouse
- Drive de 1.44 de 3 ½ "
- Teclado 102 teclas

SOFTWARE

- Sistema Operativo MS-DOS 6.2
- Windows 3.11.
- Word 6.0

Y una impresora marca EPSON modelo:
LQ- 1070 + de 15 pulgadas.

5.6.2 ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO

El estudio propuesto también debe ser analizado en sus costos y en sus beneficios. Deben considerarse en conjunto, ya que se interrelacionan y dependen entre si. El sistema se implantaría con la idea de mejorar el desempeño del departamento de dactiloscopia en favor de la procuración de justicia, incrementar la productividad de los dictámenes, ahorrar tiempo, dinero y ser competitivos a nivel de dependencias de procuración de justicia.

Los costos y beneficios pueden ser de naturaleza tangible o intangible. Los beneficios tangibles son las ventajas cuantificables que obtiene la Procuraduría a través del uso o la implantación del sistema AFIS que puede estimarse en términos de dólares, pesos, recursos humanos y técnicos y el tiempo ahorrado.

Los beneficios intangibles son importantes aunque son difíciles de cuantificar como son: la mejora en las determinaciones legales en las que se involucra la dactiloscopia, el incremento de la satisfacción de los peritos al rendir informes y dictámenes mucho más confiables y el incremento de la capacidad de la Dirección de Servicios Periciales para resolver problemas.

Los costos tangibles incluyen el costo del equipo, costo de los recursos, costos del tiempo de capacitación y salarios del personal que maneje el equipo; estos son los costos que

requerirán del gasto de efectivo de la procuraduría, en este caso a través de la Secretaría de Finanzas del Estado de Puebla.

Los costos intangibles son difíciles de estimar y tal vez no se conocen, como son el perder una ubicación competitiva, demeritar la imagen de la Procuraduría debido a la imparcialidad con la que se manejen los resultados.

Para el manejo de la información que proporcionara el sistema AFIS, y realizar los informes y dictámenes correspondientes se necesita una computadora más actual, con suficiente espacio en memoria RAM y en disco duro para dejar almacenada toda la información para posibles correcciones o aclaraciones, adquirir una computadora de marca tiene un costo aproximado de.

Tabla 5.1 Precios de computadoras nuevas.

| | |
|---|--------------------|
| HP VECTRA 320 | |
| Procesador 586 a 166 MHz, Tarjeta SVGA 16 MB en RAM, 1.6 GB en disco duro Windows 95, Monitor 14 " SVGA | |
| PRECIO | \$12,390 |
| ACER BASIC | |
| Procesador K5 PR a 166 MHz. 16 MB en RAM , 2.1 GB en disco duro Monitor 14" .28 mm. SVGA Multisync | |
| PRECIO | \$13,998.22 |
| COMPAQ PRESARIO | |
| Procesador Pentium, 16 MB en RAM 2.0 GB en disco duro, Monitor 14" SVGA | |
| PRECIO | \$18,029.17 |
| IBM APTIVA | |
| Procesador Pentium a 120 MHz. 12 MB en RAM, Monitor 14 " SVGA. 1.2 GB en disco duro, Windows 95 | |
| PRECIO | \$15,803.64 |

Fuente: INGRAM DÍCOM ENE./ FEB. 1998

Actualizar la computadora con que se cuenta, a las nuevas características tiene un costo aproximado de:

TABLA 5.2 Actualización de una computadora.

| | | |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| PROCESADOR | | |
| INTEL Overdrive Pentium a 100 MHz. | | USD 212 |
| MOTHER BOARD | | |
| INTEL | | USD 208 |
| DISCO DURO | | |
| SEAGATE de 2.0 GB. | | USD 180 |
| MEMORIA | | |
| 1 simm con 8 MB. | | USD 68 |
| | TOTAL | <u>USD 668</u> |
| | APROXIMADAMENTE | \$6,529.70 INCLUYE IVA. |

FUENTE: INGRAM DICOM ENE/FEB 1998.

Ademas para la impresión de los informes, dictámenes, solicitud de servicios, etc., es necesaria una impresora, la cual tiene las siguientes cotizaciones de acuerdo al modelo y la marca, mostradas en la tabla 5.3 :

Tabla 5.3 Cotización de impresoras.

| | |
|----------------------------|------------------|
| IMPRESORA EPSON STYLUS 400 | PRECIO \$2770.35 |
| IMPRESORA HP DESKJET 670C | PRECIO \$ 2957.7 |

Fuente: INGRAM DICOM ENE. / FEB. 1998.

5.6.3 COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACION DE AFIS

Para la implementación del sistema AFIS investigamos su precio en el mercado, para lo cual contactamos al Sr. Christopher M. Warner Gerente de Productos AFIS, vía telefónica y e-mail, el cual nos envió toda la información por correo convencional, pero no nos envió el precio del sistema, preguntamos los motivos, y no obtuvimos respuesta alguna.

Para fines prácticos logramos averiguar en la Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal (PGJDF) el precio estimado del sistema AFIS que incluye una estación de trabajo, y un equipo PID, el cual es de aproximadamente 200,000 dólares.

Por lo que la investigación, análisis, implementación y puesta a punto del sistema incluyendo la computadora e impresora para los informes y dictámenes nos da un total de aproximadamente 203,500 dólares.

5.6.4 BENEFICIOS PROPORCIONADOS POR AFIS

Al implantar el sistema AFIS traerá como beneficios principales los siguientes:

- Proporcionar una herramienta a los peritos en dactiloscopia, que contribuya eficientemente al desarrollo del Departamento de Dactiloscopia de la Procuraduría General de Justicia.
- Los peritos en dactiloscopia podrán aprender temas relacionados con los sistemas computacionales incrementando sus intereses y aptitudes.
- La satisfacción del personal de dactiloscopia al encontrar muchas más huellas latentes en el sistema, incrementando la eficiencia del departamento.
- Convertir el proceso de búsqueda-comparación de huellas, en un proceso dinámico y a la vez entretenido, es decir en algo diferente a lo que normalmente está acostumbrado un perito.

5.7 ANALISIS DE RIESGOS

En ocasiones la implantación de un sistema presenta ciertas dificultades para ser *completamente aceptado por los peritos o por personas ajenas al departamento*, y en contadas ocasiones a los usuarios, a continuación se muestra un análisis detallado de algunas de las causas que influyen en esta decisión:

- La resistencia por parte del personal hacia la implementación de metodologías innovadoras que propongan el uso de la computadora como herramienta auxiliar en el área de dactiloscopia que ponga en peligro su labor pericial.
- Temor a que en un futuro cercano, ideas como las de aplicar medios múltiples a la dactiloscopia automaticen al perito, quitándole responsabilidad y pericia al emitir un informe o dictamen creyendo que la computadora lo puede hacer todo.
- Aparente mecanización o deshumanización de los peritos, se teme a que un mayor contacto con la tecnología en general deshumanice al perito, al privarlo de una verdadera interacción con sus congéneres. En la medida en que la interacción entre humanos es humanizadora.
- La cultura social en la que sobresalen opiniones como: "Por más que los esfuerzos brindados por la computadora sean útiles, la aprobación social directa es un esfuerzo más poderoso aun".
- Las enfermedades originadas por el empleo constante de la computadora como ceguera nocturna, dolores musculares, stress, tensión, etc., lo anterior debido a lo complejo que es analizar las crestas de las huellas, por la diversidad de formas que estas adquieren.
- Que produzca resultados o conclusiones diferentes a cada uno de los peritos, no logrando así un consenso general en las conclusiones.

CONCLUSION

Dado el objetivo principal de este trabajo, que es el de verificar la factibilidad del uso de Reconocimiento de patrones en el área de dactiloscopia, se presentan en este capítulo las conclusiones obtenidas después de realizar todos los estudios e investigaciones correspondientes para la culminación de este trabajo.

En un mundo en el que se genera cada vez más información y conocimiento, se torna fundamental el dominio de los instrumentos para su manejo. En este trabajo se trató de dar énfasis en la importancia del estudio de las huellas digitales así como también los resultados que se generan en la automatización de búsqueda y clasificación de las huellas.

En nuestro estudio observamos la inmensa necesidad de automatización de la Procuraduría General de Justicia del Estado de Puebla, ya que existe un gran rezago tecnológico principalmente en el departamento de dactiloscopia. Con este trabajo se plantea la necesidad de la automatización del departamento, ya que en este todavía las técnicas de *identificación de huellas son meramente manuales y esto hace más lento el trabajo que este desempeña, evitando así lograr resultados más favorables*

Con la implantación del equipo AFIS, obtendremos grandes ventajas y sobre todo estaremos dando un gran paso en la automatización del departamento de dactiloscopia de la Procuraduría General de Justicia del Estado de Puebla, pero : ¿Que ventajas nos ofrece todo esto?. Pues bien, AFIS nos va a facilitar la tarea en la identificación de huellas, con este equipo podemos no solo analizarlas y compararlas, sino que también estarán guardadas y tener un archivo de todas las huellas que lleguen al departamento, ya sea por las que se toman a las personas que solicitan antecedentes no penales, o por las huellas de los

delincuentes que son fichados en la Procuraduría o en las agencias del Ministerio Público, observamos que la principal ventaja es el ahorro de tiempo, y la mayor confiabilidad de los peritos en dactiloscopia para informar o dictaminar algún asunto correspondiente al departamento de dactiloscopia.

Desgraciadamente en nuestro país, tenemos la idea de que la aplicación de la tecnología es muy costosa y sobre todo que la tecnología es necesariamente para gente muy capacitada y fuera de nuestra sociedad. Esto provoca que las personas tengan miedo y *prefieran encerrarse a técnicas muy decadentes y pasadas*. También sabemos que la tecnología en nuestro país no esta en desarrollo y toda esta se importa de otros países haciéndola muy costosa la mayoría de las veces, pero debemos tener en cuenta que la aplicación de la tecnología es una inversión a muy corto plazo, y no un gasto como muchos otros la quieren ver, ya que encontramos grandes ventajas en el desarrollo de nuestro trabajo

Tomando en cuenta todo lo anterior y el estudio realizado y presentado a lo largo de este proyecto de tesis, que la implantación de AFIS en la Procuraduría de Justicia del Estado de Puebla, es factible rotundamente por los motivos que se enuncian a continuación :

- Tendremos un archivo seguro de las fichas dactilares de todos los delincuentes y las de personas civiles que tramitan su certificado de antecedentes no penales, así como las del personal de la Policía Judicial del estado y del Personal administrativo que labora en la Procuraduría General de Justicia del Estado de Puebla .
- Se podrán emitir los resultados de confronta o búsqueda de huellas con mucha mayor rapidez y precisión para la consigna o absolución de los delincuentes.
- Las huellas encontradas en el lugar de los hechos ahora seria más fácil de encontrarlas en los archivos, logrando así obtener un subconjunto de presuntos responsable y con la ayuda del perito en dactiloscopia determinar de ese subconjunto a solo un presunto responsable obteniendo algunos de sus datos como son: nombre, dirección y delito .

- Hoy en día que la procuración de justicia esta tambaleante, por los escasos resultados que se dan a la sociedad al no encontrar a los responsables de robos a bancos, comercios, casas habitación etc. Con la implantación de AFIS, el uso de recursos en algo a favor del bien social justifica plenamente lo costoso del equipo, reflejándose en el número de inculpados encontrados por medio del sistema.
- AFIS no sólo se puede emplear para situaciones penales, sino también para aplicaciones civiles como lo es el caso de las personas que no saben firmar, pero que por medio de su huella se les permita tener derechos, ya que ahora su firma será plenamente reconocida por el sistema y se le acepte legalmente.

GLOSARIO

A

ACRONYM: Es un sistema de visión artificial , diseñado para interpretar escenas generales con objetos distinguibles a partir únicamente de la información de los contornos del modelo 3D.

AFIS: Acrónimo de Automated Fingerprint Identification System (Sistema Automatizado de Identificación de Huellas).

ALVEN: Es un sistema de visión artificial, para estudiar metodologías de interpretación de escenas en movimiento.

ANISOTROPOS: Propiedad vectorial que varía según la dirección.

API: Acrónimo de Application Programming Interfaces (Interfaces de Aplicación en Programación).

ARCO : Tipo fundamental de huella que se caracteriza por que sus crestas corren de un lado a otro sin regresar y carecen de deltas.

AUTOMATAS: Máquina que imita los movimientos de un ser animado. Estudio de los modelos formalizados de los autómatas artificiales que imitan las capacidades del ser humano.

AUTOMATIZACION: Proceso de mecanización de cualquier actividad, para reducir la mano de obra, simplificar trabajo, etc.

B

BIFURCACIONES: Punto donde se separan dos o más crestas de la huella.

C

CRESTAS PAPILARES: Son aquellas que sobresalen en la falangeta del dedo

D

DACTILOGRAMA: Es el conjunto de papilas dactilares que forman dibujos caprichosos en las yemas de los dedos y los que al ser apoyados sobre determinados objetos, imprimen sus figuras por medio de la secreción sudorípara o por sustancias colorantes.

DACTILOSCOPIA: Estudio de las impresiones digitales

DELTA: Es una figura triangular, blanca, curvílinea formada por las crestas limitantes de tres sistemas que miran por sus convexidades.

DEMIURGO: En la escuela platónica, el divino creador del mundo, o el principio creador del universo.

DICTAMEN: Opinión que se forma sobre una cosa.

E

ENTINTAR: Untar o teñir con tinta.

F

FACTIBILIDAD: Lo relativo a que se puede hacer.

FALANGE: Cada uno de los huesos de los dedos.

FBI: Acrónimo de Federal Bureau of Investigation (Agencia Federal de Investigaciones).

FICHA DECACTILAR: Documento en el cual se imprimen las diez huellas de los dedos.

FTF: Acrónimo de Función de Transferencia de Fase.

FTM: Acrónimo de Función de Transferencia de Modulación

G

GRADIENTE: Termino que significa incremento de una magnitud, cuando varia entre dos puntos según una dirección determinada.

H

HIPERESCALABLE: Que tiene exceso de escalas.

HUELLA DIGITAL: Es una impresión dactilar

HUELLA LATENTE: Son figuras invisibles que se producen al contacto sobre una superficie lisa o pulida, por el sudor que emana de los poros de los dedos.

I

IAFIS: Acrónimo de Integrated Automated Fingerprint Identification System (Sistema Automatizado Integrado de Identificación de Huellas).

III: Acrónimo de Interestatal Identificación Index (Índice de Identificación Interestatal)

IMAGEN: Representación mental de un objeto a través de los sentidos, representación grabada, pintada, dibujada o esculpida de una persona o cosa.

INFORME: Conjunto de datos a cerca de una persona o asuntos determinados
Exposición oral que hace el letrado o el fiscal ante el tribunal que ha de fallar el proceso.

INMUTABILIDAD: Que no cambia.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL: Concepto que engloba todas las tecnologías que estudian la creación de las maquinas (robots, autómatas, etc.) y también los programas que se ejecutan siguiendo un método parecido a la inteligencia humana.

ISOTROPOS: Fenómeno por el que ciertos cuerpos presentan una o mas propiedades que no dependen de la dirección en que se miden.

ITN: Acrónimo de Identification Task and Network (Identificación de Tareas y Redes)

L

LAPLACIANO: Relativo a las teorías de Laplace.

LTM: Acronimo de Long Term Memory (Memoria a Término Largo).

LUMINANCIA: Cantidad de luz emitida por un foco de luz no puntual.

M

MONOCANAL: Un solo canal.

MIT: Acrónimo de Massachussets Institute Tecnology (Instituto Tecnológico de Massachussets).

MULTICANAL: Varios canales.

P

PAPILAS: Cada una de las pequeñas prominencias cónicas formadas por la piel y en las membranas mucosas, especialmente en las huellas por las ramificaciones nerviosas y vasculares.

PATRONES: Modelo de un objeto o cosa.

PERENNIDAD: Significa que el dibujo dactilar se forma a partir de la sexta semana de gestación.

PERITO: Es una persona sabia, hábil y practica en una ciencia o arte

PETROGLIFO: Es una imagen creada sobre rocas previamente picoteadas

PID: Acrónimo de Positive Identification (Identificación Positiva).

PINIFORME: Tipo fundamental arco, o también conocido como en tienda.

PIXEL: Elemento mas pequeño de una pantalla al que se le puede dar intensidad y color. Equivale al significado de un punto.

PRESILLA EXTERNA: Tipo fundamental de huella que se caracteriza porque las crestas que forman su núcleo nacen a la derecha y regresan al mismo lugar de origen, formando una gasa.

PRESILLA INTERNA: Tipo fundamental de huella que se caracteriza porque las crestas que forman su núcleo nacen a la izquierda, y regresan al mismo lugar de origen formando una gasa.

PREWITT: Método de medición de los cambios de luminancia, para estimar la derivada en dirección vertical.

PROSPECTOR: Es un sistema experto, que se encarga de descubrir yacimientos de molibdeno.

PULPEJO: Parte carnosa y mollar de un miembro pequeño del cuerpo humano, y mas comúnmente parte de la palpa de la mano de la que sale el dedo pulgar.

R

RECONOCIMIENTO: Disciplina desarrollada dentro del marco de la Inteligencia Artificial, dedicada especialmente al análisis de los mecanismos mentales que intervienen en la adquisición y reconocimiento de la información proporcionada por el mundo exterior, así como la elaboración de sistemas informáticos capaces de realizar estas mismas funciones.

RI: Acrónimo de Respuesta al Impulso. Es la salida al filtro cuando se introduce la imagen

RISC: Acrónimo de Reduced Instruction Set Computer (Conjunto de Instrucciones Reducidas para Computadora).

ROBERTS: Método de medición de los cambios de luminancia, en el cual se utiliza la aproximación discreta de la definición matemática.

S

SCANEAR: Consiste en captar la imagen por medio de un scanner, para digitalizarla en la computadora.

STM: Acrónimo de Short Term Memory (Memoria a Corto Término).

SINUSOIDALES: Que tiene forma de senoide o es parecida a una curva (senoide: curva plana de ecuación $y = \text{sen } x$, que es la representación gráfica de la función seno).

SURCOS INTERPAPILARES: Enduros de las yemas de los dedos.

V

VERTICILO: Tipo fundamental de huella, que se caracteriza porque tiene dos deltas una a la derecha y otro a la izquierda. Su núcleo adopta formas circulares.

VISION: Objeto expuesto a la vista.

VISIONS: Es un sistema de interpretación general de escenas de paisajes, basado en una estructura de pizarra.