

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA



TESIS DE GRADO

**“INTERPRETACIÓN GRAFOLÓGICA MEDIANTE REDES
NEURONALES Y GRAMÁTICAS FORMALES PARA LA
OBTENCIÓN AUTOMÁTICA DE PERFILES PSICOLÓGICOS”**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA

MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

POSTULANTE: FERNANDO ANDRES MENDOZA COLODRO

TUTORA METODOLÓGICA: M. Sc. FÁTIMA CONSUELO DOLZ SALVADOR

ASESOR: LIC. GERMAN HUANCA TICONA

LA PAZ – BOLIVIA

2014



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a dos grandes personas que siempre me han apoyado en todo a Froilán y Adela, los quiero mucho.

A mis papas Gustavo y Marlene que con su inmenso amor y sacrificio me enseñaron quienes trabajan con amor y perseverancia siempre triunfan.

Andres Mendoza Colodro

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradecer a las personas que siempre me han apoyado incondicionalmente Froilán y Adela, gracias por los valores, educación y amor.

A mis queridos padres, Gustavo y Marlene, muchas gracias por su amor incondicional.

Agradecer a la M. Sc. Fátima Dolz Salvador, por su ayuda, confianza y paciencia.

Un agradecimiento especial al Lic. German Huanca Ticona por la sencillez, esfuerzo y dedicación que realizó con el asesoramiento de este trabajo.

Gracias a mi familia que siempre me apoyo con la motivación y la ayuda necesaria.

Gracias a Corina por su comprensión, apoyo y paciencia en todos estos años. GRACIAS.

Un agradecimiento a todos los docentes de la carrera de informática por todos los conocimientos inculcados.

Agradecer a todos mis amigos y amigas por todos los momentos compartidos.

Muchas gracias.

Andres Mendoza Colodro

RESUMEN

Desde la aparición de los ordenadores el ser humano ha pretendido dotarlos cada vez de más “inteligencia”. No nos conformamos con que simplemente sean capaces de realizar operaciones mucho más rápido que nosotros, sino que también queremos que puedan oír, ver. Pero aun queremos más, queremos que además de oír, entiendan lo que se les dice, que no solo lo vean sino que interpreten lo que ven.

Es por eso que el tema central de esta tesis es el diseño de un sistema con conocimientos para la interpretación automática de la grafología. Los desafíos que propone son varios, desde la obtención de patrones, el reconocimiento de caracteres, interpretación de trazos hasta la obtención de características únicas realizadas por cada firma, para dar una mejor solución se dividieron en fases.

La fase de pre procesamiento de la firma, este proceso se conseguirá llenando con 0's y 1's todos los pixeles de la pantalla, luego con el reconocimiento de patrones se obtendrá los rasgos característicos de la firma y se guardara en un vector.

En la fase de reconocimiento con ayuda de las redes neuronales se diseñara un algoritmo para el reconocimiento de caracteres, este algoritmo de red reconocerá las letras de la “A” a la “Z” tanto en mayúsculas como en minúsculas y los números del 0 al 9. Al mismo tiempo el reconocimiento mediante gramáticas formales creando un lenguaje formal para el reconocimiento mediante patrones primitivos de los trazos característicos, los cuales generaran en su totalidad los grafos existentes en las firmas.

Y la fase de interpretación que con todo lo anteriormente desarrollado se utilizara la grafología para construir un árbol de decisiones el cual contiene las interpretaciones grafológicas según las características obtenidas de cada firma.

SUMMARY

Since the advent of computers, human beings have sought to provide them with ever more "intelligence". We are not satisfied with simply being able to perform operation much faster than we, but we also want them listen and see. But still want more, we want also to they hear and understand what they are told that they, not only see also interpret what they see.

That's why the focus of this thesis is the design of a knowledge system for automatic interpretation of graphology. The challenges posed are many, from obtaining patterns, character recognition, interpretation of lines until obtaining unique features made by each signature, to give a better solution were divided into phases.

The pre-processing signature, this process will be achieved by filling with 0's and 1's all pixels of the screen, then with pattern recognition characteristic features signature is obtained and saved in a vector.

In the recognition phase we use neural networks, this algorithm recognizing characters to design this network, this algorithm recognizes the letters "A" through "Z" in both upper and lower case and the numbers from 0 to 9. At the same time recognition by means of formal grammars, creating a language formal for recognition by primitive patterns of the characteristic features, which generate all graphs existing signature.

And the interpretation phase, with use all developed previously using the graphology to construct a decision tree, which contains the graphological interpretations according to the characteristics obtained from each signature.

ÍNDICE

1	CAPITULO I	1
1.1	INTRODUCCION	1
1.2	PROBLEMA	4
1.2.1	ANTECEDENTES AL PROBLEMA	4
1.2.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.2.3	FORMULACION DEL PROBLEMA	6
1.3	OBJETIVOS	7
1.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	7
1.3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
1.4	JUSTIFICACIÓN	8
1.4.1	CIENTÍFICA.....	8
1.4.2	SOCIAL.....	8
1.4.3	PRÁCTICA	8
1.4.4	TÉCNICA	9
1.5	ALCANCE	9
1.6	LIMITES	10
1.7	HIPOTESIS	11
1.8	METODOLOGÍA	11
2	CAPÍTULO II	13
2.1	INTRODUCCIÓN	13
2.2	RECONOCIMIENTO DE PATRONES	13
2.3	REDES NEURONALES	14
2.3.1	NEURONAS BIOLÓGICAS	15
2.3.2	NEURONA ARTIFICIAL.....	16
2.3.3	REDES NEURONALES ARTIFICIALES	17
2.3.3.1	MODELO DE UNA NEURONA ARTIFICIAL.....	18
2.3.3.2	FUNCIONES DE ACTIVACIÓN	21
2.3.3.3	ARQUITECTURA DE RED	22
2.3.3.4	ENTRENAMIENTO Y GENERALIZACIÓN.....	25
2.3.3.4.1	ENTRENAMIENTO	25
2.3.3.4.2	GENERALIZACIÓN	31

2.4	GRAMÁTICAS FORMALES	33
2.4.1	GRAMÁTICAS.....	33
2.4.1.1	GRAMÁTICAS REGULARES	33
2.4.1.2	GRAMÁTICAS LIBRES DEL CONTEXTO.....	35
2.4.1.3	INFERENCIA GRAMATICAL.....	36
2.4.2	RECONOCIMIENTO SINTÁCTICO DE PATRONES	38
2.4.2.1	ANÁLISIS GRAMATICAL, RECONOCIMIENTO CON CADENAS Y LENGUAJES FORMALES ..	40
2.4.2.2	ÁRBOLES DE DECISIÓN	41
2.4.2.3	MÉTODOS GRÁFICOS.....	42
2.5	GRAFOLOGÍA.....	42
2.5.1	HISTORIA DE LA GRAFOLOGÍA.....	42
2.5.2	DEFINICIÓN DE GRAFOLOGÍA.....	44
2.5.3	DESARROLLO PSICOMOTOR Y NEURONAL DEL SER HUMANO	44
2.5.4	EL CEREBRO Y EL ACTO DE ESCRIBIR	47
2.5.5	RASGOS DE LA ESCRITURA Y SU SIGNIFICADO	48
2.5.6	GRAFOMETRÍA Y GRAFOSCOPIA	50
2.5.7	LEYES DEL GRAFISMO.....	51
2.5.8	CARACTERÍSTICAS DE LAS FIRMAS QUE ESTUDIAN LOS PERITOS GRAFOSCÓPICOS.....	52
2.5.9	MÉTODOS PARA ANALIZAR FIRMAS MANUSCRITAS.....	55
3	CAPÍTULO III.....	56
3.1	INTRODUCCIÓN.....	56
3.2	DESCRIPCIÓN INFORMAL	56
3.3	DESCRIPCIÓN FORMAL.....	57
3.4	GRAFOLOGÍA Y FIRMA	60
3.5	PRE-PROCESAMIENTO DE PARÁMETROS ON-LINE	61
3.5.1	EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS	61
3.5.2	NORMALIZACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS.	63
3.5.3	MÉTODO DE VERIFICACIÓN BASADO EN PARÁMETROS GLOBALES	63
3.5.4	ALGORITMO DE GENERACIÓN DE PATRONES BASADO EN EL MÉTODO DE PARÁMETROS GLOBALES DE LA FIRMA.....	65
3.5.5	CALCULO DE LA MEDIDA DE SIMILITUD.....	65
3.6	RECONOCIMIENTO DE PATRONES.....	65
3.6.1	RECONOCIMIENTO DE CARACTERES.....	66

3.6.2	MODELO DE LA RED BACK-PROPAGATION	68
3.6.3	MODELO Y ESTRUCTURA.....	68
3.6.4	ENTRENAMIENTO DE LA RED	69
3.6.5	PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN	70
3.7	PRE PROCESADO PARA EL MÉTODO DE VERIFICACIÓN DE LA FIRMA.	71
3.8	RECONOCIMIENTO SINTACTICO	71
3.8.1	ALGORITMO DE CLASIFICACIÓN.....	79
3.8.2	IMPLEMENTACION Y RESULTADOS.....	83
3.9	ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA INTERPRETACIÓN GRAFOLÓGICA	86
3.9.1	INTERPRETACIONES GRAFOLÓGICAS DEL ÁRBOL DE DECISIONES.....	88
4	CAPÍTULO IV	92
4.1	ANALISIS DE REQUERIMIENTOS	92
4.2	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	92
4.3	IDENTIFICACION DE LOS ACTORES.....	92
4.4	IDENTIFICACION DE CASOS DE USO.....	93
4.5	DIAGRAMA DE CASOS DE USO	94
4.5.1	DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE USO.....	94
4.5.1.1	CASO DE USO REGISTRAR USUARIO	95
4.5.1.2	CASO DE USO INTERPRETACIÓN GRAFOLÓGICA	96
4.5.1.3	CASO DE USO MODIFICAR USUARIO	97
4.5.1.4	CASO DE USO HISTORIAL USUARIO	97
4.5.1.5	CASO DE USO ELIMINAR USUARIO	98
4.6	REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.....	99
4.7	ANALISIS Y DISEÑO.....	100
4.8	DIAGRAMA DE HARDWARE.....	100
4.9	DIAGRAMA DE SOFTWARE	100
4.10	DIAGRAMA DE SECUENCIAS	102
4.10.1	DIAGRAMA DE SECUENCIAS REGISTRO DE USUARIO.....	102
4.10.2	DIAGRAMA DE SECUENCIAS INTERPRETACIÓN GRAFOLÓGICA	103
4.10.3	DIAGRAMA DE SECUENCIAS MODIFICACION DE USUARIO	103
4.10.4	DIAGRAMA DE SECUENCIAS HISTORIAL DE USUARIO.....	104
4.10.5	DIAGRAMA DE SECUENCIAS ELIMINACION DE USUARIO	105
4.11	PRUEBAS REALIZADAS CON PERSONAS	105

4.12	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS	109
5	CAPITULO V	111
5.1	CONCLUSIONES	111
5.2	RECOMENDACIONES	113
5.2.1	RECOMENDACIONES TEMAS AFINES DE INVESTIGACION	113
5.2.2	RECOMENDACIONES DE USO	113
6	BIBLIOGRAFÍA	115
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Funciones De Activación	21
Tabla 2: Entrenamiento Tabulados	27
Tabla 3: Reglas De Produccion Y Sus Grados De Pertenencia	81
Tabla 4: Valores Promedios Para Generar Las Curvas	83
Tabla 5: Evaluacion De Las Derivaciones Y Sus Valores De Pertenencia Reconocimiento Del Patron Bifurcacion	84
Tabla 6: Evaluacion De Las Derivaciones Y Sus Valores De Pertenencia Reconocimiento Del Patron Convergencia.....	84
Tabla 7: Evaluacion De Las Derivaciones Y Sus Valores De Pertenencia Reconocimiento Del Patron Perpendicular.....	85
Tabla 8: Evaluacion De Las Derivaciones Y Sus Valores De Pertenencia Reconocimiento Del Patron Ojal	85
Tabla 9: Caso De Uso Registrar Usuario	95
Tabla 10: Caso De Uso Interpretación Grafológica	96
Tabla 11: Caso De Uso Modificar Usuario	97
Tabla 12: Caso De Uso Historial Usuario	98
Tabla 13: Caso De Uso Eliminar Usuario	99
Tabla 14: Resultados Obtenidos	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Formulación Del Problema	6
Figura 2: Identificación De Variables	11
Figura 3: Patrones	13
Figura 4: Neurona Celular.....	16
Figura 5: Modelo General De Una Neurona Artificial.....	17
Figura 6: Representación Matemática De Una Neurona Artificial Tipo Mccolluch Y Pitts	18
Figura 7: Modelo De Una Neurona	19
Figura 8: Modelo De Una Neurona	20
Figura 9: Ejemplo De Arquitectura De Una Red	24
Figura 10: Patrón De Entrenamiento En Forma Tabular Y Gráfica.....	27
Figura 11: Red Neuronal.....	28
Figura 12: Modelo General Del Proceso De Inferencia	37
Figura 13: Alineamiento Básico, En Dos Planos, Uno Ondulado Y La “H” En Otro Más Bajo.....	53
Figura 14: Presión Muscular Aparentemente Mediana Con Trazos Apoyados Y Sutiles	53
Figura 15: Inclinación Hacia La Derecha	53
Figura 16: La Dimensión De La Inicial Del Nombre Es Mayor A Comparación De Los Demás Elementos De La Firma	54
Figura 17: Tensión Firme En Una Firma.....	54
Figura 18: Etapas Generales De Desarrollo	58
Figura 19: Fases Del Reconocimiento	59
Figura 20: Conjunto De Características Para Identificar Trazos	64
Figura 21: Esquema De La Red Radial Basis Utilizado	66
Figura 22: Red Identificador Letras.....	67
Figura 23: Red Identificador De Números.....	67
Figura 24: Primitivos De Las Letras	72
Figura 25: Cruce	72

Figura 26: Convergencia.....	73
Figura 27: Perpendicular.....	73
Figura 28: Oval	73
Figura 29: Segmento	74
Figura 30: Estructura Jerárquica Para El Reconocimiento De Puntos Característicos.....	79
Figura 31: Primitivos De Las Letras.....	83
Figura 32: Firma Y Sus Patrones, Rellenado 0's Y 1's	86
Figura 33: Árbol De Decisión (Resumen) Para La Interpretación Grafológica	87
Figura 34: Diagrama De Casos De Uso.....	94
Figura 35: Diagrama De Hardware	100
Figura 36: Diagrama De Software	101
Figura 37: Diagrama Secuencial Registro De Usuario	102
Figura 38: Diagrama Secuencial Interpretación Grafológica.....	103
Figura 39: Diagrama Secuencial Modificación De Usuario.....	104
Figura 40: Diagrama Secuencial Historial De Usuario.....	104
Figura 41: Diagrama Secuencial Eliminación De Usuario.....	105
Figura 42: Firma 1	106
Figura 43: Firma 2	107
Figura 44: Firma 3	108

MARCO REFERENCIAL

1 CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION

Desde épocas antiguas los humanos tenían la necesidad de comunicarse, descubrieron que la forma de comunicarse era corporal y verbal; con el paso del tiempo de ser nómadas se convirtieron en sedentarios, formaron sus tribus y construyeron sus cuevas, aldeas al igual que templos. Al haber construido sus templos a todo le daban un significado dibujando símbolos en las paredes, ampliando más su comunicación hasta nuestra época donde la tecnología cada día avanza más. En la época actual se han desarrollado nuevas áreas de investigación. En el caso de los antropólogos, ellos descubrieron con el paso del tiempo, templos, que al ser excavados mostraban en las paredes símbolos extraños a los cuales le dieron el nombre de grafos (letras) que comunicaban historias.

La escritura es un sistema de grafos utilizado para la representación gráfica de una lengua, por medio de signos, grabados o dibujadas sobre un soporte, siendo la forma más natural y directa de registro de información de una sociedad. La escritura es un medio de comunicación de la civilización y también hace duraderos los logros de la misma. La escritura consiste en una serie de elementos medibles, como la inclinación y el tamaño, y de elementos descriptivos como la forma de las letras o la inclinación hacia la derecha o hacia la izquierda, el estudio de estos elementos es realizado por la Grafología, para saber nuestra personalidad. Un problema básico de la grafología es establecer criterios comunes para los elementos, que permitan una evaluación objetiva. Otros problemas tiene que ver con la validez de las interpretaciones y de la grafología misma, por las mismas razones que otras técnicas de evaluación psicológica, la grafología no es una ciencia exacta, más bien experimental y como tal está sujeta a errores interpretativos.

El estudio grafológico en los últimos años ha sido objeto de intensos y minuciosos estudios. Se han incrementado los grupos de investigación con el propósito de identificar los rasgos más relevantes a analizar en un estudio grafológico.

Desde la aparición de los ordenadores el ser humano ha pretendido dotarlos cada vez de más "inteligencia". No nos conformamos con que simplemente sean capaces de realizar operaciones mucho más rápido que nosotros, sino que también queremos que puedan oír, ver. Pero aun queremos más, queremos que además de oír, entiendan lo que se les dice, que no solo lo vean sino que interpreten lo que ven. En este afán por explotar las posibilidades que nos ofrecen los ordenadores, es posible aplicar el conjunto de técnicas de reconocimiento de patrones que existen hoy en día, que abarcan una vasta área de procesamiento de información, desde reconocimiento de voz o de escritura cursiva hasta la detección de fallas de maquinaria o diagnóstico de enfermedades.

Es por eso que el tema central de esta tesis es el diseño de un sistema con conocimientos para la interpretación automática de la grafología, la variabilidad de condiciones que aparecen a la hora de diseñar un sistema, implica que se realicen diversas suposiciones y simplificaciones del problema en sí. Los desafíos que propone el diseño del sistema automático de interpretación grafológica son varios, desde el reconocimiento de caracteres, interpretación de trazos, obtención de características únicas realizadas por cada firma, etc.

El siguiente trabajo está realizado de la siguiente manera:

El primer capítulo detalla en principio el propósito, alcance, límites y objetivos del presente trabajo.

El segundo capítulo es la parte teórica donde se abordan los temas que se utilizaran en el presente trabajo, se explicaran temas de reconocimiento de patrones, gramáticas formales el cual ayudara para la creación de un lenguaje formal que con el reconocimiento sintáctico de patrones se reconocerá los trazos realizados al momento

de escribir, también presentaremos las redes neuronales, estas en específico las redes neuronales artificiales y sus funciones que nos brindaran un método de reconocimiento de la escritura siendo entrenado previamente toda la red para un mejor reconocimiento, y por ultimo para este capítulo hablaremos de la grafología el tema principal de esta tesis, el cómo reflejamos nuestra personalidad inconscientemente al momento de escribir y cómo mediante leyes grafológicas podemos interpretar la escritura y obtener el perfil psicológico.

El Tercer capítulo es el desarrollo de los algoritmos que utilizara el sistema, aquí usaremos todo lo aprendido en el segundo capítulo para poder diseñar de la mejor forma la automatización de la interpretación grafológica, primeramente tendremos el desafío de obtener la firma, este proceso se obtendrá llenando con 0's y 1's todos los pixeles de la pantalla, se conseguirá los rasgos de la firma y se guardara en un vector de características, con ayuda de las redes neuronales se diseñara un algoritmo para el reconocimiento de caracteres, este algoritmo de red está diseñado con el modelo de la red back-propagation, la cual consta de 1600 entradas y reconocerá las letras de la "A" a la "Z" tanto en mayúsculas como en minúsculas y los números del 0 al 9, y por último y no menos importante el reconocimiento de las grafías mediante gramáticas formales y la creación de un lenguaje formal para su reconocimiento mediante patrones, se extrajeron los primitivos de los trazos característicos para una generación de cadenas o grafos, los cuales generaran todos los grafos posibles existentes en las firmas, con todo lo anteriormente desarrollado se construirá un árbol de decisiones para las interpretaciones grafológicas.

El cuarto capítulo es el diseño de la estructura del sistema que fue realizada con la metodología R.U.P. y la ayuda del Lenguaje Unificado de Modelado (U.M.L. 2.0) con el cual se puede visualizar la estructura y las funciones del sistema.

El quinto capítulo son las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

1.2 PROBLEMA

1.2.1 ANTECEDENTES AL PROBLEMA

El ser humano ha tenido la preocupación de desarrollar sistemas de identificación personal, es decir, sistemas que respondan si una persona es quién dice ser. La motivación ha sido muy variada y originada por circunstancias muy diferentes, tales como la verificación de mensajes o de transacciones comerciales.

Todas estas circunstancias han llevado a una depuración de los sistemas de identificación, que han pasado desde el simple reconocimiento visual en la prehistoria, sellos con imágenes de la Roma y Grecia clásica, hasta los modernos sistemas de identificación biométrica.

La escritura es un gesto resultante de un acto de voluntad o de un reflejo condicionado en su extensión, dirección y forma, por factores: anatómico-fisiológicos, rapidez en la transmisión de influjos nerviosos por las vías conductoras, fuerza muscular, elasticidad de las articulaciones y longitud de las palancas óseas.

Actualmente, se puede establecer que los problemas más comunes, relacionados con la escritura, es la identificación de la mano que la produjo, lo cual se establece por la confrontación de las características específicas que la agilización y automatización de los centros motores producen en las escrituras comparadas.

Un análisis grafológico para la obtención de un perfil psicológico requiere de tiempo y evidentemente hay costos involucrados, en la carrera de informática se realizaron algunos estudios previos:

Biometría de la interpretación grafológica 2003

Redes neuronales y lógica difusa aplicadas al análisis grafológico 2003

Reconocimiento de patrones con algoritmos genéticos para la identificación del perfil psicológico humano. 2010

Sistema experto para la selección de recursos humanos basado en un test psicológico. 2012

Hay que tener en cuenta que estudios internacionales también incursionaron en esta área del análisis grafológico y su debida interpretación, desde análisis simples de la firma, a grupos completos de expertos en grafología criminalística que ayuda a resolver juicios con evidencia solvente.

Hoy en día la tecnología está a la vanguardia y el uso de la escritura a mano solo se utiliza en la escuela, muy poco en la universidad y casi nada en las oficinas, la grafología está haciendo un salto hacia la grafología de los mensajes enviados por e-mail, sms, redes sociales, etc.

1.2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La interpretación grafológica de la escritura es observación, medición, análisis e interpretación siendo este el tema principal de este trabajo para lo cual nos apoyaremos con las redes neuronales que nos ayudaran con el problema del reconocimiento de caracteres, este ha sido abordado y estudiado por una gran cantidad de investigadores en los últimos años, los cuales han desarrollado distintas técnicas, también nos apoyaremos principalmente de las gramáticas formales para su automatización y así poder obtener un perfil psicológico automáticamente mediante la firma de la persona.

La grafología observa y analiza muchos detalles de la escritura y los trazos que se realizan, siendo aún un desafío para la computadora reconocer fácilmente patrones e interpretarlos de forma rápida. Un estudio grafológico manual demora cierto tiempo

en dar los resultado, el sistema grafológico automático acertara este tiempo al menor posible obteniendo el resultado de manera automática.

Sabiendo que la interpretación grafológica automática de la firma de ningún modo podrá reemplazar a un experto grafólogo, nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Será posible diseñar un sistema grafológico automático?

1.2.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Se podrá automatizar el análisis psicológico de la persona sin errores de interpretación evitando la complejidad del procesamiento manual con el uso de equipos modernos de uso cotidiano?

Por tanto podemos concluir que el problema se basa en:



Figura 1: Formulación del Problema

Fuente: Elaboración Propia

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema con conocimientos para la interpretación grafológica y la obtención de un perfil psicológico

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Esbozar un algoritmo para la extracción y generación de patrones durante la realización de la firma en tiempo real.
- Diseñar un algoritmo para el reconocimiento automático de la escritura.
- Crear un lenguaje usando la gramática formal para que cada trazo obtenga más precisión en la interpretación de cada grafía.
- Plantear un algoritmo para el reconocimiento de trazos característicos de la escritura.
- Esbozar un algoritmo para el pre-procesamiento y procesamiento de la firma el cual obtenga patrones a ser analizados.
- Diseñar un algoritmo de interpretación automática de rasgos de la firma.
- Crear un árbol de decisiones con la mayoría de los patrones obtenidos capaz de abarcar todas las interpretaciones posibles
- Diseñar un sistema para la interpretación grafológica.
- Bosquejar una base de datos que almacene trazos de las grafías y las interpretaciones grafológicas de los trazos característicos.
- Bosquejar un algoritmo de interpretación grafológica recolectando toda la información proporcionada anteriormente.

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 CIENTÍFICA

Las técnicas y métodos que se realizaran en el trabajo permitirán diseñar algoritmos de análisis para el reconocimiento de caracteres manuscritos, clasificación, variabilidad e interacción de la escritura del usuario.

Se realizaran combinaciones de redes neuronales y gramáticas formales para poder obtener un perfil psicológico de la escritura de cada usuario. Además mediante gramáticas formales se creara un lenguaje para la obtención de trazos de las grafías para obtener una mejor interpretación y así obtener el perfil psicológico.

1.4.2 SOCIAL

Actualmente se tiene poco conocimiento de herramientas que permitan obtener interpretaciones de personalidad a través de la grafología, ya que la mayoría se realiza de forma manual.

Esta investigación proporcionara una herramienta de fácil uso que permitirá interpretaciones de personalidad para profesionales psicólogos, gerentes de personal, seguridad personal, además puede ser utilizada en casa para saber qué problemas se enfrenta en la familia.

1.4.3 PRÁCTICA

Se tendrá una facilidad de interacción con el sistema y el usuario, reduce el tiempo y costo en la interpretación grafológica, también facilita la toma de decisiones en un diagnostico psicológico.

1.4.4 TÉCNICA

Como cada persona realiza su firma automáticamente, la firma posee grandes características, estáticas y dinámicas, de esta información se estudiara cuáles son las más importantes y necesarias, se usaran como las redes neuronales y las gramáticas formales facilitarán la interpretación de la personalidad y la obtención de un perfil psicológico.

El hardware necesario para implementar un sistema de reconocimiento de firma es bastante sencillo y de fácil acceso, en este caso se utilizara un dispositivo móvil con pantalla capacitiva y un lápiz digital (stylus) para una mejor realización de la firma.

1.5 ALCANCE

El presente trabajo de investigación se enfoca en el diseño de un sistema que permita la interpretación grafológica automática para la obtención de perfiles psicológicos, trabajo que abarcara los campos como: redes neuronales, gramáticas formales y la grafología, el diseño contara con módulos separados para un mejor desempeño, las funciones principales de estos módulos son:

Las redes neuronales proporcionaran reconocimiento de ciertas clases de patrones, organizando la información usada. Creando su propia representación característica, mediante la cual puede reconocer las letras.

Las gramáticas formales proporcionaran un reconocimiento de los trazos de las grafías creando un lenguaje formal para la interpretación grafológica de entender los trazos de la escritura manuscrita

La grafología interpreta los resultados de los pasos anteriores y se obtendrá una interpretación grafológica correcta de cada grafía a través de los mismos se obtendrá el perfil psicológico.

La investigación llevara a diseñar esquemas que permitan realizar reconocimiento de patrones en las redes neuronales, redes de clasificación y lenguajes formales para delimitar el conocimiento general y poder realizar una interpretación grafológica correcta.

1.6 LIMITES

A continuación se exponen los límites del presente trabajo:

Siendo un trabajo de investigación solo se obtendrá la interpretación grafológica de la firma y/o rubrica, pudiendo usar esta base para estudios futuros.

El trabajo se enfocará en el diseño del procesamiento automático de grafías de la firma y/o rubrica mediante dispositivos con pantallas capacitivas. Ya sea en dispositivos con sistemas operativos como Android, iOS, WindowsPhone, etc,

El diseño del sistema tendrá una tasa de reconocimiento aceptable para los fines del trabajo, definida en un 90% o superior de aciertos según los parámetros establecidos en el sistema y la base de datos. Pero habrá casos en los que el sistema no pueda reconocer correctamente caracteres ingresados.

El sistema obtendrá paso a paso cada detalle de la grafía realizada por el usuario, para así poder obtener todos los datos posibles.

Se utilizara una cantidad de muestras para el entrenamiento puede no ser suficiente para presentar un rendimiento homogéneo frente a usuarios con estilos de escritura que sean demasiado diferentes a los presentados durante el entrenamiento.

Los algoritmos serán desarrollados de tal modo que se pueda cumplir con los objetivos del sistema.

Debido a que la obtención de textos manuscritos puede ser analizada después de muchos años, el reconocimiento por fotos, videos, scanners, no será parte importante en el trabajo.

1.7 HIPOTESIS

“Mediante las redes neuronales y gramáticas formales se puede diseñar un sistema que permitirá obtener de forma automática interpretaciones grafológicas de la firma manuscrita”

IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

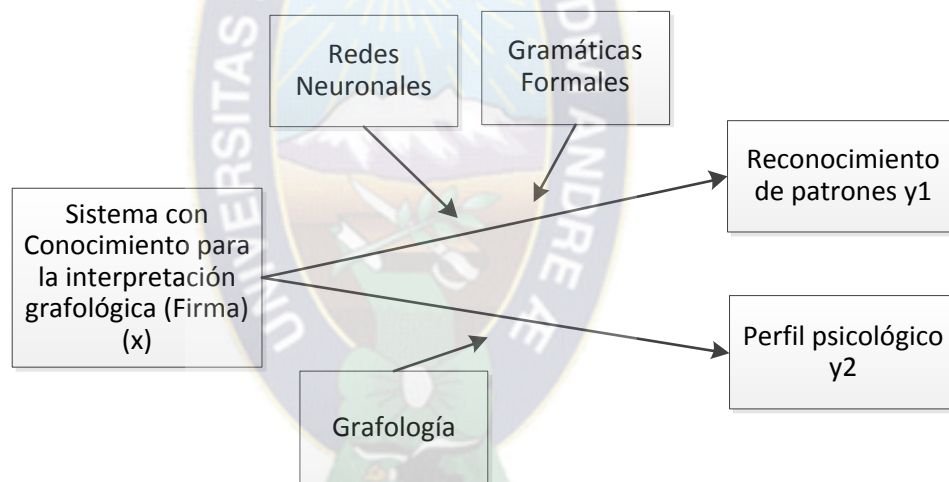


Figura 2: Identificación de Variables

Fuente: Elaboración Propia

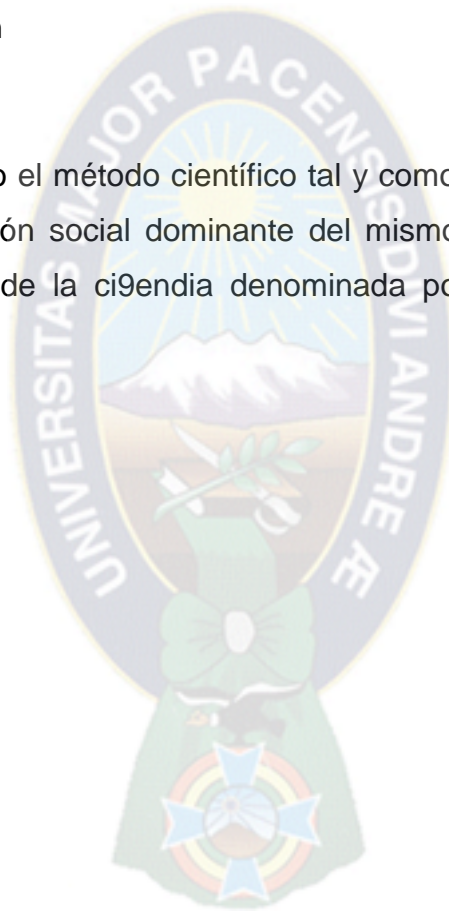
1.8 METODOLOGÍA

El método científico se entiende aquellas prácticas utilizadas y ratificadas por la comunidad científica como válidas a la hora de proceder con el fin de exponer y confirmar sus teorías. Las teorías científicas, destinadas a explicar de alguna manera los fenómenos que observamos, pueden apoyarse o no en experimentos que

verifiquen su validez. Sin embargo, hay que dejar claro que el uso de metodologías experimentales no es necesariamente sinónimo del uso del método científico. Por ello, Francis Bacon definió el método científico de la siguiente manera:

- a) Observación
- b) Inducción
- c) Hipótesis
- d) Probar la hipótesis
- e) Demostración
- f) Tesis

Así queda definido el método científico tal y como es normalmente entendido, es decir, la representación social dominante del mismo. La definición corresponde únicamente a la visión de la ciencia denominada positivismo en su visión más primitiva.



MARCO TEÓRICO

2 CAPÍTULO II

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se exhiben los conceptos básicos de las áreas principales que cubre este proyecto: Gramáticas Formales, Redes Neuronales Artificiales y Grafología.

2.2 RECONOCIMIENTO DE PATRONES

“El origen de la palabra patrón es padre, ya que todos sus hijos tienen un patrón común que los hace parecerse. Los patrones pueden ser una camada de hijos del mismo padre, o hileras de letras o de eventos, líneas unidimensionales, imágenes bidimensionales y fenómenos multidimensionales.”. Una "teoría de todo" sugiere que todas las cosas son un patrón de vibraciones de la masa universal. Los patrones pueden ser útiles en la computación puesto que proveen una base para el reconocimiento de patrones o comparación entre fenómenos. (Becke, 1998)

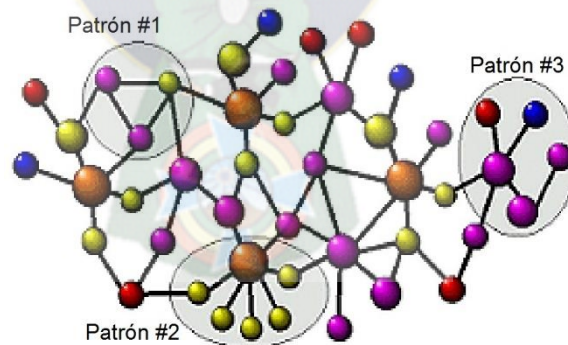


Figura 3: Patrones

Fuente: (Becke, 1998)

Uno de los aspectos más interesantes del mundo es que puede ser considerado (por un observador inteligente) como formado por patrones. Un patrón es

esencialmente una disposición de elementos, un arreglo se caracteriza por el orden que guardan los elementos de los cuales está hecho más que por la naturaleza intrínseca de esos elementos. El Reconocimiento de patrones son los medios por los cuales se puede interpretar el mundo, y existen teorías científicas que se ocupan de los procesos sobre ingeniería, computación y matemáticas relacionados con objetos físicos y/o abstractos, con el propósito de extraer información que permita establecer propiedades de o entre conjuntos de dichos objetos.

Existen tres aproximaciones principales al problema de reconocimiento de patrones: (Tapiador Mateos & Singüenza Pizarro, 2005)

1. Reconocimiento estadístico de patrones (o teoría de la decisión)
2. Reconocimiento sintáctico de patrones (o estructural)
3. Reconocimiento basado en redes neuronales.

Para llevar a cabo la interpretación grafológica de la firma es indispensable la obtención de sus patrones y necesariamente el reconocimiento manuscrito. A continuación se explicará de forma general el reconocimiento sintáctico de patrones y las redes neuronales artificiales ya que estas técnicas serán utilizadas en este trabajo.

2.3 REDES NEURONALES

Actualmente, hay una gran cantidad de tareas para las cuales se ha demostrado que un algoritmo o una secuencia de operaciones aritméticas y/o lógicas son inútiles. Por ejemplo, a pesar de muchos experimentos, aun no se ha desarrollado una máquina que lea automáticamente caracteres manuscritos con fluidez y lingüísticamente correcto, o que reconozca las palabras habladas por un altavoz, y aún menos que traduzca a partir de una lengua a otra, o conduzca un coche, o camine como un animal o un humano. La causa de esta diferencia no parece estar debida ni a la velocidad de procesamiento ni a su propia capacidad de procesar, pues los procesadores con los que contamos hoy en día tienen una velocidad de procesamiento 10^6 veces más rápida

que los elementos procesadores básicos del cerebro, es decir, que las neuronas. Esto, unido al hecho de que la capacidad neuronal es mucho más simple nos lleva a la conclusión de que mientras que en un ordenador convencional las instrucciones se ejecutan secuencialmente por medio de un procesador complicado y rápido, el cerebro es una interconexión masiva y paralela de elementos de procesamiento (neuronas) relativamente simples y lentas, cuyas características, a día de hoy no han sido igualadas.

2.3.1 NEURONAS BIOLÓGICAS

El concepto biológico de la neurona ha tenido bastantes evoluciones, pero uno de los pasos fundamentales en el estudio de las células nerviosas fue dado a finales del siglo XIX (1899), gracias a los trabajos de Ramón y Cajal en España y Sherrington en Inglaterra. El primero trabajó en la anatomía de las neuronas y el segundo en los puntos de conexión de las mismas o sinapsis.

El tejido nervioso es el más diferenciado del organismo y está constituido por células nerviosas, fibras nerviosas y la neuroglia, que está formada por varias clases de células. La célula nerviosa se denomina neurona, que es la unidad funcional del sistema nervioso. Hay neuronas bipolares, con dos prolongaciones de fibras y multipolares, con numerosas prolongaciones. Pueden ser neuronas sensoriales, motoras y de asociación.

El cerebro consta de un gran número (aproximadamente 10^{11}) de neuronas altamente interconectados (aproximadamente 10^4 conexiones por elemento). Las neuronas tienen tres componentes principales, las dendritas, el cuerpo de la célula o soma, y el axón. Las dendritas, son el árbol receptor de la red, son como fibras nerviosas que cargan de señales eléctricas el cuerpo de la célula. El tamaño y la forma de las neuronas es variable, pero con las mismas subdivisiones que muestra la figura. El cuerpo de la neurona o Soma contiene el núcleo. Se encarga de todas las

actividades metabólicas de la neurona y recibe la información de otras neuronas vecinas a través de las conexiones sinápticas. (Torres Miranda, 2005)

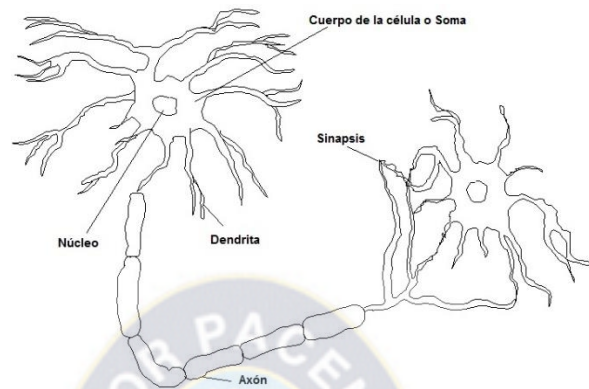


Figura 4: Neurona Celular

Fuente: (Karp, 2005)

Por su parte el axón es la "salida" de la neurona y se utiliza para enviar impulsos o señales a otras células nerviosas. Cuando el axón está cerca de sus células destino se divide en muchas ramificaciones que forman sinapsis con el soma o axones de otras células. Esta unión puede ser "inhibidora" o "excitadora" según el transmisor que las libere. (Hilera González & Martínez Hernando, 1995)

Fundamental es el hecho de que aunque el tiempo de conmutación de la neurona es casi un millón de veces menor que las computadoras actuales, ellas tienen una conectividad miles de veces superior a la de los computadores más poderosos en la actualidad.

2.3.2 NEURONA ARTIFICIAL

Una neurona artificial solamente captura las funciones más elementales de la neurona biológica. En la figura 5 se ilustra el modelo general de una neurona artificial.

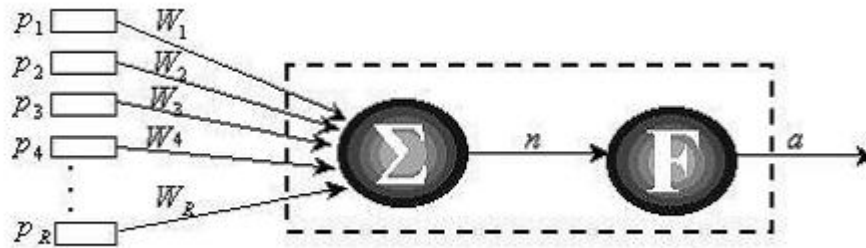


Figura 5: Modelo General de una neurona artificial
 Fuente: (Hilera González & Martínez Hernando, 1995)

La neurona se representa generalmente por un círculo, llamado nodo, en nuestro caso el rectángulo punteado representa una celda o neurona artificial, la cual consiste de un nodo de suma (Σ) y una función de transferencia (F). La sinapsis de la neurona biológica se representa mediante una conexión que entra a un nodo, y se indica con una flecha. (Hilera González & Martínez Hernando, 1995)

La eficiencia de la sinapsis se modela mediante un número real (positivo, negativo o cero), que recibe el nombre de factor de conexión o peso W_R . El axón se representa con una flecha saliendo del nodo, el número que la acompaña n modela el impulso eléctrico producido durante el disparo de la neurona. Para determinarlo, el nodo (F) aplica una función no lineal, denominada función de transferencia F, sobre la suma total de los valores de entrada multiplicados por el peso particular de la conexión (n). Esta función, puede diseñarse de tal forma que produzca resultados (a) en la forma deseada (binaria, analógica, etc.).

2.3.3 REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Las redes neuronales artificiales son un paradigma de procesamiento inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los humanos, y caracterizado por su capacidad de generalización, robustez y tolerancia a fallas. Las redes neuronales artificiales son redes interconectadas, que operan en paralelo mediante procesadores simples (usualmente adaptativos) y con organización jerárquica que intentan

interactuar con los objetos del mundo real, del mismo modo que lo hace el sistema nervioso central. Las redes neuronales responden a un modelo biológico de interconexión entre elementos de procesamiento denominados neuronas artificiales. (Torres Soler, 2011)

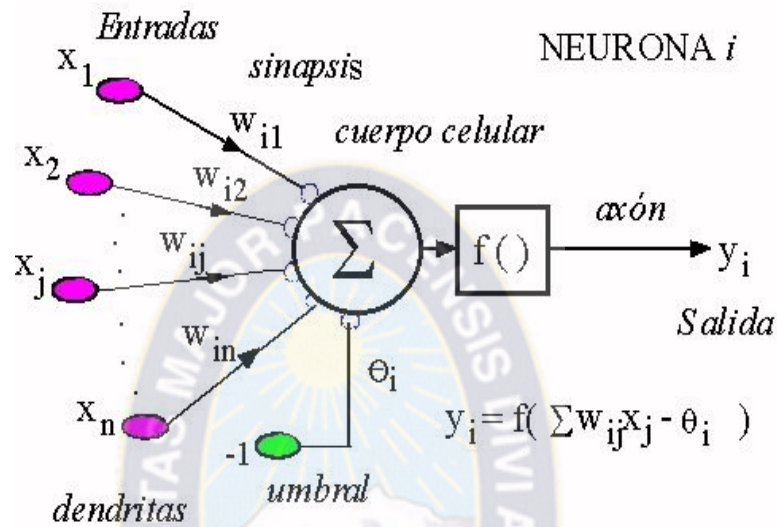


Figura 6: Representación Matemática de una neurona artificial tipo McColluch y Pitts
Fuente: (Palacio Burgos, 2003)

El aprendizaje en los seres vivos, en particular los animales, se realiza por ensayo y error, mediante ejemplos o demostraciones. Las redes neuronales biológicas ajustan dinámicamente parámetros internos (pesos y tendencias) que rigen la representación de la información o conocimiento, adoptando la capacidad de generalizar respuestas ante eventos nunca antes suscitados. De manera análoga, se representan estos procesos, mediante algoritmos o circuitos electrónicos.

2.3.3.1 MODELO DE UNA NEURONA ARTIFICIAL

Una neurona artificial o nodo es una unidad de procesamiento de información que es fundamental para la operación de una red neuronal (Haykin, 1992). En un modelo de una neurona pueden identificarse los siguientes elementos:

- Entradas o nodos de entrada: son escalares que se le proporcionan a la red, de acuerdo al problema en estudio.
- Salidas o nodos de salida: son los valores que arroja la red como resultado del aprendizaje.
- Un conjunto de pesos sinápticos o simplemente pesos: son valores numéricos que expresa la importancia de la entrada correspondiente. El valor de la entrada x_i se dirige a la neurona k multiplicado por el peso w_{ik} . (El primer subíndice de los pesos se refiere a la entrada y el segundo a la neurona en cuestión).
- Un punto de suma de entradas ponderadas: aquí se realiza la combinación lineal o suma de todas las entradas multiplicadas por sus correspondientes pesos.
- Una función de activación: es una función, que puede ser lineal o no lineal, que limita el rango de la salida de la neurona.
- Sesgo: es un valor formado por una entrada fija e igual a 1, denominada x_0 , multiplicada por el peso w_{0k} .

La figura (7) ilustra en detalle el modelo de una neurona y, equivalentemente, la figura (8) representa una forma más abreviada del mismo:

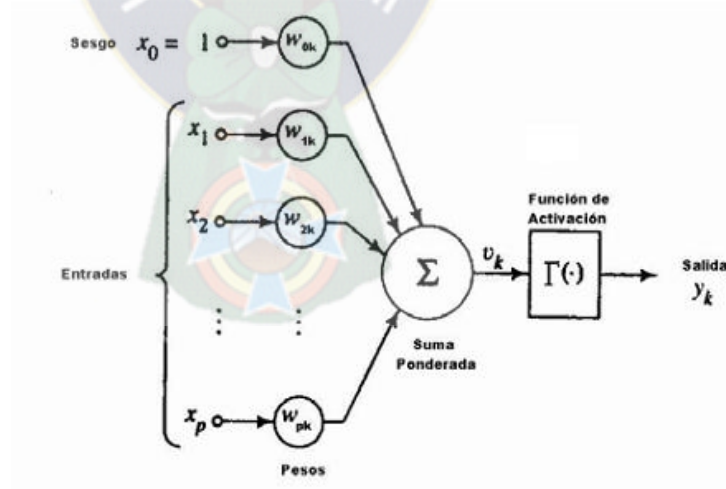


Figura 7: Modelo de una neurona

Fuente: (Haykin, 1992)

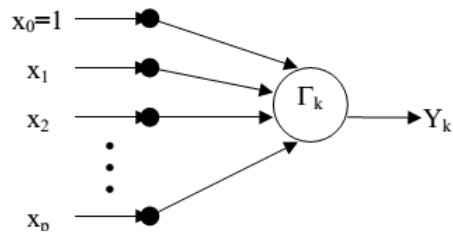


Figura 8: Modelo de una neurona
Fuente: (Haykin, 1992)

En la figura (9) se puede observar que la neurona k puede describirse mediante las siguientes ecuaciones:

a) La acumulación

$$v_k = \sum_{i=0}^p x_i w_{ik}$$

b) La función de activación

$$y_k = \Gamma(v_k)$$

Donde x_0, x_1, \dots, x_p son las entradas de la neurona k; $w_{0k}, w_{1k}, \dots, w_{pk}$ son los pesos de la neurona k; v_k es la suma de las entradas multiplicadas por los pesos correspondientes; $\Gamma(\cdot)$ es la función de activación y y_k es la salida de la neurona k.

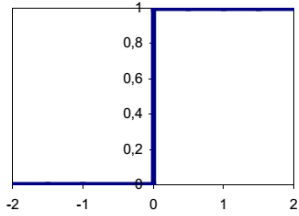
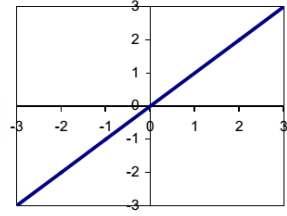
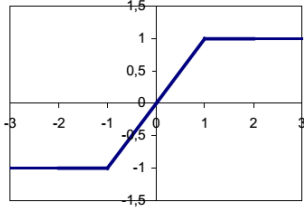
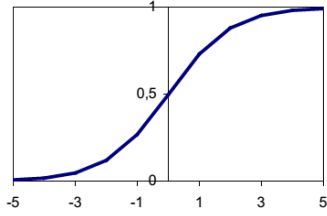
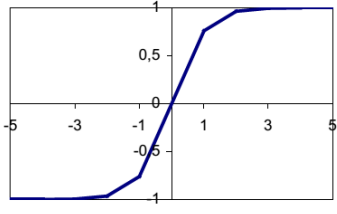
Los pesos son parámetros escalares que se van ajustando según la aplicación de una regla de aprendizaje de manera de cumplir con la relación entrada/salida y la función de activación se selecciona de acuerdo al objetivo del problema y al rango de valores en que se requiera la salida.

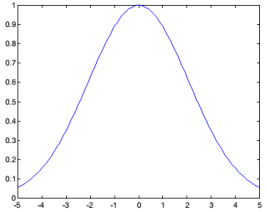
2.3.3.2 FUNCIONES DE ACTIVACIÓN

La selección de la Función de Activación (FA) depende del criterio del investigador y del problema en estudio, en muchas ocasiones se selecciona por ensayo y error. Existen diversos tipos de FA, entre los más utilizados están:

Tabla 1: Funciones de Activación

Fuente: (Hilera González & Martínez Hernando, 1995)

Nombre	Función	Rango	Gráfica
Paso	$\Gamma(v) = \begin{cases} 1 & \text{si } v \geq 0 \\ 0 & \text{si } v < 0 \end{cases}$	$\{-1,+1\}$ $\{0,+1\}$	
Lineal	$\Gamma(v) = v$	$[-\infty, +\infty]$	
Rampa	$\Gamma(v) = \begin{cases} -1 & \text{si } v \leq -1 \\ v & \text{si } -1 < v < 1 \\ 1 & \text{si } v \geq 1 \end{cases}$	$[-1,+1]$	
Logística	$\Gamma(v) = \frac{1}{1 + e^{-v}}$	$[0,+1]$ $[-1,+1]$	
Tangente Hiperbólica	$\Gamma(v) = \tanh(v)$	$[-1,+1]$	

Gaussiana	$\Gamma(v) = e^{-v^2/\sigma^2}$	[0,+1]	
-----------	---------------------------------	--------	---

2.3.3.3 ARQUITECTURA DE RED

El término arquitectura de red se refiere a la forma o estructura de una RNA. La arquitectura de un modelo de RNA incluye los siguientes componentes: entradas, capas y salidas; así mismo, la interconexión y dirección de la red, que se refiere a la forma en que se interrelacionan las neuronas (Colina & Rivas, 1998). El algoritmo de aprendizaje está muy relacionado con la arquitectura de la red, pero se estudiará más adelante.

Componentes

- Entradas: Es el canal de alimentación de la red. Se deberán establecer el número de entradas de acuerdo al caso en estudio. Los datos de entradas son numéricos y en muchos casos puede ser conveniente escalarlos y/o pre procesarlos. El escalamiento se refiere a un cambio de escala, convertirlos a datos entre 0 y 1, entre -1 y 1, o estandarizarlos, de acuerdo al rango de las funciones de activación involucradas. El pre procesamiento se refiere a la aplicación de algún método estadístico de exploración de datos que permita cualquier transformación que mejore el conjunto original de datos en beneficio de un mejor desempeño de la red.
- Capas. También se les denomina capas ocultas o intermedias, por encontrarse entre la entrada y la salida de la red. Con frecuencia no es suficiente una sola neurona para resolver un problema, sino que se requiere de varias neuronas que operen en paralelo, lo que se denomina capa, e inclusive pudieran ser

necesarias varias capas. A la red con una sola capa se le denomina red unicapa, mientras que a la red con dos o más capas se le denomina red multicapa.

El número de capas y de neuronas o nodos que componen cada capa debe especificarse en la arquitectura. El número de capas deberá ser mayor si el problema es no lineal y complejo, pero, en general, un problema podrá representarse bastante bien con una o dos capas ocultas. El número de neuronas por capa, puede variar entre una capa y otra. Aunque existen algunos criterios para determinar el número de nodos por capa, éstos deberán determinarse por ensayo y error. Un criterio que pudiera ser útil es considerar al promedio entre el número de entradas y salidas como un valor referencial del número de nodos ocultos.

- Salidas: Son neuronas o nodos de salida. El número de salidas de la red dependerá del problema en estudio. La salida de la red deberá estar expresada en la misma escala de los datos originales, es decir, si los datos fueron escalados, deberán ser regresados a su escala inicial. Si se realizó un pre procesamiento deberá hacerse un pos procesamiento.

Interconexión

Las interconexiones entre capas de las redes pueden clasificarse como:

- Totalmente conectadas: la salida de una neurona de la capa i es entrada a todas las neuronas de la capa $i+1$.
- Localmente conectadas: la salida de una neurona de la capa i es entrada a una región de neuronas de la capa $i+1$.

Dirección

La dirección de la información de las redes pueden clasificarse en:

- Redes de alimentación adelantada: las salidas de las neuronas de una capa sólo se propagan a las neuronas de la capa siguiente. Es decir, la información fluye solamente de la entrada a la salida.
- Redes retroalimentadas: las salidas de las neuronas de una capa pueden ser entradas de las neuronas de las capas anteriores.
- Redes de alimentación lateral: las salidas de las neuronas pueden ser entradas de neuronas de la misma capa
- Redes recurrentes: existen lazos cerrados.

Un ejemplo de red unicapa totalmente conectada, de alimentación adelantada, con 3 entradas, 2 neuronas o nodos en la capa oculta, y una salida sería:

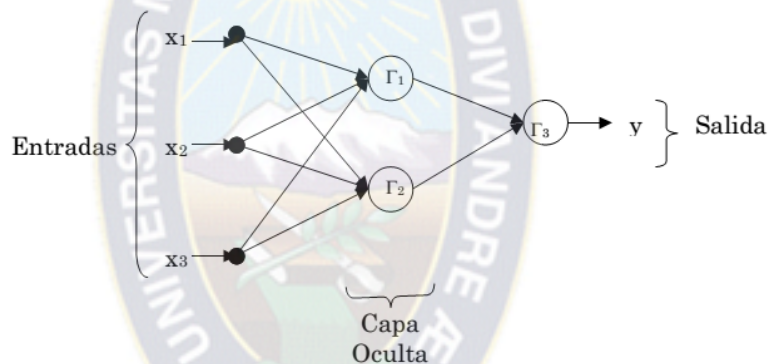


Figura 9: Ejemplo de arquitectura de una red

Fuente: (Colina & Rivas, 1998)

Esta red (Figura 9), por ejemplo, está formada por una sola capa que consta de dos neuronas en paralelo. Las entradas se orientan a la salida. Las 3 entradas se comunican con las 2 neuronas de la única capa, estas dos neuronas se comunican con la neurona de salida para proporcionar la salida de la red. No se consideran como capas las entradas ni las salidas, así lo señalan algunos autores: (Colina & Rivas, 1998) y (Hagan, Demuth, & Beale, 2014)

2.3.3.4 ENTRENAMIENTO Y GENERALIZACIÓN

Un modelo de red neuronal al ser construido origina dos actividades fundamentales para la posterior utilización. Estas son: entrenamiento o aprendizaje y generalización o prueba.

2.3.3.4.1 ENTRENAMIENTO

El entrenamiento de una red se lleva a cabo mediante una regla o algoritmo de aprendizaje. Este algoritmo es un procedimiento para modificar los pesos de una red y su propósito es entrenar la red para ejecutar alguna tarea (Hagan, Demuth, & Beale, 2014). En otras palabras, los algoritmos de aprendizaje proporcionan la habilidad para aprender a capturar información, mediante el ajuste de los pesos o ponderaciones de interconexión.

Terminología

En el proceso de entrenamiento se usa cierta terminología que conviene explicar previamente:

- Patrón: una observación o experimento del conjunto o patrones de entrenamiento.
- Patrones de Entrenamiento: son ejemplos o grupos de datos suministrados a la red para su aprendizaje y están compuestos por patrones de entrada y patrones de salida.
- Ciclo: Es un barrido de todos los patrones del conjunto o patrones de entrenamiento.
- Criterios de Parada del Entrenamiento:
 - Se repiten los ciclos hasta que el error alcance un valor máximo permisible.
 - Se alcance un número máximo de ciclos.

Algoritmos de Entrenamiento

Los algoritmos de entrenamiento, en general, pueden clasificarse en dos tipos:

- Supervisados: “un maestro” guía la red en cada etapa del aprendizaje, indicándole el resultado correcto (Colina & Rivas, 1998). La misión del algoritmo es ajustar los pesos de la red de manera tal, que dado un conjunto de entradas las salidas proporcionadas por la red deberán coincidir lo más posible con las salidas especificadas en el patrón de entrenamiento. Ejemplos: regla de Hebb, aprendizaje de Widrow-Hoff y algoritmo de retro propagación.
- No Supervisados: los pesos son modificados únicamente en respuesta a las entradas de la red, es decir no están disponibles las salidas (u objetivos). La mayoría de estos algoritmos tienen como misión realizar algún tipo de agrupamiento. Éstos aprenden a categorizar los patrones de entrada en un número finito de clases (Hagan, Demuth, & Beale, 2014). Ejemplos: regla de Hebb no supervisada y regla de Kohonen.

En esta investigación utilizaremos algoritmos de entrenamiento supervisados. Debido a su adecuación para resolver problemas de predicción. Son muchos los algoritmos de aprendizaje, pero se expondrán brevemente los que se consideran de interés para la comprensión de este punto y de este trabajo.

Perceptrón Discreto: se utiliza para clasificar mediante una recta, es un dicotomizador. El algoritmo de aprendizaje para un perceptrón discreto con una sola neurona puede expresarse como sigue:

$$W_{(k+1)} = W_{(k)} + ceX \quad (1)$$

donde:

$W_{(k)}$: es el vector de pesos para el patrón de entrenamiento k

$W_{(k+1)}$: es el vector de pesos para el patrón de entrenamiento k+1

c: factor de aprendizaje o paso

$e = y_d - y_n$: es el error, la diferencia entre la salida deseada (proveniente del patrón de entrada del conjunto de entrenamiento) y la salida estimada por la red neuronal.

X: es el vector de entradas (proveniente del patrón de entrada del conjunto de entrenamiento)

Mediante un ejemplo es fácil entender su funcionamiento. Suponga un dicotomizador que clasifique un punto (X_1, X_2) en clase 1 y clase 2, mediante una recta.

Los patrones de entrenamiento tabulados y en forma gráfica son los siguientes:

Tabla 2: Entrenamiento Tabulados

Patrón	Entradas		Salida
	X1	X2	Yd
1	-1	3	1
2	-2	6	1
3	1	7	1
4	3	1	0
5	7	-3	0
6	9	-5	0

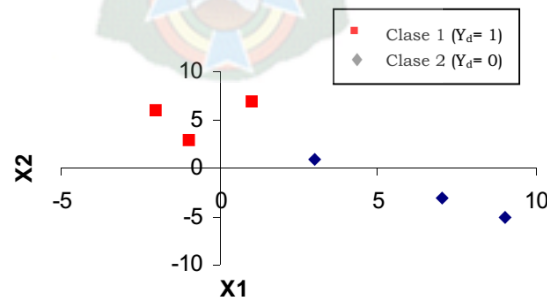


Figura 10: Patrón de entrenamiento en forma tabular y gráfica

Fuente: (Hagan, Demuth, & Beale, 2014)

El diseño de una red neuronal con dos entradas, una sola neurona en la capa oculta, una salida y función de activación Paso sería:

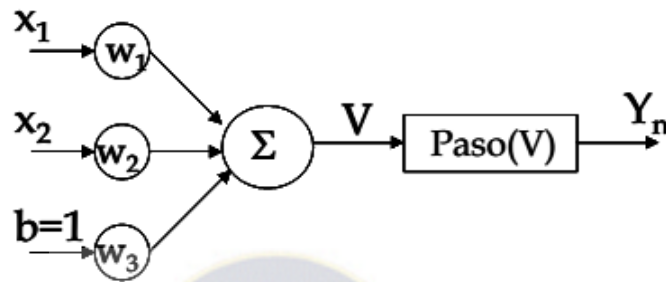


Figura 11: Red neuronal

Fuente: (Hagan, Demuth, & Beale, 2014)

Diseño:

donde $W=[w_1, w_2, w_3]^T$, $X=[x_1, x_2, 1]^T$ y b es el sesgo, por lo tanto

$V=w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 * 1$ y la salida de esta red estaría dada por:

$$Y_n = Paso(V) = \begin{cases} 1 & \text{si } V \geq 0 \Rightarrow \text{Clase 1} \\ 0 & \text{si } V < 0 \Rightarrow \text{Clase 2} \end{cases}$$

Entrenamiento:

El entrenamiento propiamente consiste en:

Inicialización de los pesos: con frecuencia es aleatoria, pero, en este caso, consideremos los siguientes pesos $W_{(0)} = [1, 2, 3]^T$.

Se repite el procedimiento para todos los patrones. Si los errores son siempre cero, el entrenamiento ha sido completado, lo cual ocurre en este caso, y los pesos definitivos son $W_{(1)}$. Así, la salida de la red está definida por la siguiente función:

$$Y_n = Paso(-2 x_1 + x_2 + 2)$$

Con la cual puedo tomar un punto (x_1, x_2) nuevo y clasificarlo.

Perceptrón Discreto Unicapa (múltiples neuronas):

El algoritmo de perceptrón discreto, dado por la ecuación (1), actualiza el vector de pesos de una sola neurona. Este algoritmo puede generalizarse para el caso de múltiples neuronas como sigue:

$$W_{ij(k+1)} = W_{ij(k)} + ceX_i \quad (2)$$

Los vectores de pesos del perceptrón discreto ahora se convierten en matrices de pesos. Éstas contienen los pesos entre la entrada y las neuronas de la única capa y los pesos entre estas neuronas y la salida.

Perceptrón Continuo:

La función de activación del perceptrón discreto se cambia en el perceptrón continuo a fin de lograr un control más fino del proceso de entrenamiento. Esta función deberá ser diferenciable, permitiendo de esa manera el cálculo de errores por gradiente. Para el ajuste de los pesos se minimiza la función del error utilizando procedimientos de máximo descenso o por técnicas de gradiente. El procedimiento básico de descenso consiste en calcular el gradiente de la función del error, $\nabla E(W)$, empezando con un vector de pesos arbitrariamente seleccionado W ; el próximo valor de W es obtenido moviéndonos en la dirección negativa del gradiente sobre la superficie de error multidimensional. La dirección de gradiente negativo es aquella de descenso máximo. El algoritmo puede expresarse como:

$$W_{(k+1)} = W_{(k)} + \eta \nabla E(W_{(k)})$$

donde η es una constante positiva llamada factor de aprendizaje y $E = (y_d - y_n)^2$ es el error para el k -ésimo patrón de entrenamiento, el cual consiste en la

diferencia cuadrática entre la salida deseada y la salida de la red neuronal. (Colina & Rivas, 1998).

Algoritmo de Retropropagación o del gradiente descendente:

Es la generalización del algoritmo para perceptrón continuo cuando se tienen múltiples capas. Popularmente utilizado para la solución de problemas de clasificación y pronóstico.

El uso del término “retropropagación” aparece después de 1985, sin embargo, la idea básica de retropropagación fue descrita primero por Werbos en su tesis doctoral en 1974. Subsecuentemente, fue redescubierto por Rumelhart, Hinton y Williams en 1986, y popularizado mediante la publicación del libro titulado “Parallel Distributed Processing” por los autores Rumelhart y McClelland. Una generalización similar del algoritmo fue derivada independientemente por Parker en 1985, y también por LeCun en 1985 (Haykin, 1992).

El método general de entrenamiento puede resumirse en los siguientes pasos:

Pasos hacia adelante:

1. Seleccionar un patrón de entrada del conjunto de entrenamiento.
2. Aplicar esta entrada a la red y calcular la salida.

Pasos hacia atrás:

3. Calcular el error entre la salida de la red neuronal y la salida deseada para el patrón de entrada usado.
4. Ajustar los pesos para que el error cometido entre la salida de la red neuronal y la salida deseada sea disminuido.
5. Repetir los pasos 1 al 4 para todos los patrones de entrenamiento, hasta que el error global sea aceptablemente bajo.

Los valores de los pesos se buscan de forma tal que se reduzca la función del error (diferencia cuadrática entre la salida deseada y la salida de la red neuronal), y este proceso se realiza por el método del gradiente descendente. La idea del método es realizar un cambio en los pesos inversamente proporcional a la derivada del error respecto al peso para cada patrón.

Durante la fase de asociación o clasificación, la red opera enteramente en forma de cascada directa o hacia delante, es decir sin retroalimentación. Sin embargo, el ajuste de los pesos obtenido por la regla de entrenamiento se realiza desde atrás hacia delante, pasando por las capas ocultas hasta el nivel de entrada (Colina y Rivas, 1998). Como el error se propaga en la red de atrás hacia delante, se le denominó a este procedimiento algoritmo de retropropagación.

Error de Entrenamiento

Para medir el error de entrenamiento comúnmente se utiliza la suma cuadrática del error de entrenamiento (SCEE), cuya expresión matemática es:

$$SCEE = (Y_d - Y_n)^2$$

donde:

Y_d : Y deseada. Es la salida del modelo, especificada en el patrón de entrenamiento.

Y_n : Y neuronal. Es la salida proporcionada por la red, cuando ésta ya ha sido entrenada y se le proporcionan las entradas del patrón de entrenamiento.

2.3.3.4.2 GENERALIZACIÓN

Una vez que una red neuronal ha sido entrenada mediante un algoritmo supervisado, esto implica que los pesos de interconexión han sido ajustados de forma que se minimice el error (Marín Diazaraque, 2009). Esta red deberá estar en capacidad

de proveer salidas próximas a los valores deseados cuando se le proporcionan nuevos ejemplos, es decir, entradas que no pertenecen al conjunto de entrenamiento, sino que forman parte de los patrones de prueba. A este proceso se le conoce como generalización de un modelo de RNA.

Para que ocurra una buena generalización deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Las entradas de la red deben contener suficiente información en relación con el objetivo o salida deseada, de manera que exista una función matemática que relacione correctamente (con el grado de exactitud deseado) las salidas con las entradas.
- La función que se trata de aprender debe ser, en cierto sentido, suave. Es decir, cambios pequeños en las entradas, producen cambios pequeños en las salidas.
- El número de patrones de entrenamiento deberá ser suficientemente grande y representativo del conjunto de los casos que se quiere generalizar.

Error de Generalización

Para medir el error de generalización comúnmente se utiliza la suma cuadrática del error de generalización (SCEG), cuya expresión matemática es:

$$SCEG = (Y_d - Y_n)^2$$

donde:

Y_d : Y deseada. Es la salida del modelo, especificada en el patrón de prueba.

Y_n : Y neuronal. Es la salida proporcionada por la red, cuando ésta ha sido entrenada previamente y se le proporcionan las entradas del patrón de prueba.

2.4 GRAMÁTICAS FORMALES

2.4.1 GRAMÁTICAS

Una gramática es un formalismo que genera un lenguaje, a su vez, dicho lenguaje puede ser reconocido por un autómata. Las gramáticas proporcionan el conjunto de reglas que permiten formar sentencias correctas. Para el uso de gramáticas es conveniente establecer algunas reglas:

- Las letras mayúsculas A, B, C, D, E y S representan variables.
- Las letras minúsculas a, b, c, d, e y los dígitos representan terminales.
- Las letras griegas minúsculas α , $\hat{\alpha}$ y $\tilde{\alpha}$ denotan cadenas de variables y terminales.

Se explicara en el ANEXO A los conceptos básicos y operaciones de los lenguajes formales.

2.4.1.1 GRAMÁTICAS REGULARES

Las gramáticas regulares nos proporcionan una plantilla o patrón para las cadenas del lenguaje. Todas las cadenas se corresponden con un patrón en particular y dichas cadenas serán las únicas que formarán dicho lenguaje. (Kalley, 1995) Una gramática regular o gramática de estado finito genera un lenguaje regular, que está hasta abajo de la jerarquía de Chomsky. Los lenguajes regulares tienen muchos usos en las ciencias de la computación, pero no son lo suficientemente poderosos para representar la sintaxis de la mayoría de los lenguajes de programación.

Definición.- Una gramática regular G es una 4-tupla $G = (\hat{O}, N, S, P)$ donde:

\hat{O} es un alfabeto finito de símbolos terminales.

N es una colección finita de símbolos no terminales, (o variables) tal que \hat{O} y N son disjuntos.

S es un no terminal llamado símbolo inicial.

P es un conjunto de reglas de sustitución, llamadas producciones y que son de la forma

$A \rightarrow w$, donde $A \in N$ y w es una cadena sobre $\Sigma \cup N$ que satisface lo siguiente:

1. w contiene un no terminal como máximo.
2. Si w contienen un no terminal, entonces es el símbolo que está en el extremo derecho de w .

El lenguaje generado por la gramática regular G se denota por $L(G)$

Ejemplo.- Considérese una gramática regular $G = (\Sigma, N, S, P)$, donde:

$\Sigma = \{a, b\}$

$N = \{S, A\}$

$P: S \rightarrow bA$, y cada producción satisface: $A \rightarrow aaA \mid b$

La siguiente es una gramática regular:

$S \rightarrow bA$

$S \rightarrow aB$

$A \rightarrow abaS$

$B \rightarrow babS$

$S \rightarrow e$

Que también puede escribirse usando el símbolo $|$ para agrupar producciones:

$S \rightarrow bA \mid aB \mid e$

$A \rightarrow abaS$

$B \rightarrow babS$

Donde:

$N = \{S, A, B\}$;

$\Sigma = \{a, b\}$;

$P = \{S \rightarrow bA, S \rightarrow aB, A \rightarrow abaS, B \rightarrow babS, S \rightarrow e\}$ donde S, A y $B \in N$;

N es un alfabeto finito de símbolos no terminales;

Ó es un alfabeto finito de símbolos terminales, tal que Ó y N son disjuntos;

S es un no terminal determinado llamado símbolo inicial.

P es un conjunto finito de producciones de la forma $A \rightarrow \hat{a}$, donde A es una variable

De N y \hat{a} es una cadena de símbolos de $(N \cup \hat{O})^*$.

Ejemplo.- La siguiente es una gramática libre del contexto:

$S \rightarrow AA$

$A \rightarrow AAA$

$A \rightarrow a$

$A \rightarrow bA$

$A \rightarrow Ab$

Una posible derivación es:

$S \Rightarrow AA \Rightarrow AAAA \Rightarrow aAAA \Rightarrow abAAA \Rightarrow abaAA \Rightarrow abaAbA \Rightarrow abaabA \Rightarrow abaabba$

Que especifica el lenguaje:

$L = \{w \in \{a, b\}^* : w \text{ contiene un número par de } a\text{'s}\}$

Cabe hacer notar que a diferencia de una gramática regular, una gramática libre del contexto puede tener o no un símbolo terminal en el lado derecho de cada regla. Una gramática libre del contexto genera un lenguaje libre del contexto y es reconocido por un autómata de pila.

2.4.1.3 INFERENCIA GRAMATICAL

Las gramáticas se emplean para describir la sintaxis de lenguajes o las relaciones estructurales de patrones o datos; también pueden usarse para caracterizar

una fuente sintáctica que genere todas las sentencias (finitas o infinitas) en un lenguaje, o los patrones (datos) pertenecientes a una clase particular (conjunto). Para modelar un lenguaje o para describir una clase de patrones o estructuras de datos en estudio con mayor realismo, se espera que la gramática usada pueda ser inferida directamente de un conjunto de sentencias o patrones muestra.

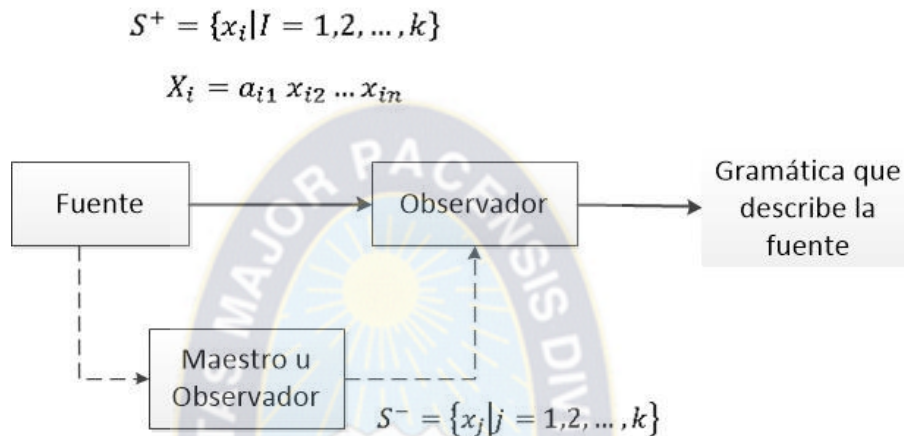


Figura 12: Modelo general del proceso de inferencia

Fuente: (King-Sun & Booth, 1975)

Este problema de aprender una gramática basado en un conjunto de sentencias muestra es llamado inferencia gramatical (King-Sun & Booth, 1975). La Figura 12 muestra la naturaleza general del problema de inferencia gramatical. Una fuente genera sentencias o cadenas de la forma:

$$X_i = a_{i1} a_{i2} \dots a_{in}$$

Donde los símbolos a_i son elementos del conjunto de símbolos terminales Σ . Se asume que estas sentencias poseen algunas características estructurales únicas que están caracterizadas por una gramática G , que puede ser usada para modelar la fuente. Todas las sentencias que pueden ser generadas por la fuente y que están contenidas en el conjunto $L(G)$, el lenguaje generado por G , mientras que todas las sentencias que no pueden ser generadas están contenidas en el conjunto complemento $L(G)$. A un observador se le da un conjunto finito S^+ de sentencias que

son de $L(G)$ y posiblemente otro conjunto finito S^- de sentencias de $L(G)$. Usando esta información el observador debe inferir las reglas sintácticas de la gramática desconocida G .

El conjunto S^+ se puede obtener observando la salida de la fuente. El conjunto S^- no es tan fácil de obtener. Este conjunto se puede definir únicamente por un maestro externo con información extra sobre las propiedades de G . El maestro puede usar esta información para definir aquellas sentencias que pertenecen a S^- . Si se tiene que S es una muestra finita de algún lenguaje y que G es una gramática que define el lenguaje $L(G)$.

Una pregunta importante que debe contestarse en esta situación es: ¿Es S una muestra del lenguaje $L(G)$? Si G es un lenguaje regular o libre del contexto, es posible usar la definición de G para definir un autómata que pruebe cada elemento de S^+ para ver si está en $L(G)$ y cada elemento de S^- para ver si no está en $L(G)$. Este procedimiento de prueba se basa en la siguiente propiedad de estos lenguajes: Sea x una cadena de S , existen solamente un número finito de formas en que una cadena de longitud $|x|$ pueda ser generada por G , y cada una de estas cadenas de longitud $|x|$ pueda ser enumerada en una manera directa.

El autómata esencialmente trata de generar la cadena x usando las reglas de reescritura de G . Si una derivación de x se encuentra usando estas reglas de reescritura, x es aceptada como una cadena de $L(G)$; de lo contrario, x es rechazada como una cadena de $L(G)$. Puesto que S tiene un número finito de cadenas siempre es posible, usando una prueba exhaustiva, decir si S es o no una muestra del lenguaje $L(G)$.

2.4.2 RECONOCIMIENTO SINTÁCTICO DE PATRONES

Uno de los enfoques importantes del Reconocimiento de Patrones es el que parte de la Teoría de los Lenguajes Formales o Gramáticas Formales. Su origen está

relacionado con el reconocimiento de imágenes y señales. Su idea central consiste en suponer que estos objetos, una señal electrocardiográfica digamos por caso, se puede descomponer (físicamente) en elementos primarios, atómicos, (en pedazos de la misma) como si fueran las letras de un cierto alfabeto; y a partir de estas letras, teniendo en cuenta la señal completa, encontrar las reglas gramaticales que nos permitan formar la señal (como si estuviéramos armando un rompecabezas). En otras palabras, el propósito es encontrar la gramática cuyo lenguaje estaría formado sólo por señales que estarían muy estrechamente vinculadas unas con las otras y aquellas señales que no tuviesen que ver con las primeras, responderían a gramáticas diferentes, por lo que pertenecerían a otro lenguaje. Algunas de las características de este enfoque, denominado Reconocimiento Sintáctico Estructural de Patrones (Watanabe, 1985), son las siguientes (Ruiz Shulcloper, Alba, & Lazo, 1994) (Cheremesina & Ruiz Shulcloper, 1992):

Se basa en las descripciones de los objetos en términos de sus partes constitutivas. Se apoya en la Teoría de los Lenguajes Formales, la Teoría de Autómatas, las Funciones Recursivas y la Teoría de Grafos. Se asume que la estructura de los objetos a ser reconocidos es cuantificable. En forma muy general, podemos decir que en este enfoque se asocia a cada conjunto de objetos una gramática que genera sólo elementos de dicho conjunto, y el problema consiste en averiguar cuál de las gramáticas genera como palabra la correspondiente al objeto que se desea clasificar; o también que a cada conjunto de objetos se le asocia un grafo que describe las relaciones entre las propiedades estructurales de un objeto representante del conjunto de objetos.

Aquí se compararían los grafos asociados a cada representante de las clases con el objeto que se quiere clasificar. Esta manera de abordar un problema de Reconocimiento de Patrones es especialmente productiva cuando los objetos de estudio son objetos físicos, es decir, imágenes o señales. Ejemplos de estas aplicaciones son trabajos en identificación de impresiones digitales (Fu, A Step

Towards Unification of Syntactic and Statistical Pattern Recognition, 1986) (Fu, Syntactic Pattern Recognition and Applications, 1982), entre muchos otros.

2.4.2.1 ANÁLISIS GRAMATICAL, RECONOCIMIENTO CON CADENAS Y LENGUAJES FORMALES

Lenguajes formales Se basan en la definición de una gramática que describe las estructuras sintácticas válidas capaces de identificar. De esta forma, un objeto viene definido por una palabra del lenguaje. El reconocimiento de un objeto equivale a identificar si la palabra asociada al objeto pertenece a la gramática. La gramática del lenguaje depende del ámbito al que va dirigida la aplicación.

El algoritmo general de reconocimiento con base en lenguajes formales consta de dos pasos principales:

1. La gramática generativa crea las cadenas de símbolos terminales usando las primitivas.
2. De modo analítico, dada una secuencia y una especificación de gramática, se determina si
 - a. La secuencia fue generada por la gramática.
 - b. Si es así, determina la estructura de la secuencia.

Reconocimiento con cadenas

Los patrones son representados por las secuencias ordenadas o cadenas de elementos discretos como una secuencia de letras en una palabra, la clasificación de patrones basada sobre dichas cadenas de símbolos discretos, difiere en el número de caminos de las técnicas más comúnmente usadas, debido a que los elementos de las cadenas (letras, caracteres o símbolos) son nominales; no hay una noción obvia de la distancia entre cadenas. Una dificultad se presenta del hecho que las cadenas necesitan ser de longitud diferente. Dichas cadenas no son vectores. Existe un gran

número de problemas referentes a cadenas en el área de computación; los únicos que son de importancia en el reconocimiento de patrones son los siguientes:

- Emparejamiento de cadenas: dada una cadena x , determinar si x es una subcadena de la cadena X , si es así establecer su posición.
- Corrección de distancias: dadas dos cadenas x y y , calcular el número mínimo de operaciones básicas, como inserción, borrado e intercambio de caracteres, necesarias para transformar x en y .

Reconocimiento usando gramáticas

Es muy similar a la aproximación general usada durante todo el reconocimiento de patrones. Con este método se supone que una oración de prueba fue generada por una de las n gramáticas, G_1, G_2, \dots, G_n , las cuales pueden ser consideradas como modelos diferentes o clases. Una oración de prueba x es clasificada de acuerdo a la gramática que la produjo, o equivalentemente, el lenguaje que forma esa gramática del cual x es miembro. Para el reconocimiento se debe emplear el proceso inverso, dada una x particular encontrar una derivación en la gramática que lleve a x . Este proceso es llamado parking o análisis sintáctico.

2.4.2.2 ÁRBOLES DE DECISIÓN

Es uno de los métodos de aprendizaje inductivo supervisado no paramétrico más utilizado. Su dominio de aplicación no está restringido a un ámbito concreto sino que pueden utilizarse en diversas áreas: diagnóstico médico, juegos, predicción meteorológica, control de calidad, etc. Puede verse como la estructura resultante de la partición recursiva del espacio de representación a partir de un numeroso conjunto de prototipos. Esta partición recursiva se traduce en una organización jerárquica del espacio de representación que puede modelarse mediante una estructura de tipo árbol. Cada nodo interior contiene una pregunta sobre un atributo concreto (con un hijo por cada posible respuesta) y cada nodo hoja se refiere a una decisión (clasificación). Entre los clasificadores basados en árboles descritos en la literatura se encuentran

ID3, C4, C4.5, árboles Bayesianos y CART (Classification And Regression Trees, árboles de clasificación y regresión). Las diferencias principales entre los distintos algoritmos de construcción de árboles de decisión radican en las estrategias de poda y en la regla adoptada para dividir nodos.

2.4.2.3 MÉTODOS GRÁFICOS

Se utiliza la notación de grafo para describir los elementos constituyentes de un objeto y las relaciones entre ellos. El reconocimiento de un objeto con un modelo consistirá en aplicar una operación de isomorfismo entre dos grafos, el del objeto y el del modelo. Este método presenta una mayor flexibilidad en cuanto al grado de similitud que la descripción en gramáticas. La desventaja de este método es que, forzosamente se incrementa el costo computacional, tanto en tiempo de procesamiento como en la cantidad de espacio de almacenamiento requerido y rapidez de acceso.

2.5 GRAFOLOGÍA

2.5.1 HISTORIA DE LA GRAFOLOGÍA

En realidad, el interés por la escritura es muy lejano en el tiempo; por ejemplo, en el antiguo Egipto, era considerado como algo sagrado y en China se le tributaba un culto especial.

Posteriormente se pueden encontrar innumerables citas sobre los escritos de personajes de distintas épocas en las que se hacían reflexiones acerca de su escritura, de las que se deducían algunos rasgos de su forma de ser.

Para poner simplemente un ejemplo, el historiador Suetonio dice refiriéndose a la letra del emperador Augusto que no separa las palabras y que no pasa a la línea siguiente las palabras que le sobran al final de una línea, sino que la coloca debajo,

envueltas en un rasgo. Esto era muy significativo en su momento pero, naturalmente, entonces no se daba interpretación psicológica.

Pero cuando de verdad empieza a manifestarse la Grafología es en 1622, con Camilo Baldo, italiano, profesor de la Universidad de Bolonia, que edita en Italia un libro cuyo título es "Trattato come de una lettera missiva si cognoscano la natura e qualità dello scrittore" (Tratado para conocer por una carta misiva el temperamento y las cualidades del escritor).

Marco Aurelio Severinus, profesor de Anatomía y de cirugía en Nápoles, escribió un tratado que tenía por título "Vaticinator, sive Tractatus de divinatione literali", pero no llegó a ser publicado a causa de su muerte en 1656.

Nos trasladamos ahora al año 1806 y nos encontramos con el Abate Juan Hipólito Michon, nacido en Francia, a quien está reservado el desarrollo de la Grafología Psicológica. En 1871 funda la "Société de Graphologie". Publica "Les mystères de l'écriture".

En 1812 se imprimió un libro en París, titulado "El arte de juzgar el talento y del carácter de los nombres por su escritura", de autor anónimo. Fue atribuido más tarde a Eduardo Hocquart, quien resultó ser su verdadero autor en realidad.

Años después, Crepieux Jamin coordina los resultados de Michon y establece leyes para la clasificación e interpretación de los movimientos gráficos introduciendo la teoría de superioridad e inferioridad gráfica y además otorga rigor a la nueva ciencia.

Entre sus obras figuran: "L'écriture et le caractère" (1888), "ABC de la Graphologie" (1929), "L'écriture des canailles" (1921) y otras.

En 1900 el filósofo alemán Ludwig Klages recoge las teorías de los anteriores y forma su escuela. Crea el sentido positivo y negativo de la escritura, semejantes de alguna forma a los de superioridad e inferioridad de Crepieux Jamin. Funda la

Sociedad Alemana de Grafología y en sus obras "Problemas de la Grafología", "Fundamentos de la ciencia del carácter", "Escritura y carácter", se manifiesta la profundidad y el giro emocional que da a sus investigaciones.

Y llegamos al Dr. Max Pulver, considerado como uno de los genios más profundos de la Grafología moderna.

Pulver introdujo el psicoanálisis en la Grafología. En 1931 publica su obra "El simbolismo de la escritura". Como su título indica, Max Pulver establece los símbolos que se reflejan en la escritura. Para ello, divide el campo gráfico en cinco zonas: superior, inferior, izquierda, derecha y centro, que representan los espacios en que se mueve el que escribe, atribuyendo un significado a los signos que se encuentran en ellos.

El mayor mérito de Pulver es haber encontrado leyes de interpretación de la escritura que simplifican la labor del grafólogo. (Barabino Maciá, 2011)

2.5.2 DEFINICIÓN DE GRAFOLOGÍA

Actualmente existen muchas definiciones en la bibliografía, pero se las puede resumir en: "Un test psicológico proyectivo, cuyo fin es describir las características de personalidad de un individuo a través de la observación, medición, análisis e interpretación de las manifestaciones que acontecen durante el proceso y dinámica del recorrido que el lápiz realiza en el decurso de una página en blanco, configurando con su tinta un trazo u onda gráfica propia, particular y diferente en cada persona" (Rojas Weisser, 2004).

2.5.3 DESARROLLO PSICOMOTOR Y NEURONAL DEL SER HUMANO

Para poder comprender esto, debemos comprender como funciona nuestro organismo, a nivel físico (motor) y neuronal (mente y psique), es por ello que hay que recordar que desde el niño que hace torpemente sus rayas y trata de repetir con gran esfuerzo las vocales y consonantes, para formar palabras, siguiendo un modelo

caligráfico determinado, no siempre es el más adecuado, hasta el escribiente adulto que obra por reflejos y que se olvida del papel, del lápiz y la mano, para transcribir ideas, hay un trecho muy grande y es imposible que nos veamos libres de determinados condicionados. ¡Influyen tantas cosas en el acto de escribir! (Centeno Muñoz & Marín Hernández, 2010)

Comencemos por los órganos visuales, que nos dejan apreciar las formas que luego reproduciremos en un primer momento y que guían después el escrito inconsciente. De otra los órganos a través de los cuales llegan las órdenes cerebrales a la mano:

Cerebro o medula, a través del hombro al brazo, por el brazo al codo, muñeca y mano, de ésta a los dedos.

Pero sin olvidar que existen huesos, músculos, tendones, nervios y vasos sanguíneos que se influyen del corazón y los pulmones que producen ligeros movimientos según su normal o deficiente funcionamiento.

Sólo en este enumerado ya hemos visto la serie de influencias que pueden producirse en la transmisión de la orden cerebral hasta su ejecución y las interferencias somáticas y mentales que pueden advertirse en estos movimientos escritúrales.

Pero aparte de los órganos visuales y la reproducción del movimiento, existen otros factores extraños que pueden modificar la escritura: el útil, el papel, el ambiente o lugar, la situación emocional y mental, así como las influencias como ruidos u olores. Por lo tanto si hablamos de las situaciones o el lugar no digamos de la postura y situación del escribiente. ¿Se escribe lo mismo de pie que cómodamente sentado? ¿En un día frío o en uno caluroso? ¿Entre ruidos y entusiasmo o en un momento de calma? ¿Es que podemos olvidar la importancia que puede tener el modelo caligráfico que nos enseñan al comenzar a marchar por los caminos gráficos de nuestra escritura inicial?

Hay otras influencias debidas al mimetismo. Copiamos a las personas que admiramos o respetamos y queremos, lo mismo que imitamos sus gestos al hablar. Y no cabe la menor duda que podemos heredar de nuestros antecesores rasgos gráficos, lo mismo que heredamos el color del cabello o de los ojos, la forma de la nariz o el genio disparado. ¿Podíamos negar la enorme influencia hereditaria? Y es curioso que también influya en la escritura nuestro propio gusto personal, nuestro carácter y nuestros deseos. Por lo que podemos corroborar que la grafología es una disciplina muy exacta, ya que antes tantas probabilidades como son las exteriores (lugar, educación, situaciones, experiencias, etc.) y las interiores (mental, alma, conciencia, aprendizaje, etc.), podemos ver que están pueden verse como contraladas o no. Lo cual implica en un sinfín de opciones finales que nos hace dar una información con muchas cualidades particulares. (Centeno Muñoz & Marín Hernández, 2010)

Se puede decir que *“todo lo que nos acompaña o rodea”* influye sobre nuestra escritura, y vamos a enumerarlo de una forma esquemática:

ESCRITURA PERSONAL

- Interferencias cerebrales o motrices.
- Modificaciones por deficiencias viscerales.
- Mentales.
- Nerviosas.
- Traumáticas locales en hombro, brazo, codo, muñeca, mano, dedos.
- Deformaciones visuales por anormalidades en la vista.
- Problemas nerviosos centrales o periféricos.
- Problemas medulares.
- Características del útil empleado.
- Particularidades del papel en el que se escribe.
- Posturas del escribiente y el papel.
- Temperatura extrema, interna o externa, del escribiente.
- Ruidos o silencio cerca del escritor.

- Influencias del modelo caligráfico.
- Mimetismo del escritor al copiar gestos de otros.
- Herencia de rasgos de nuestros antepasados.
- Influencias finales de nuestra personalidad: gusto, energía, timidez, etc.

2.5.4 EL CEREBRO Y EL ACTO DE ESCRIBIR

Para conocer de forma asequible y simplificada como se forma la escritura, dividiremos el acto de escribir en seis fases neurofisiológicas, que vamos considerar ahora, como se describe a continuación: (Dr. José María de Mena)

PRIMERA FASE: Evocación de la imagen visual del objeto.

Evocar unas imágenes de objetos concretos y sus abstracciones circundantes. Para efectuar esta fase, es preciso que el individuo haya adquirido a su debido tiempo las imágenes visual es de los objetos y sus abstracciones circundantes.

SEGUNDA FASE: Evocación de la imagen auditiva verbal.

Tras la fase anterior que es puramente mental, no verbal, pasamos a la segunda fase, que ya es verbal. Se trata ahora de buscar las equivalencias en imágenes auditivas, de aquellas imágenes visuales que hemos pensado.

TERCERA FASE: Evocación del Grafema correspondiente a la imagen auditiva anterior.

Ahora ya disponemos del cliché de la palabra auditiva, tenemos que evocar la imagen de esa palabra escrita. Esto ya no lo puede hacer un analfabeto, puesto que en esta fase, la imagen sonora de la palabra, va a ser substituida por la imagen de esa misma palabra escrita, o sea el Grafema.

CUARTA FASE: Análisis del grafema y descomposición del mismo en sus elementos plásticos.

En una zona inmediata del punto localizado anteriormente, se efectúa esta fase, en la que el grafema evocado, se analiza y se descompone en sus elementos espaciales, o sea que se analiza desde el punto de vista geométrico, descomponiéndolo en sus líneas rectas y curvas que forman, sus letras.

QUINTA FASE: Evocación de la imagen cenestésica correspondiente a los elementos plásticos.

Parece que todo grafema, al aprenderse en la infancia, crea en el cerebro una memoria cenestésica, o sea de los movimientos musculares que se realizaron para escribir aquel grafema.

Esta memoria cenestésica, aunque guiada por la vista en el acto de aprendizaje de la escritura, no es una memoria visual.

SEXTA FASE: Actividad bioeléctrica enviando órdenes a cada uno de los músculos que han de realizar la escritura.

Desde el lóbulo parietal, donde se ha determinado cuales van a ser los movimientos necesarios, pasa esta información al centro motriz situado en el lóbulo frontal, en la circunvolución frontal ascendente, o gyrus pre-central, que interpretará el mensaje codificado y emitirá los impulsos neuro eléctricos, que habrán de ir desde dicho lóbulo, a través de las fibras que forman el fascículo piramidal, pasando por el bulbo raquídeo, a la médula espinal y desde allí por los nervios del brazo, hasta cada uno de los músculos que intervienen en el movimiento de la mano para el acto de la escritura. (Centeno Muñoz & Marín Hernández, 2010)

2.5.5 RASGOS DE LA ESCRITURA Y SU SIGNIFICADO

Cuando hablamos de un análisis grafológico, hablamos de las cualidades que observamos, analizamos e interpretamos en su conjunto para dar un resultado integro, para describir una personalidad a través de su escritura.

Estas cualidades son valores que tiene la escritura a lo largo de un escrito, de una firma y/o rúbrica y otros datos (números, signos de puntuación, márgenes). Cada una de estas ocho cualidades nos da una información en particular, pero en conjunto a las otras nos da un informe completo de la personalidad. Debemos de recordar que estas cualidades se pueden analizar tanto en firma y/o rúbrica como en texto, de esta forma podemos tener un conjunto de datos completo de cómo es la persona en su “yo íntimo-familiar” y en su “yo público-social” respectivamente, de esta forma se logra un análisis de la personalidad, muy certero siempre y cuando el que lo realice sepa emplear estas leyes, observar, identificar y desarrollar, para tener al final un estudio íntegro, preciso y congruente. (Centeno Muñoz & Marín Hernández, 2010)

El análisis grafológico se efectúa sobre la base de ocho leyes de interpretación; cada una nos brindará dos significados o mejor dicho dos interpretaciones, uno será positivo y uno negativo. Que en ocasiones serán contradictorios, por lo que el ambiente gráfico positivo o negativo determinara su verdadero valor.

Para saber si es un ambiente positivo o negativo, distinguiremos que:

- a) Ambiente gráfico positivo: se dice que existe este ambiente y por tanto la interpretación de éste, cuando el escrito posee movimientos gráficos que presentan un orden, una continuidad, proporción y equilibrio constante, esto es, cuando se refleja, espontaneidad y armonía. Es ambiente gráfico positivo cuando el escrito no presenta manchas, tachaduras, borrones, enmiendas, distorsión, etc. que la vulnere en su integridad total.
- b) Ambiente gráfico negativo: se dice que es negativo el ambiente, cuando en todos o en casi todos los aspectos los movimientos gráficos no presentan orden ni proporción y hasta se presentan inarmónicos.

Estos movimientos gráficos nos referimos a las partes de la escritura como son hampa, cuerpo y jamba, así como el trazo de inicio y final, que se encuentran respectivamente en las zonas: superior, media, inferior, izquierda y derecha

respectivamente. Todos estos movimientos son los trazos que generan cada letra y por lo tanto toda la escritura. De modo que, las ocho leyes de interpretación son:

1. Orden o Distribución
2. Dimensión o Tamaño
3. Forma o Arquitectura
4. Inclinación o Rectitud
5. Dirección u Orientación
6. Velocidad o Rapidez
7. Continuidad, Cohesión o Progresión
8. Presión o Tonalidad

El nombre por lo general de cada ley está en su primera descripción, sin embargo se adicionan otras versiones, dependiendo de la cita de otros libros publicados a nivel internacional o del mismo autor.

2.5.6 GRAFOMETRÍA Y GRAFOSCOPIA

En el campo comercial y en el manejo de los documentos negociables es de mucha importancia el examen de adulteraciones, cambios, sustituciones, enmiendas, errores, correcciones, borrones, etc. en las firmas manuscritas que son un medio que permite identificar a los individuos.

En la vida diaria se puede ver como cada individuo, desde niño va adquiriendo el mecanismo necesario para ejecutar los grafismos, hasta lograr su perfeccionamiento y espontaneidad.

Para el estudio de esto, un perito se auxilia de las siguientes ramas: (Fuerte, 2008)

La Grafometría es la medición de la grafía, o la medición de todos y cada uno de los grammas, (Cada uno de los elementos constitutivos de la escritura) que forman la grafía de la escritura.

La Grafoscopia, proviene de las raíces griegas “graphé”, escritura y “skopein”, examinar u observar. Por lo tanto, se define como la rama que estudia u observa los escritos en su aspecto material con el objeto de analizarlos.

Se ha demostrado que toda persona al escribir presenta cinco propiedades que son: oblicuidad, tamaño, riqueza de formas, presión y grado de unión y muestra, en esencia, que no hay ningún individuo que pueda fingir al mismo tiempo todas esas propiedades.

Cada persona en su desarrollo físico, presenta una serie de cambios que van repercutiendo en su propia grafía, que puede hacerla elegante, grande, pequeña, fea, mediana, recta, lenta, etc., incluyendo las características personales de su autor y su habilidad para conducir el instrumento con que escribe.

Los rasgos que sirven de unión entre letras y aquellas que se prestan como sus iniciales o finales, suelen presentar características adquiridas paulatinamente por quien escribe por lo que toda persona se acostumbra a utilizar signos, rasgos y trazos con particularidades, dictados por su carácter y habilidad.

“La escritura es inicialmente un acto volitivo, pero cae inmediatamente bajo la acción del subconsciente. El consciente piensa y el subconsciente escribe” (Fuerte, 2008)

2.5.7 LEYES DEL GRAFISMO

Las leyes del Grafismo tienen su origen en la escritura manuscrita, fueron enunciadas por el perito francés, M. Solange Pellat y constituyen los “Postulados de la

Grafoscopia” siendo válidos para todos los idiomas y todos los alfabetos. Estas leyes son las siguientes: (Álvarez, 2005)

1ª. Ley.- “El gesto gráfico está sometido a la influencia inmediata del cerebro. El órgano que escribe no modifica la forma de aquélla si funciona normalmente y está lo bastante adaptado a su función”.

2ª. Ley.- Cuando uno escribe, el yo está en acción pero el sentimiento, caso inconsciente de esta actuación, pasa por alternativas continuas de intensidad y debilidad. Adquiere el máximo de intensidad cuando tienen que realizar un esfuerzo, es decir, en los comienzos y el mínimo cuando el movimiento de la escritura viene secundado por el impulso adquirido, o sea, en los finales.

3ª. Ley.- No se puede modificar voluntariamente, en un momento dado, la escritura natural más que dejando en su trazado la señal del esfuerzo realizado por lograr el cambio.

4ª. Ley.- El que escribe en circunstancias en que el acto de escribir es particularmente difícil traza instintivamente, o bien forma las letras que le son más habituales, o bien formas más sencillas y fáciles de construir.

Así como no hay dos personas que reaccionen exactamente igual ante un estímulo, tampoco hay dos que escriban exactamente igual, de ahí viene otra ley del grafismo: “Cada individuo posee una escritura que le es propia y que se diferencia de las demás”.

2.5.8 CARACTERÍSTICAS DE LAS FIRMAS QUE ESTUDIAN LOS PERITOS GRAFOSCÓPICOS

En la escritura y firmas manuscritas se pueden estudiar ciertas características que se pueden observar en todas las firmas, con la modalidad propia de cada

ejecutante. Se consideran de importancia ya que corresponden a movimientos automatizados por nuestro subconsciente. (Grafólogos, 2005)

Entre las más importantes se encuentran:

- a) Alineamiento básico: Es la colocación que los elementos de una palabra tienen respecto a una recta de referencia.

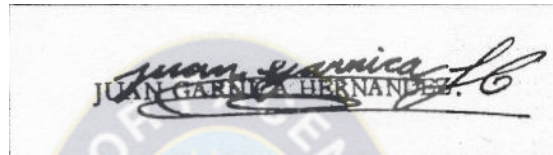


Figura 13: Alineamiento básico, en dos planos, uno ondulado y la "H" en otro más bajo

Fuente: (VEGA RAMOS & ROBLES LLORENTE, 2000)

- b) Presión muscular: Se estudia en la presencia de trazos apoyados, sutiles o cuando los hay carentes de matices.

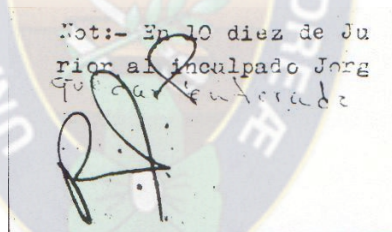


Figura 14: Presión muscular aparentemente mediana con trazos apoyados y sutiles

Fuente: (VEGA RAMOS & ROBLES LLORENTE, 2000)

- c) Inclinación: Posición de los elementos gráficos de una palabra en relación a una perpendicular a la recta de referencia del alineamiento básico.

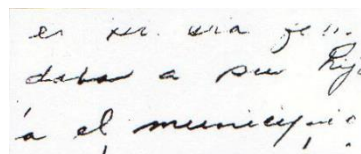


Figura 15: Inclinación hacia la derecha

Fuente: (VEGA RAMOS & ROBLES LLORENTE, 2000)

- d) Dimensión: Relación de tamaño que existe entre los diversos elementos de la escritura, sin que importe la dimensión total de esta.

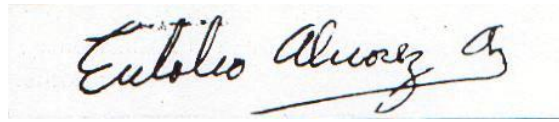
A handwritten signature in cursive script that reads "Eutolío Álvarez". The initial "E" is significantly larger and more prominent than the rest of the letters in the name.

Figura 16: La dimensión de la inicial del nombre es mayor a comparación de los demás elementos de la firma

Fuente: (VEGA RAMOS & ROBLES LLORENTE, 2000)

- e) Momentos gráficos: Son las veces en que se levanta el lápiz para cada trazo.
f) Cortes: Distancia existente entre momentos gráficos.
g) Tensión: Se refiere a la firmeza de los trazos de la firma.

A handwritten signature in cursive script that reads "B. Valdivia". The signature is written with a consistent, firm pressure throughout, showing uniform tension in the strokes.

Figura 17: Tensión firme en una firma

Fuente: (VEGA RAMOS & ROBLES LLORENTE, 2000)

- h) Inicios: Puntos en los que se inicia un momento gráfico, deben ser observados con lentes de aumento, para determinar su forma y colocación.
i) Enlaces: Las ligaciones que existen entre los trazos de una firma y se estudian por su forma y colocación.
j) Finales: Puntos en los que termina un momento gráfico, también deben ser observados con lentes de aumento.
k) Velocidad: Puede ser rápida o lenta, y es el tiempo que tarda en realizarse la firma, los peritos no pueden determinarla con precisión pero pueden inferir dependiendo de los distintos trazos si es rápida o lenta.

2.5.9 MÉTODOS PARA ANALIZAR FIRMAS MANUSCRITAS

El avance realizado en los últimos años ha sido muy significativo, por el perfeccionamiento de los aparatos ópticos (microscopios, espectrógrafo, estereoscopio, lámparas ultravioleta, lupas, comparador óptico, etc.) con los cuales se presentan nuevas oportunidades para el estudio y verificación de firmas manuscritas. (Grafólogos, 2005)

En base a esto se propusieron los siguientes métodos de análisis de firmas:

- **Método de comparación formal o morfológica:** Trata de realizar ciertos cotejos o comparaciones entre las letras, mientras más semejanzas se aprecien se acercará más a la escritura de una persona y por el contrario cuando más diferencias se encuentren la escritura se alejará del presunto autor. Predominando las semejanzas en las escrituras del mismo puño; y divergiendo si tienen origen diverso.
- **Método grafológico:** Consiste en trazar un “retrato grafológico” aplicando procedimientos para determinar el origen de una firma. En éste se presentaron dos escuelas principales:
 - Francesa: Mide la dimensión, dirección, forma, orden, presión, continuidad, velocidad, etc. y se buscan los signos reveladores de las cualidades morales, intelectuales y artísticas del escritor.
 - Alemana: Mide el ritmo gráfico y buscan signos de contracción y relajación de los músculos. Se identifica al escritor mediante su temperamento.

Analizando la firma según las características mostradas en el ANEXO B tendríamos detallado las interpretaciones de los rasgos más significativos.

MARCO APLICATIVO

3 CAPÍTULO III

3.1 INTRODUCCIÓN

En el capítulo se expone en forma detallada el método para la interpretación grafológica mediante redes neuronales y gramáticas formales. Por la complejidad que involucra un sistema completo de interpretación grafológica, el trabajo trata básicamente en la interpretación de la firma y rubrica.

Previamente a la implementación, es muy importante definir los principales elementos y características de las gramáticas formales, redes neuronales y homologar su modelación matemática a una posible modelación computacional a través de algoritmos y estructuras de datos.

La gramática formal, en el proyecto, se utiliza como un reconocedor de formas, el cual va a descomponer o segmentar una forma compleja en un conjunto de formas simples o primitivas (“fáciles de reconocer”) tomando en consideración sus relaciones estructurales y se logre reconocer los trazos de la escritura de las personas por medio de gramáticas de árbol.

La red neuronal, en el proyecto, se utiliza como un clasificador para reconocimiento de patrones y se logre aprender a reconocer la escritura de las personas por medio de entrenamiento asistido.

3.2 DESCRIPCIÓN INFORMAL

La presente investigación se da en el contexto de los procesos que muchos de nosotros buscamos tener un mejor conocimiento de nosotros mismos y de las

personas que son importantes en nuestras vidas, sea cual sea el motivo, todos queremos tener mejores relaciones en el trabajo y en la vida privada.

Todos nos hemos preguntado alguna vez por qué no logramos comunicarnos o llevarnos bien con alguien de la familia o del trabajo. O por qué la mayor parte de las personas que se contratan en una empresa, no resultan tan maravillosas como parecían en la entrevista. Y también por qué personas menos preparadas o menos trabajadoras suelen lograr los aumentos de sueldo y las promociones antes que otros.

Hay muchas preguntas como éstas, que nos dejan con el sentimiento de que si entendiéramos qué es lo que pasa, podríamos lograr ser más felices y sentirnos más queridos, más apoyados o más realizados.

El informe grafológico de nuestra escritura nos puede ayudar a descubrir cómo somos, qué nos hace felices y cómo nos relacionamos con los demás. Por supuesto que también podemos descubrir esto acudiendo donde un psicólogo. Todo lo que hagamos para mejorar como personas, es beneficioso y vale la pena.

3.3 DESCRIPCIÓN FORMAL

Para la obtención automática de perfiles psicológicos en el presente trabajo usaremos dos métodos para el reconocimiento de patrones, las gramáticas formales y las redes neuronales, las gramáticas formales nos ayudaran a crear el lenguaje que reconocerá los movimientos realizados al momento de escribir, las redes neuronales harán el reconocimiento de caracteres manuscritos siendo estos dos campos muy estudiados por las ciencias de la computación. El problema ha atraído investigadores de diferentes disciplinas como ingeniería, ciencias de la computación y matemáticas habiendo significativos avances. Un sistema automatizado de reconocimiento cumple con las etapas siguientes.

- Imagen

- Preprocesado
- Detección
- Reconocimiento
- Clasificación
- Resultados

En general, el proceso de reconocimiento de la escritura y extracción de características utiliza la misma secuencia de etapas:

- Preprocesado
- Detección
- Reconocimiento(Extracción de características y Clasificación)

El desarrollo de la tesis lógicamente va a seguir también estas etapas generales. A continuación se muestra un diagrama de bloques en el que se representa de forma más detallada las etapas a implementarse.

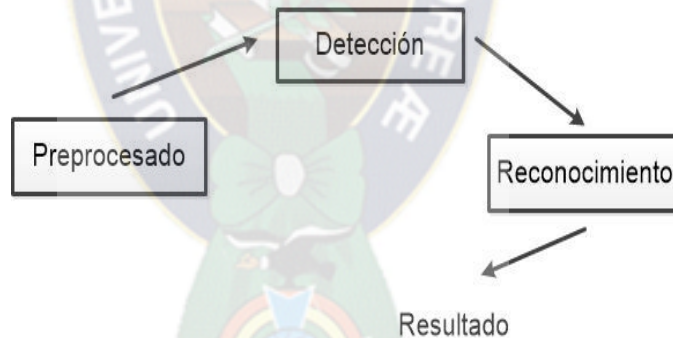


Figura 18: Etapas generales de desarrollo

Fuente: Elaboración Propia

Preprocesado

Recibe como entrada la firma de la persona realizada en la pantalla del dispositivo, la cual debe realizarse como si estuviese en papel.

Detección

Recibe como entrada la firma preprocesada y devuelve los caracteres detectados si es que hay. El algoritmo de reconocimiento de caracteres se basa en el llenado con 0's y 1's de todos los pixeles de la pantalla.

Reconocimiento

En la fase del reconocimiento de caracteres se incluye la etapa de extracción de características y la clasificación, las etapas descritas anteriormente corresponderían a la fase de detección de letras. Por tanto se supone que la firma con la que se va a trabajar a partir del momento únicamente contiene la firma, aunque también depende del funcionamiento de la fase de detección, ya que puede ocurrir que el funcionamiento no sea tan bueno como se desea.

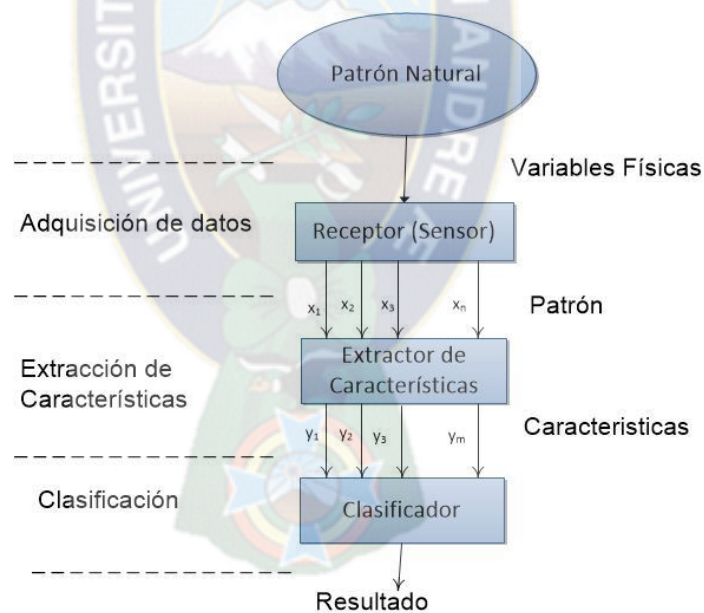


Figura 19: Fases del reconocimiento

Fuente: Elaboración Propia

- **Extracción de características.** Recibe como entrada la firma detectada y devuelve un vector de características. Características que se obtienen mediante la ecuación de Euclides

- **Clasificación.** Recibe como entrada el vector de características de la firma y devuelve la interpretación de la base de datos a las que más se parece, para clasificar correctamente, previamente debe haberse sometido a un proceso de entrenamiento. Como clasificador se utiliza una red neuronal.

3.4 GRAFOLOGÍA Y FIRMA

La “materia prima” del trabajo es la grafología y la firma. Como ya se definió en el punto 2.5 del capítulo anterior la grafología es la ciencia que pretende analizar la escritura y relacionarla con la personalidad, fisiología y equilibrio mental de las personas, dentro de este campo se estudia la firma la cual se definió como un conjunto de gestos automatizados el cual está ligado al comportamiento íntimo, privado y real de la personalidad de una persona. Además se aclaró entre la diferencia de la firma y la rúbrica, siendo la firma la parte legible de la firma mientras la rúbrica un gesto gráfico para dar estilo a la firma.

En el punto 2.5.5 se definieron las zonas de la escritura, siendo estas 3, zona superior, media e inferior, la zona media se comprende de las vocales la zona superior de las prolongaciones de las letras y la zona inferior de las prolongaciones inferiores.

Hay que tomar en cuenta que la escritura a mano está históricamente considerada como la habilidad motora ampliamente enseñada. También es uno de los primeros, y a menudo, la única habilidad motora que los niños aprendan en la escuela primaria. Se necesitan años de práctica y la maduración antes de que una persona haya dominado la habilidad de escritura para adultos. La escritura a mano no se considera sólo como un movimiento que deja una huella visible de tinta en el papel, sino que también puede ser considerado como una expresión del yo interno.

Una vez definido la grafología, firma manuscrita, rúbrica y las zonas de escritura será más comprensible hacer uso de estas definiciones y propiedades en este trabajo.

3.5 PRE-PROCESAMIENTO DE PARÁMETROS ON-LINE

Existen muchos dispositivos (lápices digitales, asistentes personales digitales (PDAs), Tablet, Wacom, etc.) que pueden ser usados para capturar la firma dinámica de un usuario. Sin embargo, hoy en día el uso de los smartphones está cambiando nuestra vidas y a un precio accesible. Por ello, se usará la pantalla capacitiva de los smartphones para obtener la firma dinámica. No obstante, tal y como se verá más adelante, los resultados obtenidos son fácilmente trasladables a otros dispositivos. Centrándonos en los smartphones, éstas pueden registrar información del firmante en una secuencia de vectores a frecuencia típica de 100 Hz. Las características registradas por ellas pueden ser clasificadas en dos categorías:

Características posicionales: los puntos 2D seguidos por el lápiz a lo largo de la trayectoria de la firma.

$$f_k^p \in \{x_k, y_k\}$$

Características ergonómicas: resultantes de la interacción entre la mano y lápiz. En nuestro caso son la presión p ejercida por el lápiz sobre la pantalla y los ángulos de inclinación y acimut (acimut a e inclinación i).

$$f_k^e = \{p_k, a_k, i_k\}$$

3.5.1 EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

Una firma dinámica S es representada mediante una secuencia temporal finita de N vectores de características, donde N depende de la duración temporal real de la firma y de la frecuencia de muestreo del dispositivo de captura:

$$S = \{(x_t, y_t, p_t, a_t, i_t)\}_{t=1 \dots N} = \{f_{k,t}\}_{t=1 \dots N}^{k=1 \dots 5}$$

A la hora de seleccionar las componentes del vector de características podemos distinguir tres posibles estrategias:

1. Usar directamente las características capturadas por el sensor (Faundez-Zanuy, 2007). Aunque este enfoque no excluye algunas tareas de preprocesamiento, el mayor énfasis del sistema recae típicamente en el módulo clasificador.
2. Generar características extendidas a partir de las básicas y seleccionar las más efectivas apoyándose en los resultados ya publicados por otros autores y en la propia experimentación. Esta solución puede dar lugar a sistemas de alto rendimiento pero normalmente tendrán un coste computacional más elevado, al tener que generar conjuntos de características extra (de mayor o menor complejidad). Además, tienen el riesgo de dar lugar a implementaciones dependientes de la base de datos utilizadas (Jain, Bolle, & Pankanti, 2005).
3. Seleccionar una combinación de las características básicas y sus derivadas temporales (Kholmatov & Yanikoglu, 2005). Esta alternativa intermedia entre las dos anteriores es idónea para sistemas que operen en tiempo real y da lugar a soluciones más independientes de las características concretas de la base de datos (y por ende implementables en un mayor número de dispositivos).

En nuestro sistema el conjunto de características inicial (ec. 3) fue extendido para incluir la primera y segunda derivada temporal, formando un vector de características de partida de 15 componentes (ec. 4).

$$F = (x, y, p, a, i) \quad (3)$$

$$\hat{F} = (F, \Delta F, \Delta\Delta F) = (f_k, df_k, ddf_k) \quad (4)$$

$$df_k = (f_{k,t+1} - f_{k,t})/\Delta t$$

$$ddf_k = (df_{k,t+1} - df_{k,t})/\Delta t$$

3.5.2 NORMALIZACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS.

Se aplicaron dos métodos de normalización sobre el conjunto final de características basados en (Ortega-Garcia, Fierrez-Aguilar, Martin-Rello, & Gonzalez-Rodriguez, 2003):

Una normalización geométrica sobre las características posicionales (x, y) para situar el origen del sistema de coordenadas en el centro geométrico de la firma

$$f_k^{N_1} = f_k^p - \mu_k^p$$

Una normalización estadística sobre todas las características para que tuvieran media cero y varianza uno. Con ella se pretendía que su ponderación relativa dentro del vector de características fuera la misma para todas ellas.

$$f_k^{N_2} = (f_k - \mu_k) / \sigma_k$$

$$\mu_k = \left(\sum_{t=1}^N f_{k,t} \right) / N$$

$$\sigma_k = \sqrt{\left(\sum_{t=1}^N (f_t - \mu_k)^2 / (N - 1) \right)}$$

3.5.3 MÉTODO DE VERIFICACIÓN BASADO EN PARÁMETROS GLOBALES

El método de verificación basado en parámetros globales (Renaud, 2009) consiste en una etapa de extracción de características que definen de forma general a la firma y tras esta etapa de extracción se aplica la técnica de medida de distancias entre los vectores extraídos. Como conjunto de características en este proyecto se evalúan 12 parámetros que se extraen de cada firma. En cuanto a las técnicas de

medida de similitud entre los vectores, se utilizará la distancia de Euclides.

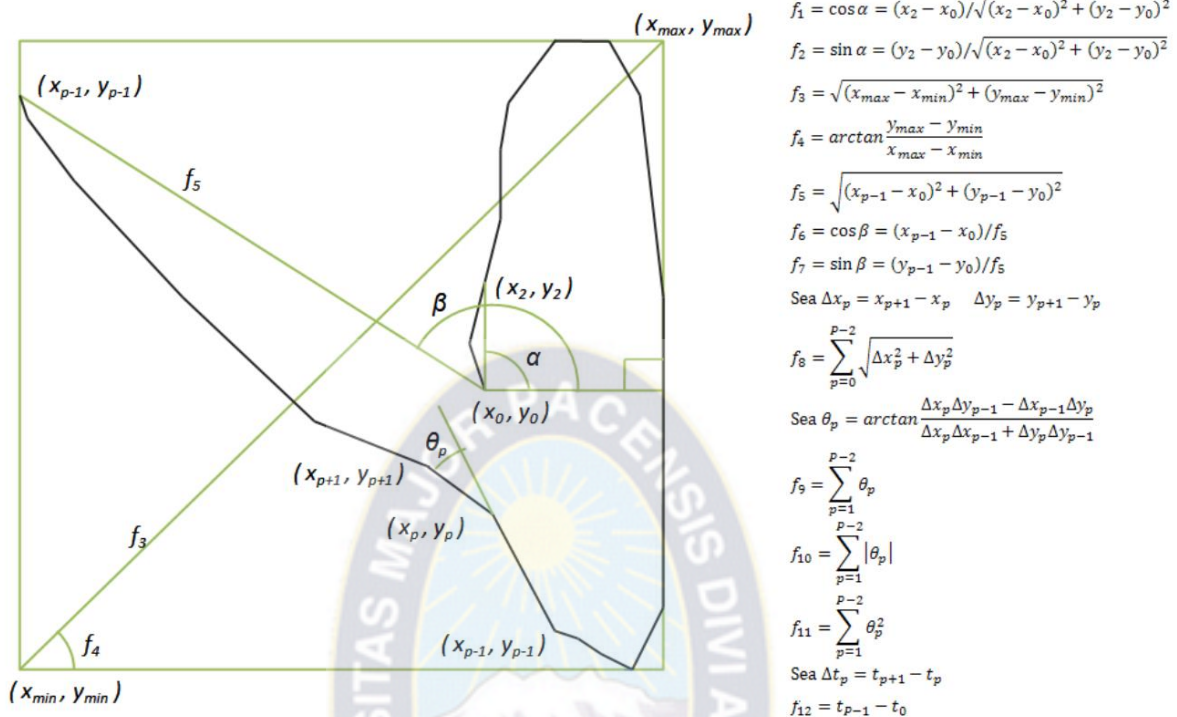


Figura 20: Conjunto de características para identificar trazos

Fuente: (Renaud, 2009)

En la figura 20 se presenta de forma geométrica el conjunto de los 12 parámetros utilizados. El vector de características está constituido por

1. El coseno (f1) del ángulo inicial del trazo.
2. El seno (f2) del ángulo inicial del trazo.
3. La diagonal (f3) del rectángulo que limita la firma.
4. El ángulo (f4) del rectángulo que limita la firma.
5. La distancia entre el inicio y final de la firma (f5).
6. El coseno (f6) del ángulo que se forma entre el primer punto y el último.
7. El seno (f7) del ángulo que se forma entre el primer punto y el último.
8. La longitud total del trazo (f8).
9. El sumatorio (f9) del ángulo encerrado entre dos puntos.
10. El sumatorio del valor absoluto (f10) del ángulo encerrado entre dos puntos.
11. El sumatorio del cuadrado (f11) del ángulo encerrado entre dos puntos.
12. La duración del trazo (f12).

Por lo tanto, se tiene un conjunto de características globales, los 12 parámetros de la firma, que ha obtenido mejores resultados en conocimiento basado en la firma, junto con ello para calcular la medida de similitud entre la muestra del usuario que reclama ser y el modelo almacenado en la etapa de registro, se utiliza la distancia de Euclides.

3.5.4 ALGORITMO DE GENERACIÓN DE PATRONES BASADO EN EL MÉTODO DE PARÁMETROS GLOBALES DE LA FIRMA.

El algoritmo de generación de patrones utiliza las formulas definidas en el anterior punto Método de Verificación basado en Parámetros Globales de la Firma.

Una vez que el dispositivo móvil se encarga de adquirir la imagen de la firma y entregar una plantilla de representación más el tiempo de la duración de la misma, esta se encarga de procesar esta información para luego utilizar estas fórmulas y obtener los patrones globales de la firma.

3.5.5 CALCULO DE LA MEDIDA DE SIMILITUD.

La técnica de medida de similitud entre los vectores de características que se ha utilizado para evaluar el sistema es: la distancia de Euclides (ver....). El cálculo de esta distancia es sencillo y rápido computacionalmente. Para el cálculo de la distancia de Euclides se crea previamente un modelo constituido por varias firmas genuinas del usuario y posteriormente se mide la distancia entre ambos vectores.

3.6 RECONOCIMIENTO DE PATRONES.

Este proceso se lleva mediante una Red Neuronal de Base Radial; pues esta es de carácter Local ya que las funciones alcanzan un nivel cercano al máximo

de su recorrido cuando el patrón de entrada $f_k(n)$ está próximo al centro de la neurona.

Esta red consta de: una entrada que es el Vector Característico afectado por la máscara, una capa intermedia (centroides), una función de base radial (Φ), función de activación (ds), pesos (W) y una salida, tal como se muestra la **Figura**

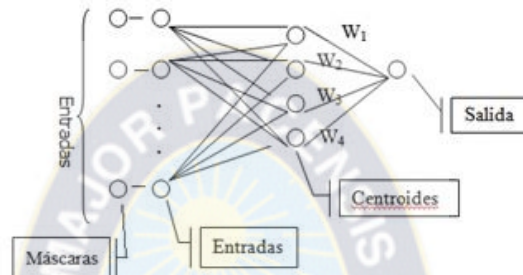


Figura 21: Esquema de la red Radial Basis Utilizado

Fuente: (Bors, 2001)

Para la fase de entrenamiento, se tomaron como centroides cuatro de las firmas originales y se afectaron con la máscara de submuestreo obtenida con el algoritmo genético. A partir de los centroides se obtuvieron los pesos; representados por una matriz; para esto fue necesario obtener tanto (Φ) como D , teniendo en cuenta que esto son para cada firma de persona. (Bors, 2001)

3.6.1 RECONOCIMIENTO DE CARACTERES

El modulo desarrollado en java consta del modelo de Red Neuronal de Back-Propagation para la solución del problema de Reconocimiento de Texto Manuscrito, se ha escogido esta red porque es la que brinda una mejor respuesta global de la aplicación con respecto a otro tipo de red neuronal. La Red Neuronal es diseñada de tal forma de identificar 27 letras de la "A" a la "Z" incluyendo la "Ñ" y la red diseñada para los números del "0" al "9".

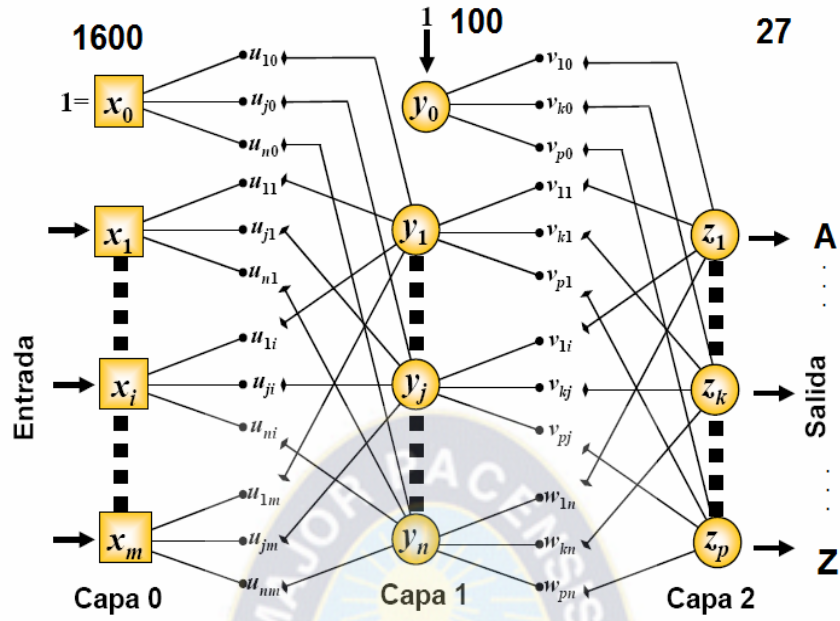


Figura 22: Red identificador letras
Fuente: Elaboración Propia

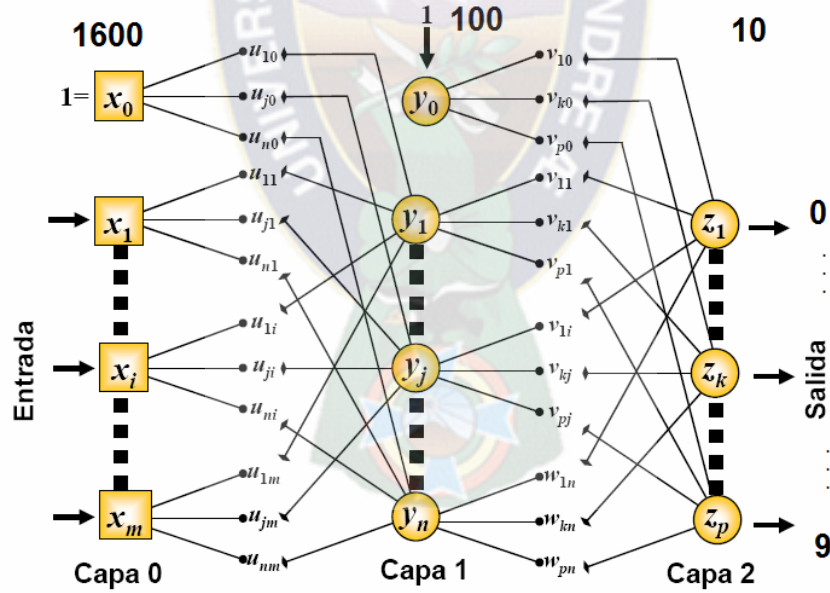


Figura 23: Red identificador de Números
Fuente: Elaboración Propia

El uso de redes neuronales para el reconocimiento de texto manuscrito es muy usado actualmente principalmente por la característica de GENERALIZACIÓN de una red neuronal, la cual permite ingresar un patrón aproximado a la letra y números, y la red determinará el grado de aproximación a cada una de las muestras de entrenamiento.

La Red Neuronal para resolver este problema consta de 1600 entradas, cada una correspondiente al estado de cada pixel. Se tiene 37 salidas, 27 de ellas han sido asignadas a una letra del alfabeto de la "A" a la "Z" y 10 han sido asignadas a los números del "0" al "9" independientemente las redes.

La representación de presencia o ausencia de elementos en la cuadrícula es de tipo bipolar, es decir, para indicarle a la red que está presente un elemento se coloca un "1" en la posición deseada del vector de entrada y un 0 indica que el pixel está vacío.

3.6.2 MODELO DE LA RED BACK-PROPAGATION

3.6.3 MODELO Y ESTRUCTURA

No existe ninguna regla fija para la determinación del modelo, número de capas, funciones de activación, o de la mayoría de los parámetros de una Red Neuronal. Básicamente se elige la estructura según la aplicación y sobre todo en base a la experiencia que se obtiene al probar distintas configuraciones y parámetros. Es importante tener pendiente que, pese a que se mantengan constantes todos los parámetros de una red, no siempre ésta podrá brindar los mismos resultados después de su entrenamiento, debido a la asignación aleatoria de los pesos sinápticos iniciales y del entrenamiento.

En resumen, la red para las letras consta de 1600 entradas, una para cada elemento del pixel que representa el símbolo ingresado; tiene 27 salidas para

representar a las letras. La estructura está formada por tres capas, la primera entonces formada por 1600 neuronas, cada una de ellas con función de activación “Tansig” y la segunda capa tiene 100 neuronas trabajando también con funciones de activación “Tansig”; y la capa de salida es de 27 neuronas también trabajando con la función de activación “Tansig”.

De la misma forma la red para los números consta de 1600 entradas, una para cada elemento del pixel que representa el símbolo ingresado; tiene 10 salidas para representar los números. La estructura está formada por tres capas, la primera formada por 1600 neuronas, la segunda capa tiene 100 neuronas y la capa de salida es de 10 neuronas todas ellas también trabajando con la función de activación “Tansig”, y con estas capas fueron suficientes para resolver satisfactoriamente el problema. Las funciones de activación fueron escogidas de tal manera que la red tenga menor cantidad de fallas.

3.6.4 ENTRENAMIENTO DE LA RED

Como se explicó anteriormente, el Reconocimiento de Texto Manuscrito debe tener la capacidad de cumplir su función para ello es necesario que el entrenamiento de la red se realice con caracteres puros y también con caracteres contaminados con ruido. Para la Red de Back-Propagation el aprendizaje es de tipo supervisado, esto es el conjunto de entrenamiento debe constar tanto de las entradas como de las salidas deseadas correspondientes.

Las salidas de la Red Neuronal para este modelo no tienen valores discretos, sino más bien son valores decimales debido a que la función de activación de las neuronas de la capa de salida es continua. Por esta razón, se debe aplicar una función al vector de salidas de tal manera que consiga que se active solo la salida que tenga el mayor valor de todas y por tanto reconozca a la letra a la que más se parece el carácter ingresado.

A lo largo de este trabajo se ha insistido que la red funciona correctamente solo si ha sido bien entrenada; a pesar de que los parámetros de la red permanezcan invariantes, pueden existir casos en los que la red no llegue a la meta de entrenamiento, caso en el cual se debe entrenar o inicializar a la red nuevamente. Se ha verificado que la red recibe un buen entrenamiento cuando la meta del error “goal” llega a valores entre 10^{-6} y 10^{-10} pero se escoge el menor valor.

3.6.5 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

El programa desarrollado bajo la plataforma de MATLAB 7.0 utiliza el modelo de Back-Propagation para el Reconocimiento de texto manuscrito.

En primer lugar se definen los parámetros que van a ser variados, uno por uno y siguiendo un orden. Posteriormente se ha asignado valores iniciales a cada uno de estos parámetros para que sean el punto de partida de las pruebas. Las pruebas sobre la red son realizadas de la siguiente manera:

- Se asigna un valor al primer parámetro.
- Se simula la red.
- Se asignan nuevos valores al parámetro.
- Se realiza la simulación.
- Se escogen los valores más importantes que indiquen la tendencia.
- Se muestran los valores elegidos en tablas.
- Se selecciona el valor más adecuado del parámetro, este valor será usado para las siguientes pruebas y se nota con texto en negritas en las tablas.
- Se toma el siguiente parámetro y se repite todo el procedimiento anterior.

Los parámetros que no son cambiados son los que MATLAB usa por defecto en cada modelo después de su creación.

3.7 PRE PROCESADO PARA EL MÉTODO DE VERIFICACIÓN DE LA FIRMA.

Antes de obtener las características de cada muestra, debido a la metodología de adquisición y errores de captura que se producen en el dispositivo. También debido a la variación inherente en el punto inicial donde el usuario comienza a dibujar, es necesario realizar una normalización de coordenadas para que el centro de masa de las muestras tenga el mismo punto.

Esta normalización se consigue de manera sencilla, restando tanto al vector de coordenadas "x", como al de "y" su media. Aunque la pantalla del dispositivo no es grande se ha realizado una normalización de tamaño para evitar la posible variabilidad que puede ocasionar las diferentes dimensiones de muestras dibujadas.

3.8 RECONOCIMIENTO SINTACTICO

De acuerdo a la investigación realizada en el área de la Grafología se ha llegado a la conclusión que los trazos característicos constituyen la base de la interpretación grafológica, ya que ellos son los que determinan fundamentalmente la diferencia entre una interpretación y otra. Es de notar que se llaman trazos característicos por las diversas formas que presentan las escrituras y a los resultantes de la combinación de estas, son datos de inapreciable valor para hacer la interpretación grafológica de la escritura, ya que son relevantes porque permiten en forma indubitable obtener una interpretación psicológica de una persona.

En los libros estudiados en el área de la Grafología, se establece que los puntos característicos más importantes son: Cruce, Convergencia, Perpendicular, Ojal y Segmento, ya que los demás resultan de la combinación de estos. Por lo expuesto anteriormente el presente trabajo está basado en el estudio de los trazos característicos de una firma digital. Los trazos característicos más importantes, arriba mencionados, han sido analizados. Durante la investigación se ha visto por

conveniente, y por la riqueza de información estructural que presenta cada trazo característico, tomar a estos como patrones.

Se ha utilizado el Método Sintáctico o Lingüístico porque se ajustan para el Reconocimiento de Patrones que son ricos en información estructural y que no pueden ser fácilmente expresados en valores numéricos; la esencia de este método consiste en la selección de los primitivos, la agrupación de estos y su relación dentro de la gramática de patrón, y por Ultimo el análisis reconocimiento en términos de estas gramáticas. Para el desarrollo de esta investigación se procedió a extraer los primitivos de los trazos característicos, para la generación de las cadenas.

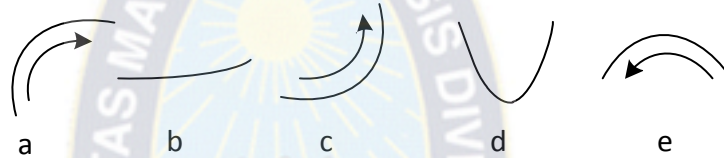


Figura 24: Primitivos de las letras
Fuente: Elaboración Propia

Cada trazo característico, considerado como patrón, está representado por una cadena de primitivos, estos son:

a) Cruce

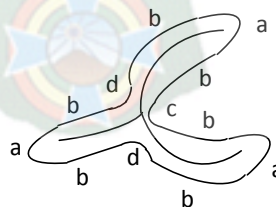


Figura 25: Cruce
Fuente: Elaboración Propia

{abdbabcbabdb}

b) Convergencia

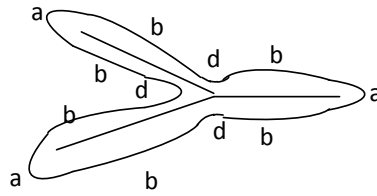


Figura 26: Convergencia
Fuente: Elaboración Propia

{abdbabdbabcb}

c) Perpendicular

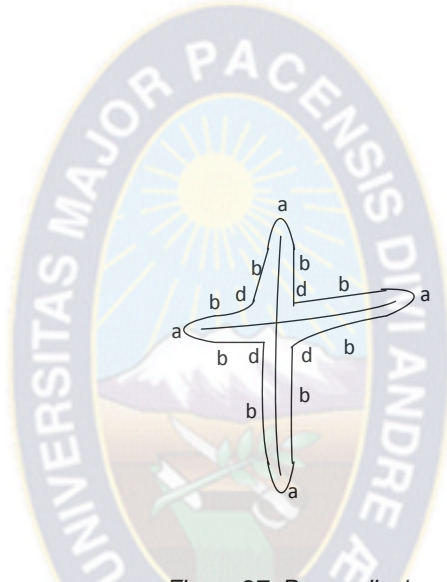


Figura 27: Perpendicular
Fuente: Elaboración Propia

{abdbabdbabdbabdb}

d) Ojal

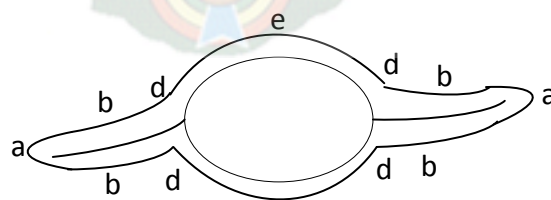


Figura 28: Oval
Fuente: Elaboración Propia

{abdedbabdedb}

e) Segmento

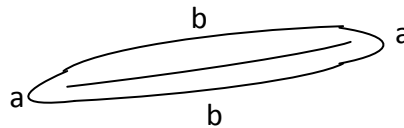


Figura 29: Segmento

Fuente: Elaboración Propia

{abab}

Se ha utilizado la inferencia gramatical ya que constituye una herramienta general para el diseño de sistemas de Reconocimiento Sintáctico de Patrones. Aplicando la metodología de inferencia gramatical se ha utilizado el algoritmo realizado por (Feldman, First Thoughts on Grammatical Inference, 1967) (Feldman, Grammatical Inference and Complexity, 1969) para generar la gramática correspondiente, dadas las cadenas de terminales que representan a los puntos característicos, se procede como sigue:

Se construirá una gramática no recursiva que genera exactamente el conjunto dado. Las cadenas son procesadas según el tamaño en orden decreciente. Las producciones son construidas y añadidas a la gramática para generar cada cadena. La producción final utilizada para generar las cadenas más largas es la producción residual con el lado derecho longitud 4 porque se asume que el residuo de cada cadena de longitud máxima es el sufijo de la cadena más corta, en este caso corresponde al punto característico del Segmento {abab}

La cadena de longitud máxima es el conjunto {abdbabdbabdbabdb} que corresponde al trazo característico Perpendicular. Las siguientes producciones generan esta cadena:

S1 -> abdA1
A1 -> babA2
A2 -> dbaA3

A3 -> bdbA4
A4 -> abdb

La segunda cadena corresponde al Trazo característico Cruce: {abdbabcbabdb}

S2 -> abdA5
A5 -> babA6
A6 -> cbA7
A7 -> abdb

Para generar la tercera cadena {abdbabdbabcb} que corresponde al Trazo característico convergencia, se agrega a la gramática las siguientes producciones:

S3 -> abdA8
A8 -> babA9
A9 -> dbA10
A10 -> abcb

Para generar la cuarta cadena {abdedbabdedb} que corresponde al Trazo característico ojal, se agregará lo siguiente:

S4 -> abdA11
A11 -> edbA12
A12 -> abA13
A13 -> dedb

La quinta cadena {abab} que corresponde al Trazo característico Segmento se tiene:

S5 -> abab

Es de notar que resultan redundante algunas producciones. Por lo tanto se ha simplificado las mismas para la generación de las cadenas. El conjunto final de producciones, para generar el conjunto de patrones que representan a los Trazos característicos, es el siguiente:

S1 -> abdA1
S5 -> abab
A1 -> babA2

A1 -> edbA2
A2 -> dbaA3
A2 -> cbA4
A2 -> dbA3
A2 -> abA5
A3 -> bdbA4
A4 -> abdb
A3 -> abcb
A5 -> dedb

Donde:

A1 = A; A2 = B; A3 = C; A4 = D; A5 = E

Se tiene la siguiente gramática:

$G = \{V_N, V_T, P, S\}$

Donde:

$V_T = \{a, b, c, d, e\}$

$V_N = \{S, A, B, C, D, E\}$

Con las siguientes producciones P:

S -> abdA
S -> abab
A -> babB
A -> edbB
B -> dbaC
B -> cbD
B -> dbC
B -> abE
C -> bdbD
C -> abcb
D -> abdb
E -> dedb

Se puede verificar que esta gramática genera el conjunto de trazos característicos utilizado en el proceso de inferencia.

Para incrementar el poder descriptivo del reconocimiento sintáctico de patrones, se ha investigado la teoría de Conjuntos Difusos aplicada a la gramática convencional generada anteriormente. Para introducir el concepto de Conjuntos Difusos se aplicará a las reglas de producción de la gramática convencional generada.

Entonces se tiene la siguiente Gramática Difusa:

$$FG = (V_N, V_T, P, S, J, f)$$

Donde:

$$V_T = \{a, b, c, d, e\}$$

$$V_N = \{S, A, B, C, D, E\}$$

Con las siguientes producciones P:

S -> abdA
S -> abab
A -> babB
A -> edbB
B -> dbaC
B -> cbD
B -> dbC
B -> abE
C -> bdbD
C -> abcb
D -> abdb
E -> dedb

J = { r_i / $i = 1, \dots, 12 = \#(P)$ }, un conjunto de categorías distintas para todas las producciones en P, donde $\#(P)$ es el número de elementos en el conjunto P,

f Función de mapeo: $f: J \rightarrow [0,1]$, $f(r)$ denota el grado de pertenencia difusa en P de la regla r_i .

Siendo que los primitivos describen propiedades curvas tales como: curvas medianas (el primitivo e); curvas puntiagudas (el primitivo d) y curvas moderadas (el primitivo b).

Estas curvas pertenecen a los conjuntos difusos ME, PU y MO que están definidos en términos de otro conjunto difuso denotado por $\mu_{arc}(c)$, cuya función de pertenencia está definida para cualquier curva c por la siguiente formula:

$$\mu_{arc}(c) = \left(1 - \frac{a}{b}\right)^\beta$$

Donde:

a es el segmento que une los dos extremos de los puntos de la curva c

b es la longitud de la curva

$\beta > 0$ Es el parametro por el cual la definición puede ser ajustada al requerimiento

El valor de $\mu_{arc}(c)$ expresa el grado de curvatura de c.

f es el mapeo de $J \rightarrow [0,1]$, estará representado por las siguientes funciones de grado de pertenencia:

$$\mu_{PU}(c) = f_{PU}(\mu_{arc}(c))$$

$$\mu_{ME}(c) = f_{ME}\left(\left|\mu_{arc}(c) - \frac{1}{2}\right|\right)$$

$$\mu_{MO}(c) = f_{MO}(\mu_{arc}(c))$$

Donde:

f_{PU} es una función monóticamente creciente entre $[0,1]$

f_{MO} y f_{ME} son funciones monóticamente decrecientes en $[0,0.5]$ y $[0,1]$ respectivamente

Después de determinar las características importantes de los patrones a ser reconocidos, se distinguen dos clases de patrones: La Clase C1 corresponde a: Cruce, Convergencia, Perpendicular y Ojal; la Clase C2 al Segmento.

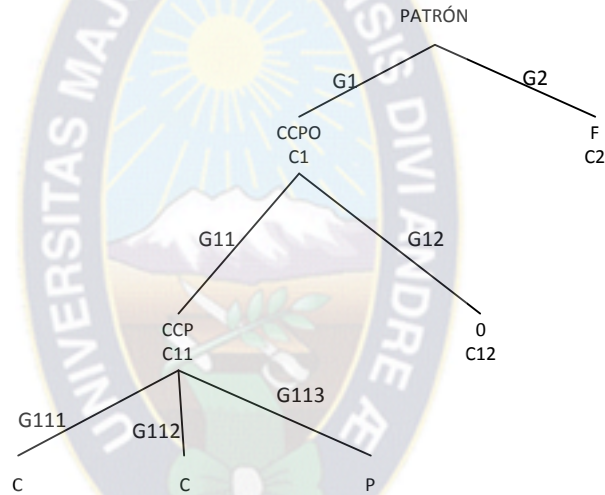


Figura 30: Estructura jerárquica para el Reconocimiento de Puntos Característicos

Fuente: Elaboración Propia

3.8.1 ALGORITMO DE CLASIFICACIÓN

Sea x una cadena que representa un patrón y dadas las Clases C1 y C2 y G_1 genera las gramáticas para las cadenas de los patrones Cruce, Convergencia, Perpendicular y Ojal y G_2 genera la gramática para la cadena del patrón Segmento como se indica en la Fig. 36

Si $x \in L(G_2)$ pertenece al Segmento y termina; caso contrario ir al paso 1.

Paso 1:

Se encuentra en este nivel si $x \in L(G_{11})$ ó $x \in L(G_{12})$

a) Si $x \in L(G_{11})$ ir al paso 1.1

b) Si $x \in L(G_{12})$ se decide por la clase C_{12} (Ojal)

Paso 1.1:

Si x puede ser analizado por la gramática G_{11} y:

$$\mu_{L(G_{11})}(x) = \max[\mu_{L(G_{11})}, \mu_{L(G_{12})}]$$

Es decir:

$x \in L(G_{11})$ ir al paso 1.1.1

en otro caso $x \in L(G_{12})$ y se decide por la clase C_{12} (Ojal)

Paso 1.1.1:

a) Si x puede ser analizado por la gramática G_{111} y

$$\mu_{L(G_{111})}(x) = \max[\mu_{L(G_{111})}, \mu_{L(G_{112})}]$$

Es decir:

$x \in L(G_{111})$ (Cruce)

b) Si x puede ser analizado por la gramática G_{112} y

$$\mu_{L(G_{112})}(x) = \max[\mu_{L(G_{112})}, \mu_{L(G_{113})}]$$

Es decir:

$x \in L(G_{112})$ (Convergencia)

Caso contrario $x \in L(G_{113})$ (Perpendicular)

Tabla 3: REGLAS DE PRODUCCION Y SUS GRADOS DE PERTENENCIA

REGLAS DE PRODUCCION		VALORES DE PERTENENCIA	
		F(G ₁)	F(G ₂)
1	S -> abdA	1	0
2	S -> abd'A	$\mu_{PU}(d)$	0
3	S -> abab	0	1
4	A -> babB	1	0
5	A -> e'dbB	$\mu_{ME}(e)$	0
6	A -> ed'bB	$\mu_{PU}(d)$	0
7	A -> edb'B	$\mu_{MO}(b)$	0
8	B -> d'baC	$\mu_{PU}(d)$	0
9	B -> db'aC	$\mu_{MO}(b)$	0
10	B -> cb'D	1	0
11	B -> d'bC	$\mu_{PU}(d)$	0
12	B -> db'C	$\mu_{MO}(b)$	0
13	B -> ab'E	1	0
14	C -> b'dbD	$\mu_{MO}(b)$	0
15	C -> bd'bD	$\mu_{PU}(d)$	0
16	C -> bdb'D	$\mu_{MO}(b)$	0
17	C -> abcb	1	0
18	D -> ab'db	$\mu_{MO}(b)$	0
19	D -> abd'b	$\mu_{PU}(d)$	0
20	D -> abdb'	$\mu_{MO}(b)$	0
21	E -> d'edb	$\mu_{PU}(d)$	0
22	E -> dedb	$\mu_{ME}(e)$	0
23	E -> ded'b	$\mu_{PU}(d)$	0
24	E -> dedb'	1	0

Alguna de las reglas de producción de la Tabla 3, tienen pesos tanto 0 o 1 para las clases. La interpretación es como sigue: Una regla tiene grado de pertenencia 0 para la gramática de una clase si no participa en la generación de lenguaje

correspondiente a esa clase. Por otro lado, si una regla genera el lenguaje correspondiente a esa clase, su grado de pertenencia es 1.

La mayoría de las reglas de producción de la Tabla 3, tienen pesos de un tercer tipo depende de los valores de las funciones del grado de pertenencia a las funciones μ_{PU} , μ_{MO} , μ_{ME} para las correspondientes curvas.

Ejemplo:

La regla de producción No.5 de la Tabla 3, tiene un peso μ_{ME} (e) para la Gramática Difusa, esto significa que su peso depende del grado de curvatura en el sentido de que la curva pertenezca al conjunto mediano de curvas. Cuanto más se asemeje a una curva mediana tendrá mayor valor de pertenencia.

La función estándar para el grado de pertenencia de los tres conjuntos difusos: μ_{ME} , μ_{MO} y μ_{PU} , está dada por:

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0, & x \leq \alpha \\ 2 \left(\frac{x - \alpha}{\gamma - \alpha} \right)^2, & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2 \left(\frac{\gamma - x}{\gamma - \alpha} \right)^2, & \beta \leq x \leq \gamma \\ 1, & x \geq \gamma \end{cases}$$

Donde:

$$\mu_{PU} = S(\mu_{arc}(c); 0, 1/2, 1)$$

$$\mu_{ME}(c) = \begin{cases} S(\mu_{arc}(c); 0, 1/4, 1/2) & \text{si } 0 \leq (\mu_{arc}(b)) \leq 0.5 \\ 1 - S(\mu_{arc}(c); 1/2, 3/4, 1) & \text{si } 0.5 \leq (\mu_{arc}(b)) \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{MO}(c) = 1 - S(\mu_{arc}(c); 0, 1/2, 1) \quad \mu_{arc}(b) \in [0, 1]$$

Para determinar el μ_{arc} se tomó valores promedios para generar las curvas medianas, moderadas y puntiagudas, los cuales se encuentran en el intervalo [0,1], como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Valores promedios para generar las curvas

	$\mu_{arc}(c)$		
	0.22	0.52	0.82
$\mu_{PU}(c)$	0.097	0.539	0.935
$\mu_{ME}(c)$	0.387	0.997	0.181
$\mu_{MO}(c)$	0.903	0.461	0.065

El grado de pertenencia de la curva c a los tres conjuntos difusos: $\mu_{PU}(c)$, $\mu_{ME}(c)$ y $\mu_{MO}(c)$ están dados por los siguientes valores: para $\mu_{PU}(c)$, $\mu_{arc}(c)$ tomará el valor 0.82; para $\mu_{ME}(c)$, $\mu_{arc}(c)$ tomará el valor 0.52; y para $\mu_{MO}(c)$ tomará el valor 0.22.

3.8.2 IMPLEMENTACION Y RESULTADOS

En las Tablas 5, 6, 7 y 8 se presentan las diferentes Evaluaciones de las Derivaciones por el mapeo de la función difusa a las reglas de producción que generan las cadenas para cada patrón, estableciendo sus valores de pertenencia para el Reconocimiento de los Patrones: Cruce, Convergencia, Perpendicular, Ojal y Segmento, respectivamente.

Dados los primitivos:

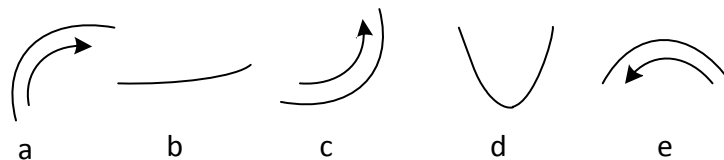


Figura 31: Primitivos de las letras

Fuente: Elaboración Propia

La interpretación de cada Tabla, es como sigue:

Para la Tabla 5, la cadena generada por la Gramática Difusa es: {abdbabcbabdb} de acuerdo a los primitivos se tiene el siguiente patrón, que corresponde al Punto Característico Cruce:

Tabla 5: EVALUACION DE LAS DERIVACIONES Y SUS VALORES DE PERTENENCIA RECONOCIMIENTO DEL PATRON BIFURCACION

REGLAS DE PRODUCCION	DERIVACIONES	F(G1)	F(G2)	GRADO DE PERTENENCIA			PRIMITIVO ACEPTADO
				μ_{ME}	μ_{MO}	μ_{PU}	
S -> abdA	1	1	0				
S -> abd'A	2	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
A -> babB	4	1	0				
B -> cbD	10	1	0				
D -> ab'db	18	$\mu_{MO}(b)$	0	0.387	0.903	0.097	b
D -> abd'b	19	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
D -> abdb'	20	$\mu_{MO}(b) (b)$	0	0.387	0.903	0.097	b

Para la Tabla 6, la cadena generada por la Gramática Difusa es: {abdbabdbabcb} de acuerdo a los primitivos se tiene el siguiente patrón, que corresponde al Punto Característico Convergencia:

Tabla 6: EVALUACION DE LAS DERIVACIONES Y SUS VALORES DE PERTENENCIA RECONOCIMIENTO DEL PATRON CONVERGENCIA

REGLAS DE PRODUCCION	DERIVACIONES	F(G1)	F(G2)	GRADO DE PERTENENCIA			PRIMITIVO ACEPTADO
				μ_{ME}	μ_{MO}	μ_{PU}	
S -> abdA	1	1	0				
S -> abd'A	2	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
A -> babB	4	1	0				
B -> d'bC	11	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
B -> d'bC	12	$\mu_{MO}(b)$	0	0.387	0.903	0.097	b
C -> abcb	17	1	0				

Para la Tabla 7, la cadena generada por la Gramática Difusa es: {abdbabdbabdbabdb} de acuerdo a los primitivos se tiene el siguiente patrón, que corresponde al Punto Característico Perpendicular:

Tabla 7: EVALUACION DE LAS DERIVACIONES Y SUS VALORES DE PERTENENCIA RECONOCIMIENTO DEL PATRON PERPENDICULAR

REGLAS DE PRODUCCION	DERIVACIONES	F(G1)	F(G2)	GRADO DE PERTENENCIA			PRIMITIVO ACEPTADO
				μ_{ME}	μ_{MO}	μ_{PU}	
S -> abdA	1	1	0				
S -> abd'A	2	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
A -> babB	4	1	0				
B -> d'baC	8	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
B -> db'aC	9	$\mu_{MO}(b)$	0	0.387	0.903	0.097	b
C -> b'dbD	14	$\mu_{MO}(b)$	0	0.387	0.903	0.097	b
C -> bd'bD	15	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
C -> bdb'D	16	$\mu_{MO}(b)$	0	0.387	0.903	0.097	b
D -> ab'db	18	$\mu_{MO}(b)$	0	0.387	0.903	0.097	b
D -> abd'b	19	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
D -> abdb'	20	$\mu_{MO}(b)$	0	0.387	0.903	0.097	b

Finalmente, para el Tabla 8, la cadena generada por la Gramática Difusa es: {abdedbabdedb} de acuerdo a los primitivos se tiene el siguiente patrón, que corresponde al Punto Característico Ojal:

Tabla 8: EVALUACION DE LAS DERIVACIONES Y SUS VALORES DE PERTENENCIA RECONOCIMIENTO DEL PATRON OJAL

REGLAS DE PRODUCCION	DERIVACIONES	F(G1)	F(G2)	GRADO DE PERTENENCIA			PRIMITIVO ACEPTADO
				μ_{ME}	μ_{MO}	μ_{PU}	
S -> abdA	1	1	0				
S -> abd'A	2	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
A -> e'dbB	5	$\mu_{ME}(e)$	0	0.997	0.461	0.539	e
A -> ed'bB	6	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
A -> edb'B	7	$\mu_{MO}(b)$	0	0.387	0.903	0.097	b
B -> ab'E	13	$\mu_{MO}(b)$	0	0.387	0.903	0.097	b
E -> d'edb	21	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
E -> de'db	22	$\mu_{ME}(e)$	0	0.997	0.461	0.539	e
E -> ded'b	23	$\mu_{PU}(d)$	0	0.181	0.065	0.935	d
E -> dedb'	24	$\mu_{MO}(b)$	0	0.181	0.065	0.935	d

3.9 ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA INTERPRETACIÓN GRAFOLÓGICA

Una vez explicado los dos temas principales del presente trabajo ahora explicaremos como el sistema se apoyara en los dos temas principales conjuntamente con la grafología para la interpretación de la firma obtenida.

Al ingresar la firma al sistema y al obtener todas las características realizadas por los algoritmos expuestos, ingresan a un mezclador, donde se parte de un árbol de decisiones para determinar qué tipo de personalidad que tendrá el firmante. En la Figura 32 se puede observar una firma de ejemplo la cual se tomaron las características por los métodos anteriores los cuales obtendrán su interpretación grafológica.



Figura 32: Firma y sus patrones, relleno 0's y 1's
Fuente: Elaboración Propia

Una vez que todos los patrones son obtenidos se procede a una selección con el árbol de decisiones para una interpretación, dado que las interpretaciones grafológicas son interpretativas y no tan exactas, el resultado del árbol de decisiones está sujeto a posibles errores, el árbol de decisiones será recorrido las veces que sea necesario para una interpretación exacta y así tomar en cuenta todos los patrones obtenidos. Debido al tamaño del árbol que tiene 97200 nodos, se muestra un árbol resumen para su lectura:

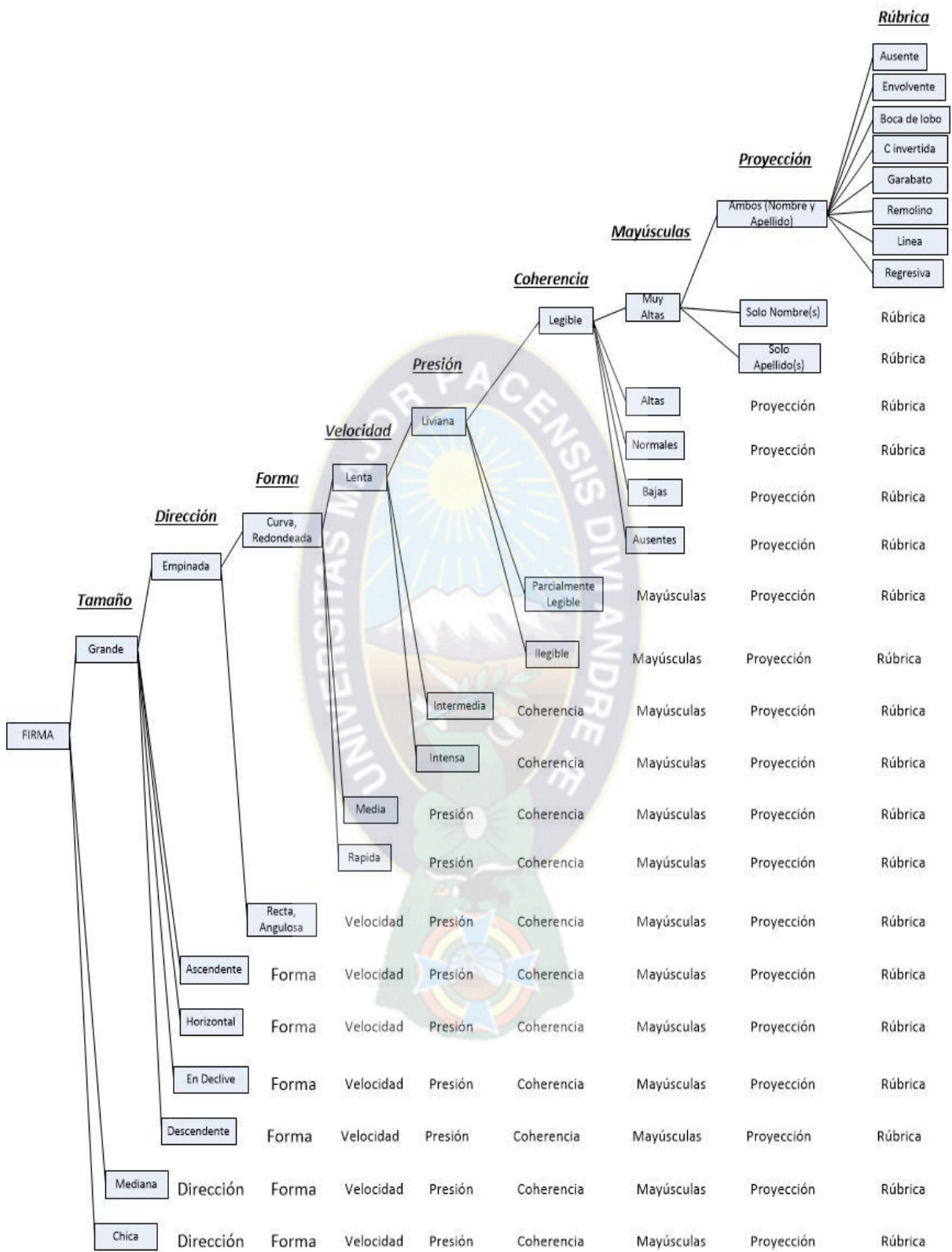


Figura 33: Árbol de Decisión (Resumen) para la Interpretación Grafológica
Fuente: Elaboración Propia

3.9.1 INTERPRETACIONES GRAFOLÓGICAS DEL ÁRBOL DE DECISIONES

Tamaño de la firma

Es el tamaño promedio de la firma.

1. Grande, más de 18mm. de altura en promedio: tiende a la extraversión
2. Mediana, entre 12 y 18mm. de altura en promedio: se manifiesta como una persona centrada y cautelosa.
3. Pequeña, menos de 12mm. de altura en promedio: tiende a la introversión.

Dirección de la firma

Es la inclinación general de la firma hacia arriba o hacia abajo.

1. Empinada (muy inclinada): El ángulo muy ascendente indica una gran autoexigencia y búsqueda de perfección.
2. Ascendente: indica una buena ambición y deseo de superación.
3. Horizontal: indica una personalidad equilibrada, que acepta sus aciertos y errores.
4. En declive (apenas descendente): El ángulo descendente indica cierta apatía y resignación. Podría determinar cansancio o estrés.
5. Descendente, caída: El ángulo muy descendente indica decaimiento. Podría determinar gran cansancio o estrés.

Forma de la firma

Es el aspecto de la escritura de la firma, en especial relación a su forma.

1. Predominio de formas curvas, redondeadas: revela gustos estéticos, amabilidad y buenos modos.

2. Predominio de formas rectas, angulosas: revela disciplina, orden y cierto pragmatismo

Velocidad de trazado de la firma

1. Lenta, más de 5 segundos: La velocidad lenta señala una persona meditativa y precavida en su actuar.
2. Media, entre 2 y 5 segundos: señala una persona medida y justa en su accionar.
3. Rápida, menos de 2 segundos: agilidad y dinamismo acentuados.

Presión de la firma

Es la fuerza con que se realizan los trazados sobre el papel.

1. Liviana (trazos suaves, poco firmes): posee un temperamento sutil y adaptable
2. Intermedia (trazos intermedios, firmes): posee un temperamento práctico y activo.
3. Intensa (trazos fuertes, firmes, se marca el papel): posee un temperamento intenso, apasionado.

Coherencia de la firma

Es el índice de legibilidad de la firma.

1. Legible: Al ser totalmente legible, indica que se muestra a los demás con sinceridad y autenticidad desde el principio.
2. Algunas letras (parcialmente legible): indica que toma ciertas reservas antes de conceder su confianza a los demás.
3. Ilegible (totalmente ilegible, confusa): Al ser prácticamente ilegible, indica una actitud de desconfianza y precaución en un primer contacto frente a los demás.

Mayúsculas de la firma

Se trata de la altura de las mayúsculas, si las hay.

1. Muy altas (más del triple de las minúsculas): La utilización de las mayúsculas en la firma permite deducir que tiene una muy buena autoimagen y autovaloración.
2. Altas (más del doble de las minúsculas): La utilización de las mayúsculas en la firma permite deducir que tiene una buena autovaloración y autoimagen.
3. Normales (aproximadamente el doble de las minúsculas): permite deducir que tiene una autovaloración real, y una autoestima equilibrada.
4. Bajas (de la misma altura que las minúsculas): permite deducir que tiene una buena imagen y apreciación del prójimo.
5. Ausentes (no utiliza mayúsculas): permite deducir que tiene una fuerte valoración del prójimo.

Proyección de la firma

Se trata de la utilización de los nombres y/o apellidos en la firma.

1. Ambos presentes (completos o con iniciales): Al utilizar el nombre y apellido, demuestra un equilibrio entre el rol familiar y social. El 'Yo' íntimo y la tradición.
2. Solo el/los nombre/s: El predominio del nombre, demuestra un 'Yo' íntimo muy fuerte, y una gran autoaceptación.
3. Solo el/los apellido/s: El predominio del apellido, demuestra un gran interés en la tradición familiar, y en el rol socio-profesional.

Tipo de rúbrica

El tipo de rasgos o adornos que no son texto, presentes en algunas firmas.

1. Ausente (firma totalmente legible, solo texto, sin rúbrica): Al no poseer rúbrica, revela autenticidad y claridad; una persona que se acepta y se muestra tal cual es.
2. Envolvente: revela una búsqueda de protección, de seguridad. Una personalidad que se protege.
3. Boca de lobo (tipo C, abierta a la derecha): indica una búsqueda de refugio y protección. Cierta desconfianza surgida posiblemente de situaciones vividas en el pasado.
4. C invertida (abierta a la izquierda): indica una búsqueda de refugio y protección. Cierta desconfianza y cuidado frente a lo desconocido y nuevo.
5. Garabato (la rúbrica, o toda la firma, es ilegible): La rúbrica indica una búsqueda de autenticidad y originalidad, y una mente abstracta, llena de ideas y pensamientos.
6. Remolino (círculos concéntricos o espiralados): indica una búsqueda de autenticidad y originalidad. Arremolinamiento de ideas y sensaciones.
7. Línea: indica seguridad y determinación; una persona que busca concretar sus metas, enfrentando los desafíos y las nuevas situaciones.
8. Regresiva (gesto hacia la izquierda): revela una personalidad que busca seguridad para alcanzar sus metas, reforzando sus ideas antes de emprender una acción.

Debido a la extensa información de la interpretación grafológica se resumirá en el apéndice B con más interpretaciones y sus respectivos ejemplos.

ETAPA EXPERIMENTAL

4 CAPÍTULO IV

4.1 ANALISIS DE REQUERIMIENTOS

A continuación serán definidos los beneficios y funcionalidades (requerimientos funcionales y no funcionales), ajustando el papel de cada uno de las entidades que interactúan con el sistema, detallando las condiciones de entrada y de salida.

4.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Los requerimientos funcionales definen las funciones que el sistema será capaz de realizar y cada uno debe satisfacer una condición o necesidad de un usuario para alcanzar un objetivo.

A continuación se describe el proceso que deberá realizar el sistema: Se requiere diseñar un sistema en software de interpretación grafológica para la obtención automática de un perfil psicológico. Los usuarios que necesiten acceder al sistema por primera vez deberán registrarse y si desean ingresar su firma para obtener su interpretación grafológica. La próxima vez que se acceda al sistema se verificará sus datos y se tendrá un historial de sus interpretaciones grafológicas.

4.3 IDENTIFICACION DE LOS ACTORES

Los actores definidos en el sistema son los siguientes:

Actores Primarios: usuario, se encarga de ingresar la firma al sistema (la consiste en firmar en el dispositivo) y consultara los resultados del análisis grafológico.

Actor: Usuario.

- Ingresa Firma.
- Consulta resultados.

Siendo el diseño para la obtención automática del resultado el USUARIO es el único actor.

4.4 IDENTIFICACION DE CASOS DE USO

Tal y como se define en la metodología R.U.P. el proceso dirigido por casos de uso, se utiliza esta técnica para capturar los requisitos en termino de importancia para el usuario.

La función principal del sistema de Interpretación Grafológica para la obtención automática de perfiles psicológicos es la de obtener automáticamente un perfil psicológico del usuario mediante la firma o palabras. Las funciones secundarias del sistema serán las de registrar nuevos usuarios, modificar usuarios existentes en el sistema, verificar que el usuario que tenga su historial de rasgos personales y eliminar usuarios.

Los casos de uso identificados en el sistema son:

- Registrar usuario
- Interpretación Grafológica
- Modificar usuario
- Historial de perfiles psicológicos del usuario
- Eliminar usuario

4.5 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

En los diagramas de casos de uso se muestran todas las funcionalidades y sus interacciones con los usuarios del sistema a quienes corresponda el caso de uso definido en el lenguaje UML, se puede apreciar en la Figura 34 los casos de uso encontrados para el presente trabajo.

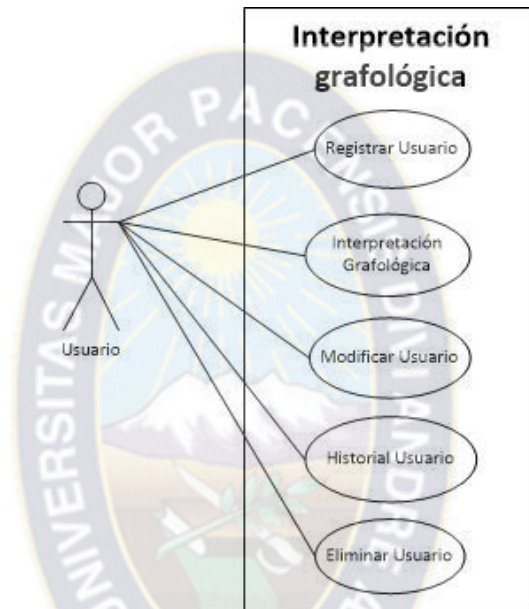


Figura 34: Diagrama de casos de uso

Fuente: Elaboración Propia

4.5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE USO

A continuación se hace una descripción de los casos de uso, definidos en el punto anterior (ver Figura 34) y se detalla el funcionamiento entre el usuario y el sistema.

4.5.1.1 CASO DE USO REGISTRAR USUARIO

El usuario ingresa al sistema, el sistema presenta la opción Registra Usuario para lo cual debe llenar el formulario de registro presentado los datos ingresados tienen que ser los reales para una mayor interpretación grafológica de la firma.

Tabla 9: CASO DE USO REGISTRAR USUARIO

Identificador del Caso de Uso	CU1	
Nombre Caso de Uso	Registro de usuario	
Prioridad y Tipo	Alta, necesario	
Curso Normal Eventos:	ACTOR	SISTEMA
	1. El usuario nuevo ingresa al sistema	2. La aplicación se ejecuta y se muestra en pantalla
	3. El usuario selecciona la opción de registrar usuario	4. el sistema presenta un formulario solicitando los siguientes datos del nuevo usuario: nombre, apellidos, número de identificación
	5 El usuario ingresa sus datos	6. El sistema registra el nuevo usuario presentando una confirmación del registro
		7. El sistema muestra las opciones para empezar a hacer el análisis
Excepciones	En el paso 5 si el sistema encuentra un usuario anteriormente registrado con los mismos datos, el sistema ignora que ya se encuentra registrado.	
Suposiciones	El usuario ingresara al sistema	
Pre-condiciones	El usuario no tiene registro en el sistema	
Post-condiciones	Registro de usuario nuevo satisfactorio	

4.5.1.2 CASO DE USO INTERPRETACIÓN GRAFOLÓGICA

El usuario ingresa al sistema previa validación elige la opción Interpretación Grafológica, se muestra en pantalla instrucciones para su correcto ingreso de la firma, luego se presenta la pantalla para digitalizar la firma, el sistema captura las características de la firma, interpreta todas las características obtenidas, muestra en pantalla la interpretación obtenida.

Tabla 10: CASO DE USO INTERPRETACIÓN GRAFOLÓGICA

Identificador del Caso de Uso	CU2	
Nombre Caso de Uso	Interpretación Grafológica	
Prioridad y Tipo	Alta, necesario	
Curso Normal Eventos:	ACTOR	SISTEMA
	1. El usuario ingresa al sistema	2. La aplicación se ejecuta y se muestra en pantalla
	3. El usuario ingresa su usuario y contraseña	4. El sistema verifica la validez del usuario, contraseña y que el usuario se encuentre registrado
		5. El sistema muestra la pantalla de opciones para el usuario
	6. El usuario selecciona la opción de Interpretación Grafológica	7. El sistema presenta instrucciones para un mejor ingreso de la firma, presenta el panel donde se va a firmar.
	8. El usuario ingresa la firma	10. El sistema extrae todas las características obtenidas de la firma.
		11. El sistema interpreta todas las características obtenidas y muestra el resultado la interpretación grafológica.
Excepciones	En el paso 4 si el usuario no existe el sistema enseña un mensaje de error y puede ingresar un nuevo usuario	
Suposiciones	El sistema permite que el usuario modifique algunos datos	
Pre-condiciones	El usuario sabe su nombre y contraseña	
Post-condiciones	Datos del usuario modificados satisfactoriamente	

4.5.1.3 CASO DE USO MODIFICAR USUARIO

El usuario ingresa al sistema previa validación elige la opción Modificación Usuario, se presenta un formulario con los datos actuales, el usuario modifica los datos necesarios y lo almacena en el sistema.

Tabla 11: CASO DE USO MODIFICAR USUARIO

Identificador del Caso de Uso	CU3	
Nombre Caso de Uso	Modificar usuario	
Prioridad y Tipo	Media, deseable	
Curso Normal Eventos:	ACTOR	SISTEMA
	1. El usuario ingresa al sistema	2. La aplicación se ejecuta y se muestra en pantalla
	3. El usuario ingresa su usuario y contraseña	4. El sistema verifica la validez del usuario, contraseña y que el usuario se encuentre registrado
		5. El sistema muestra la pantalla de opciones para el usuario
	6. El usuario selecciona la opción de modificar usuario	7. El sistema presenta un formulario con los datos actuales a ser modificados
	8. El usuario modifica los datos que desea actualizar	10. El sistema registra la actualización y presenta una confirmación de que los datos han sido actualizados
Excepciones	En el paso 4 si el usuario no existe el sistema enseña un mensaje de error y puede ingresar un nuevo usuario	
Suposiciones	El sistema permite que el usuario modifique algunos datos	
Pre-condiciones	El usuario sabe su nombre y contraseña	
Post-condiciones	Datos del usuario modificados satisfactoriamente	

4.5.1.4 CASO DE USO HISTORIAL USUARIO

El usuario ingresa al sistema previa validación elige la opción Historial de Usuario, se presenta en pantalla una lista con fechas e interpretaciones grafológicas previas (si se realizaron), elige una fecha para leer su interpretación lo cual puede realizar las veces que desee.

Tabla 12: CASO DE USO HISTORIAL USUARIO

Identificador del Caso de Uso	CU4	
Nombre Caso de Uso	Historial usuario	
Prioridad y Tipo	Media, deseable	
Curso Normal Eventos:	ACTOR	SISTEMA
	1. El usuario ingresa al sistema	2. La aplicación se ejecuta y se muestra en pantalla
	3. El usuario ingresa su usuario y contraseña	4. El sistema verifica la validez del usuario, contraseña y que el usuario se encuentre registrado
		5. El sistema muestra la pantalla de opciones para el usuario
	6. El usuario selecciona la opción de historial usuario	7. El sistema presenta un registro de fechas con sus respectivas interpretaciones grafológicas.
	8. El usuario selecciona una fecha	10. El sistema muestra en pantalla la interpretación que se realizó en esa fecha.
Excepciones	En el paso 4 si el usuario no existe el sistema enseña un mensaje de error y puede ingresar un nuevo usuario	
Suposiciones	El sistema permite que el usuario elimine algunos datos	
Pre-condiciones	El usuario sabe su nombre y contraseña	
Post-condiciones	Usuario y datos del usuario eliminados satisfactoriamente	

4.5.1.5 CASO DE USO ELIMINAR USUARIO

El usuario ingresa al sistema previa validación elige la opción Eliminación de Usuario, se presenta un formulario con los datos del usuario a eliminar, elige la opción eliminar el usuario y su historial es eliminado del sistema.

Tabla 13: CASO DE USO ELIMINAR USUARIO

Identificador del Caso de Uso	CU5	
Nombre Caso de Uso	Eliminar usuario	
Prioridad y Tipo	Media, deseable	
Curso Normal Eventos:	ACTOR	SISTEMA
	1. El usuario ingresa al sistema	2. La aplicación se ejecuta y se muestra en pantalla
	3. El usuario ingresa su usuario y contraseña	4. El sistema verifica la validez del usuario, contraseña y que el usuario se encuentre registrado
		5. El sistema muestra la pantalla de opciones para el usuario
	6. El usuario selecciona la opción de eliminar usuario	7. El sistema presenta la opción para eliminar el usuario y todos sus registros.
	8. El usuario selecciona la opción eliminar	10. El sistema solicita una confirmación para continuar con la eliminación y el sistema elimina el usuario
Excepciones	En el paso 4 si el usuario no existe el sistema enseña un mensaje de error y puede ingresar un nuevo usuario	
Suposiciones	El sistema permite que el usuario elimine algunos datos	
Pre-condiciones	El usuario sabe su nombre y contraseña	
Post-condiciones	Usuario y datos del usuario eliminados satisfactoriamente	

4.6 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

Los requerimientos no funcionales (ver....) tienen que ver con las características que de una u otra forma pueden limitar el sistema, como por ejemplo el rendimiento (en tiempo y espacio), interfaces de usuario, fiabilidad (robustez del sistema, disponibilidad de equipo), mantenimiento, seguridad, portabilidad, estándares entre otros.

4.7 ANALISIS Y DISEÑO

Dentro de la metodología R.U.P. se define la arquitectura del sistema por lo cual pasaremos a ver los diagramas de hardware, software, clases y diagramas de secuencias para tal efecto.

4.8 DIAGRAMA DE HARDWARE

En la figura se muestra el diagrama de arquitectura de hardware, donde se detalla cada componente físico que interviene en el sistema. El usuario el cual va a usar el sistema, el dispositivo como medio para el uso del sistema donde se realiza la firma y recibe la respuesta de la interpretación, el acceso al internet por el cual se llega al servidor y base de datos.

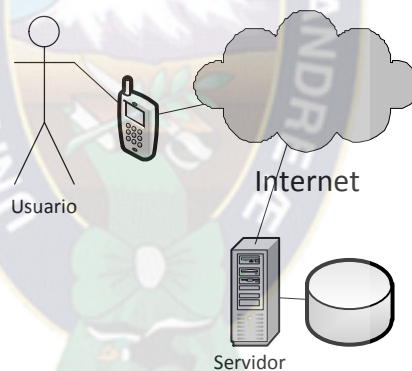


Figura 35: Diagrama de Hardware

Fuente: Elaboración Propia

4.9 DIAGRAMA DE SOFTWARE

En la Figura 36 se muestra el diagrama de arquitectura de software. La aplicación consta básicamente de 4 módulos: el módulo de ingreso/pantalla de

opciones, el módulo de extracción de características, el modulo comparador de características y el módulo de interpretación grafológica de la firma.

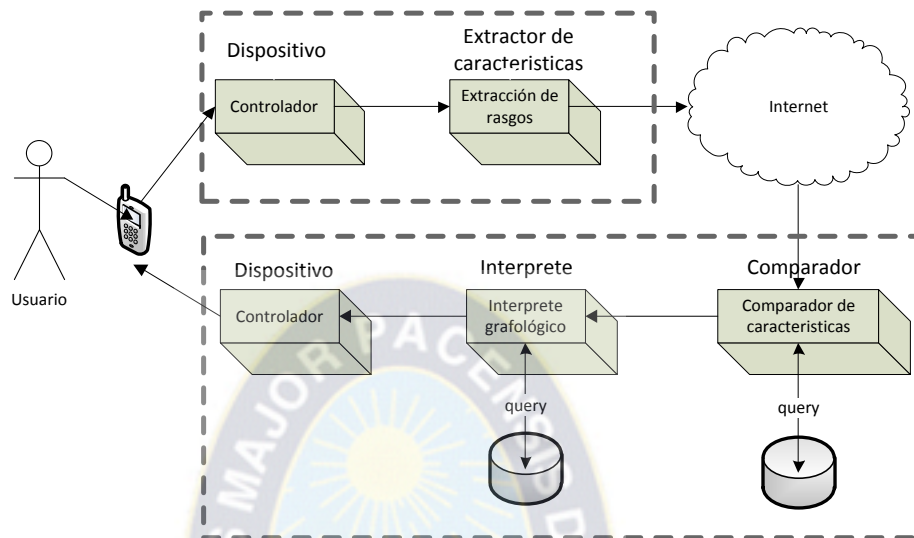


Figura 36: Diagrama de Software

Fuente: Elaboración Propia

El módulo de ingreso/pantalla de opciones se encarga de adquirir y almacenar la información proveniente del dispositivo, con el objeto de poder comparar a esta con los ingresos a realizarse posteriormente, al registrar al nuevo usuario, ingresar el usuario ya registrado y después mostrar las opciones que tiene el sistema.

El dispositivo se encarga de adquirir la firma digitalizada. Segundo extrae características representativas de la firma. El conjunto de características anterior, será almacenado en una base de datos.

El módulo de comparador de características es el responsable de identificar todas las características obtenidas en el proceso de realización de la firma, para que a continuación haga el procesamiento de interpretación grafológica con las características obtenidas y luego hacer un perfil psicológico para después ser enviado al dispositivo.

La presentación resultante es enviada al dispositivo el cual puede leer su resultado.

4.10 DIAGRAMA DE SECUENCIAS

El diagrama de secuencias en el lenguaje UML representa una interacción, poniendo el foco en la secuencia de los mensajes que se intercambian, junto con sus correspondientes ocurrencias de eventos en las Líneas de Vida.

4.10.1 DIAGRAMA DE SECUENCIAS REGISTRO DE USUARIO

El usuario ingresa al sistema donde selecciona el registro de nuevo usuario donde ingresa sus datos en el formulario, este almacena los datos y el sistema devuelve el mensaje de registro exitoso.

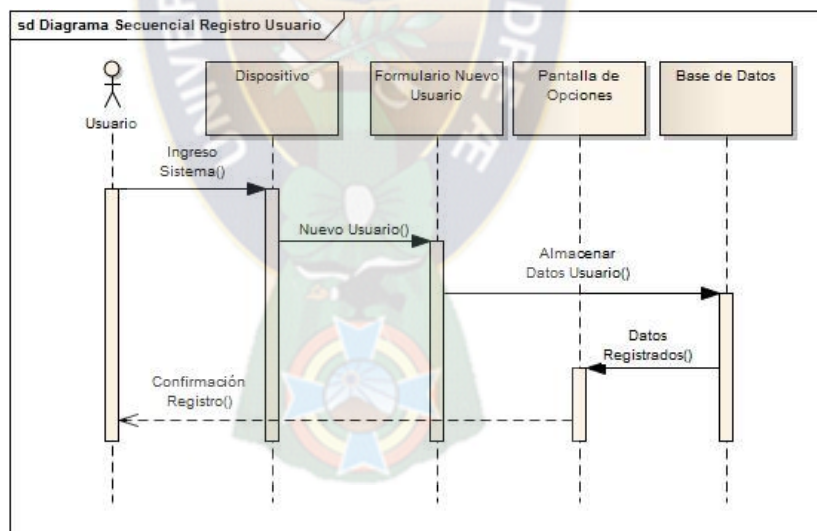


Figura 37: Diagrama Secuencial Registro de Usuario

Fuente: Elaboración Propia

4.10.2 DIAGRAMA DE SECUENCIAS INTERPRETACIÓN GRAFOLÓGICA

El usuario ingresa al sistema, este solicita el nombre de usuario y contraseña, si existe el usuario, el sistema presenta la pantalla con opciones, selecciona la opción de interpretación grafológica, el sistema presenta un aviso para el correcto ingreso de la firma a ser interpretada, el usuario ingresa la firma a ser interpretada, el sistema extrae las características de la firma, posteriormente manda al interprete grafológico el cual busca similitudes de las características en la base de datos para su interpretación, al concluir con la búsqueda este muestra la interpretación en pantalla para su lectura.

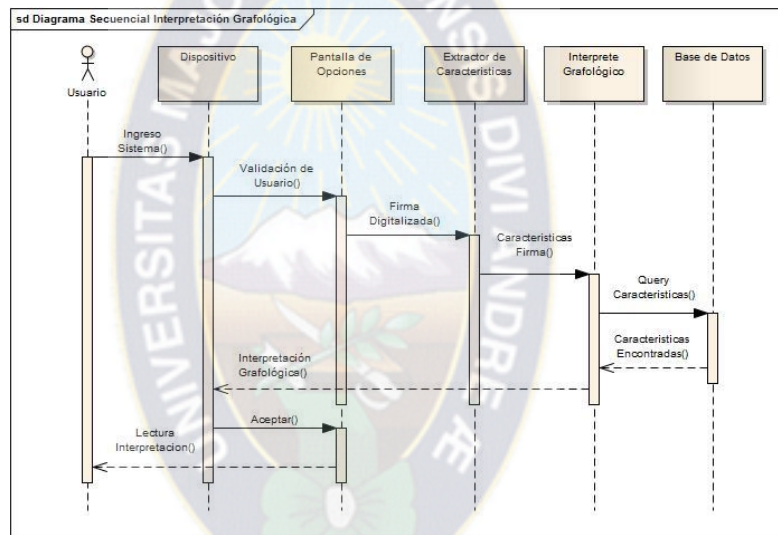


Figura 38: Diagrama Secuencial Interpretación Grafológica

Fuente: Elaboración Propia

4.10.3 DIAGRAMA DE SECUENCIAS MODIFICACION DE USUARIO

El usuario ingresa a la opción modificación usuario, previa validación de ingreso. El sistema presenta un formulario con los datos actuales, el usuario modifica los datos deseados, se presenta un formulario con los datos modificados, el usuario elige la opción guardar, el sistema devuelve el mensaje de Usuario modificado correctamente.

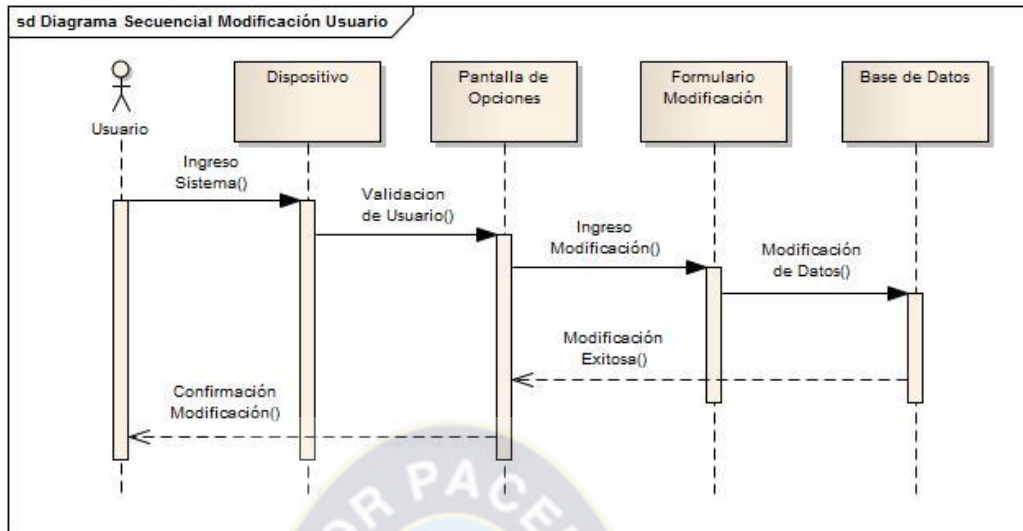


Figura 39: Diagrama Secuencial Modificación de Usuario

Fuente: Elaboración Propia

4.10.4 DIAGRAMA DE SECUENCIAS HISTORIAL DE USUARIO

El usuario ingresa a la opción historial usuario previa validación de ingreso. El sistema presenta un historial con fechas de las interpretaciones realizadas anteriormente si estas existen, el usuario elige la una fecha para leer, el sistema muestra la interpretación para su lectura, el usuario puede ver las veces que quiera su historial.

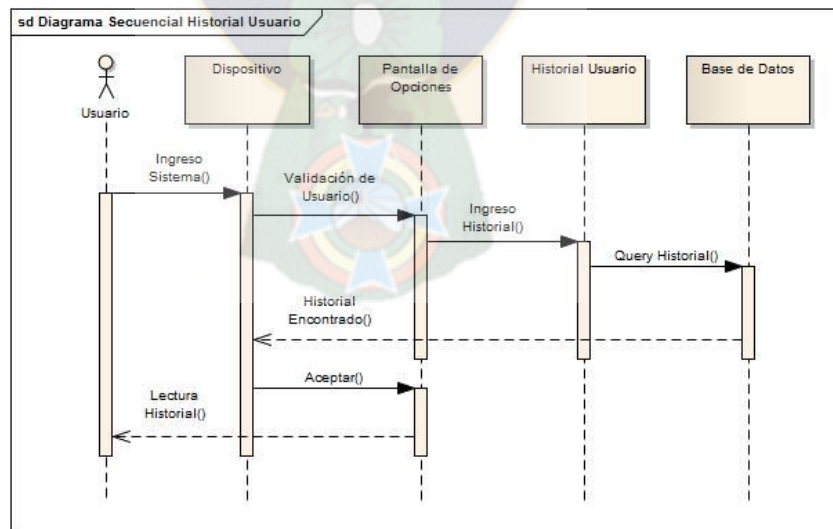


Figura 40: Diagrama Secuencial Historial de Usuario

Fuente: Elaboración Propia

4.10.5 DIAGRAMA DE SECUENCIAS ELIMINACION DE USUARIO

El usuario ingresa a la opción eliminación usuario previa validación de ingreso. El sistema presenta un formulario con los datos actuales a eliminar, el usuario elige la opción eliminar, el sistema devuelve el mensaje de usuario eliminado correctamente.

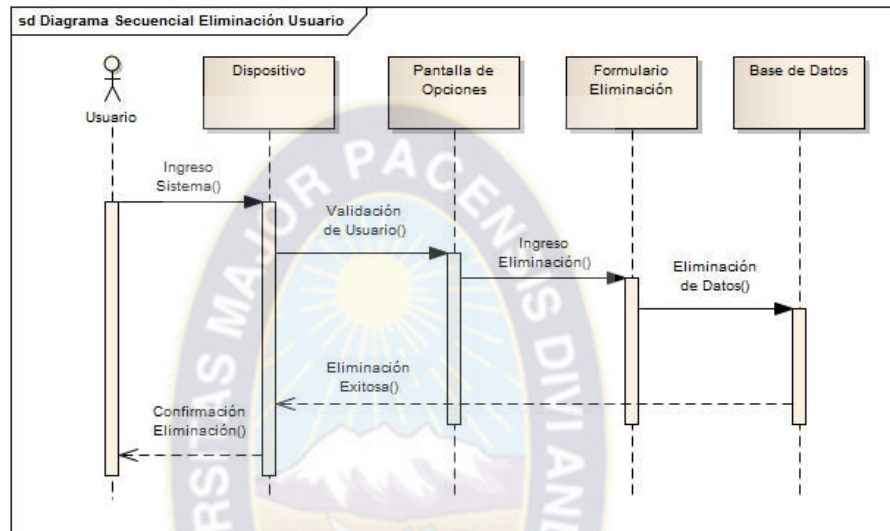


Figura 41: Diagrama Secuencial Eliminación de Usuario

Fuente: Elaboración Propia

4.11 PRUEBAS REALIZADAS CON PERSONAS

Para realizar las pruebas y verificar que los resultados fueron los correctos, se solicitó a 3 personas realizar su firma. La cual se realizaría en el dispositivo móvil dando un resultado, ellos corroborarían el resultado y darían su propia opinión del software.

Debido a que es una interpretación todo el proceso pretende describir la personalidad de un individuo y determinar características generales del carácter tiene sus críticas y muchos dicen que no sigue los postulados del método científico, es muy susceptible, carencia absoluta de estandarización.

Prueba 1

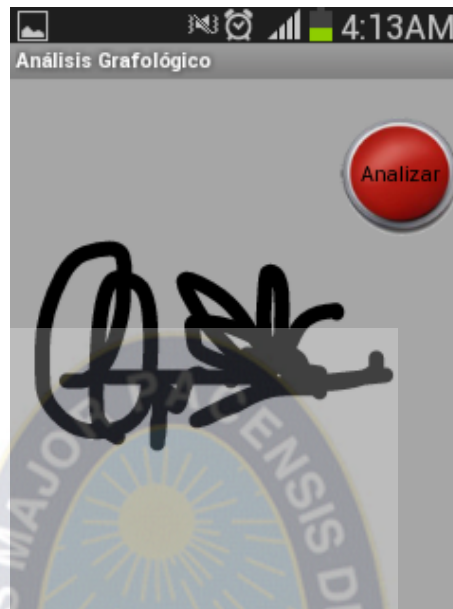


Figura 42: Firma 1

Fuente: Elaboración Propia

Resultado del Análisis prueba 1:

El ángulo de escritura indica una gran empatía y solidaridad por los demás. Estudiando la legibilidad en la firma, podemos concluir que se muestra a los demás con sinceridad y autenticidad desde el principio. Tras el estudio de las formas, usted es una persona autodidacta y muy observadora. La velocidad de escritura de la firma le retrata como una persona sutil y prudente. La ubicación en el papel indica que se manifiesta como una persona humilde y sensata. Otras características de la firma revelan búsqueda de protección, de seguridad. Una personalidad que se protege. La presión que ha ejercido sobre la pantalla, nos dice que posee un temperamento práctico y activo. Según el tamaño de la firma, tiende a la introversión.

Prueba 1 Respuesta del firmante:

Los resultados que se ponen son ciertos, sin embargo son muy directos.

Prueba 2

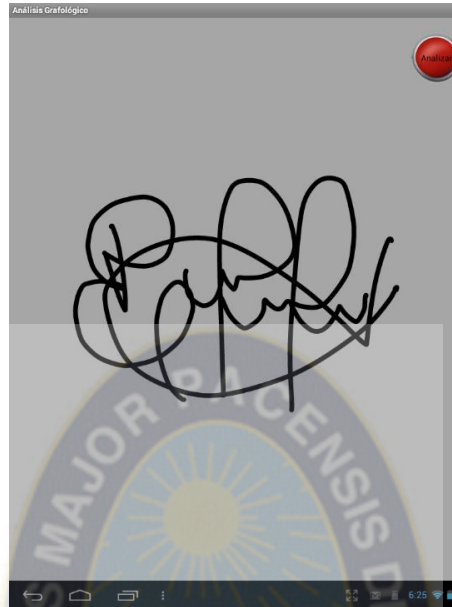


Figura 43: Firma 2

Fuente: Elaboración Propia

Resultado del Análisis prueba 2:

El ángulo de escritura indica libertad de pensamiento y una gran tolerancia. Estudiando la legibilidad en la firma, podemos concluir que se muestra a los demás con sinceridad y autenticidad desde el principio. Tras el estudio de las formas, usted es una persona que tiene una gran confianza en si misma y capacidad de decisión. La velocidad de escritura de la firma le retrata como una persona ágil, con destreza y un dinamismo destacable. La ubicación en el papel indica que se manifiesta como una persona humilde y sensata. Otras características de la firma revelan autenticidad y claridad; una persona que se acepta y se muestra tal como es.

La presión que ha ejercido sobre la pantalla, nos dice que posee un temperamento fuerte y exigente. Según el tamaño de la firma, tiende a buscar su espacio familiar.

Prueba 2 Respuesta del firmante:

Es un software interesante muy sencillo y fácil de utilizar. No requiere de ningún manual debido a que es fácil intuir como utilizarlo. Los resultados son interesantes, aunque otras personas me han dicho lo que dice tu software, a veces cuesta trabajo reconocerlas.

Prueba 3:



Figura 44: Firma 3

Fuente: Elaboración Propia

Resultado del Análisis prueba 3:

El ángulo de escritura indica una personalidad equilibrada, que acepta sus aciertos y errores. Estudiando la legibilidad en la firma, podemos concluir que tiene una autovaloración real, y una autoestima equilibrada. Tras el estudio de las formas,

usted es una persona que tiene una gran confianza en sí misma y capacidad de decisión. La velocidad de escritura de la firma le retrata como una persona proporcionada y justa en sus acciones. La ubicación en el papel indica que se manifiesta como una persona reservada, con cierta timidez, aunque en ocasiones podría llegar a ser un individuo extrovertido. Otras características de la firma revelan desparpajo, autenticidad y poca preocupación por la norma social. La presión que ha ejercido sobre la pantalla, nos dice que posee un temperamento intenso y apasionado. Según el tamaño de la firma, tiende el deseo de escapar a un gran número de amistades.

Prueba 3 Respuesta del firmante:




Las respuestas que arroja el sistema son buenas, sin embargo, depende de muchos factores que pueda actuar así. La respuesta “Suele tener buen carácter, es muy emotivo.” suele depender mucho con que persona este.

4.12 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Las pruebas realizadas al sistema en lo que se refiere a la interpretación grafológica de la firma, con los parámetros descritos en el capítulo 3, tuvieron una aceptación del 85%. La cantidad de firmas son tres, en parte depende de la buena disponibilidad de las personas, al igual que la posición de dejar su firma en un sistema para realizar esta interpretación automática.

Analizando individualmente los resultados de las tres firmas, se tiene los siguientes resultados:

Tabla 14: Resultados Obtenidos

	1	2	3
Firma			
Tamaño	Mediano 2	Mediano 2	Grande 1
Dirección	Horizontal 3	Horizontal 3	Empinada 1
Forma	Curva 1	Curva 1	Recta 2
Velocidad	Lenta 1	Lenta 1	Rápida 3
Presión	Intermedia 2	Liviana 1	Intensa 3
Coherencia	Parcial 2	Parcial 2	Parcial 2
Mayúsculas	Ausentes 5	Muy Altas 1	Ausentes 5
Proyección		Apellidos 3	
Rubrica		Envolvente 2	Garabato 5

De lo analizado anteriormente podemos ver que cada firma pasa por un proceso de selección si contiene o no las características escritas, en un total de tres firmas y sus 27 interpretaciones obtenidas, las características no obtenidas son 3 por lo consiguiente el sistema tiene un acierto del 87% y se tiene un error de 13% de reconocimiento de patrones e interpretaciones. Se realizaron pruebas a 10 personas ver ANEXO C, obteniendo resultados similares

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5 CAPITULO V

El presente trabajo que ha sido presentado a lo largo de los capítulos precedentes ha realizado el estudio de la interpretación grafológica de la firma manuscrita dinámica como medio de obtención para el perfil psicológico, demostrándose que es posible obtener con ciertas tasas de error una interpretación y obtener un perfil psicológico

Con el diseño del sistema se ha podido demostrar que es posible aplicar esta tecnología en condiciones reales, por lo que se espera que esta tesis ayude a que con el tiempo la interpretación grafológica automática sea utilizada en aplicaciones futuras.

5.1 CONCLUSIONES

Por lo expuesto en los capítulos anteriores podemos llegar a las siguientes conclusiones:

Se ha esbozado con éxito un algoritmo para la extracción y generación de patrones durante la realización de la firma en tiempo real, siendo este algoritmo el inicio de obtención de patrones.

Se obtuvo buenos resultados al diseñar un algoritmo que reconozca automáticamente las letras existentes o no en las firmas realizadas, siendo este algoritmo necesario para la interpretación de utilización de iniciales, mayúsculas o nombres en las firmas a analizar.

Se ha creado un lenguaje usando la gramática formal mediante la obtención de patrones, se dividió en las partes más primitivas de la escritura para que cada trazo

obtenga más precisión en la interpretación de cada grafía y así poder obtener una interpretación grafológica precisa, sin que se pierdan datos importantes.

Se pudo esbozar un algoritmo para el pre-procesamiento y procesamiento de la firma, este algoritmo verificaba que la firma realizada sea lo más legible posible para el sistema, siendo de mayor importancia una verificación de patrones, el cual obtiene patrones a ser analizados.

Se realizó el diseño de un sistema para la interpretación grafológica, teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente se crearon módulos de extracción de características para después unir los resultados obtenidos y así obtener una interpretación grafológica total, siendo esta interpretación grafológica un resultado de la firma ingresada se puede realizar el perfil psicológico correspondiente.

En la actualidad se requiere de la firma de forma manuscrita en hojas de papel para una interpretación grafológica, el presente trabajo pretende ayudar al uso de la grafología y la firma dinámica para obtener un perfil psicológico automático en el menor tiempo posible, las personas desconocen muchas características de su personalidad.

La hipótesis fue comprobada al obtener de forma automática mediante redes neuronales y gramáticas formales la interpretación grafológica de la firma manuscrita, para lo cual se realizaron pruebas a 10 personas ver ANEXO C obteniendo sus respectivas interpretaciones 90 en total y se tiene un acierto del 85.2% de características obtenidas, para las características no obtenidas son 13 se tiene un error de 14,8%.

Dadas las conclusiones anteriores por tanto se he cumplido el objetivo general del presente trabajo, diseñando un sistema con conocimientos para la interpretación grafológica, diseñando algoritmos capaces de reconocer la mayoría de los patrones que se realiza en una firma.

5.2 RECOMENDACIONES

5.2.1 RECOMENDACIONES TEMAS AFINES DE INVESTIGACION

Se recomienda implementar el sistema de interpretación grafológica en varios sistemas operativos para celulares, como ser iOS, Windows Phone, esto facilitara la implementación del sistema ya que existen diferentes herramientas en diferentes sistemas.

También se recomienda realizar el sistema con conocimientos para la interpretación grafológica vía on-line compatible con muchos dispositivos móviles actualmente, ya sea mediante él envío de una fotografía o mediante una tableta digitalizadora.

Para futuras investigaciones se recomienda hacer un análisis de la escritura en general, ya que la escritura es tan extensa y rica en detalles, solo se pudo analizar en este trabajo la firma manuscrita, pudiendo extender este trabajo a análisis de documentos, escritos antiguos, cartas, papiros, etc.

Además se sugiere realizar una investigación más exhaustiva sobre la obtención de características que determinen mejor una interpretación grafológica, para lo cual se debería investigar más acerca de los métodos de reconocimiento de patrones, y siendo más específico el reconocimiento sintáctico de patrones ya que este es el método es el más eficiente pero a la vez más complejo.

5.2.2 RECOMENDACIONES DE USO

Las recomendaciones para el uso de esta investigación son varios, dependiendo del propósito el cual se quiere obtener.

Se puede usar como análisis personal, dependiendo de cada persona, puede hacerse una autoevaluación, para mejorar aspectos de la personalidad.

En la familia se puede usar para conocerse mejor entre miembros de la misma, ya que la grafología no solo refleja aspectos de la personalidad si no también refleja algunas enfermedades que pueden detectarse a tiempo.

En el trabajo para la selección de personal, el cual daría un informe de la personalidad de la persona, obteniendo resultados que en la entrevista pueden pasar desapercibidos, según el análisis grafológico que se obtenga y los parámetros o cualidades que quieren que tenga su futuro empleado puede ser de gran ayuda un análisis automático.



6 BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, F. (Enero de 2005). www.grafologia.bz/appcc/pdfs/alvarez_firma.pdf.
Obtenido de www.grafologia.bz.
- Barabino Maciá, R. (20 de Enero de 2011). *Historia Grafología*. Obtenido de epifanioquiros: <http://www.epifanioquiros.com>
- Becke, C. v. (25 de Julio de 1998). *pattern*. Obtenido de Glosario de Carlos von der Becke: <http://www.oocities.org>
- Bors, A. G. (13 de Febrero de 2001). Introduction of the Radial Basis Function (RFB) Networks. *Online symposium for electronics engineers*, 1(1), 1-7.
- Centeno Muñoz, M. F., & Marín Hernández, C. (2010). *MANUAL BÁSICO DE GRAFOLOGÍA*.
- Cheremesina, E., & Ruiz Shulcloper, J. (1992). Cuestiones metodológicas de la aplicación de modelos matemáticos de reconocimiento de patrones en zonas del conocimiento poco formalizadas. *Revista Ciencias Matemáticas*, 93-108.
- Colina, E., & Rivas, F. (1998). *Introducción a la inteligencia artificial*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.
- Faundez-Zanuy, M. (Marzo de 2007). Marcos Faundez-Zanuy. *Pattern Recognition*, 40(3), Pages 981–992.
- Feldman, J. (1967). *First Thoughts on Grammatical Inference* (Vol. 55). Nueva York: Stanford University.
- Feldman, J. (1969). *Grammatical Inference and Complexity*. Stanford: Stanford University.

- Fu, K.-s. (1982). *Syntactic Pattern Recognition and Applications*. Prentice Hall.
- Fu, K.-s. (1986). A Step Towards Unification of Syntactic and Statistical Pattern Recognition. *IEEE*, 398-404.
- Fuerte, C. (25 de Noviembre de 2008). *GRAFOSCOPIA*. Obtenido de csicriminalistica: <http://csicriminalistica.blogspot.com>
- Gille Maisani, J. C. (1993). *Psicología de la Escritura*.
- Grafólogos, A. d. (Enero de 2005). www.grafotecnia.com/peritoscaligrafos.htm. Obtenido de www.grafotecnia.com
- Hagan, M., Demuth, H., & Beale, M. (2014). *Neural Network Design*. Martin Hagan.
- Haykin, S. (1992). *Neural Networks : A Comprehensive Foundation*. Nueva York: Macmillan College Publishing.
- Hilera González, J. R., & Martínez Hernando, V. J. (1995). *Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones*. RA-MA.
- Jain, A., Bolle, R., & Pankanti, S. (2005). *Biometrics: Personal Identification in Networked Society*. Springer.
- Kalley, D. (1995). *Teoría de Autómatas Lenguajes y Formales*. Prentice-Hall.
- Karp, G. (2005). *Biología Celular y Molecular*. Colombia: McGraw Hill.
- Kholmatov, A., & Yanikoglu, B. (Noviembre de 2005). Identity authentication using improved online signature verification method. *Pattern Recognition Letters*, 26(15), 2400–2408.
- King-Sun, F., & Booth, T. (1975). Grammatical Inference: Introduction and Survey - Part II. *IEEE*, 409-423.

- Marín Diazaraque, J. M. (2009). *Introducción a las redes neuronales aplicadas*. Obtenido de Universidad Carlos III: <http://halweb.uc3m.es/>
- Martín Diaz, C. (Febrero de 2010). Reconocimiento de Passwords Gráficos en Dispositivos Móviles. Madrid, España.
- Ortega-Garcia, J., Fierrez-Aguilar, J., Martin-Rello, J., & Gonzalez-Rodriguez, J. (2003). Audio-And Video-Based Biometric Person Authentication. En I. Conference, J. Kittler, & M. S. Nixon, *Audio-And Video-Based Biometric Person Authentication* (págs. 658-667). Berlin: Springer.
- Palacio Burgos, F. J. (2003). *Redes Neuronales con GNU/Linux*. Mexico: GNU.
- Renaud, K. (Febrero de 2009). On user involvement in production of images used in visual authentication. *Journal of Visual Languages & Computing*, 20(1), 1-15.
- Rojas Weisser, T. (2004). Grafología Científica: La Muestra de Escritura como Test Psicológico Proyectivo. *Revista de Psicología*, 147-156.
- Ruiz Shulcloper, J., Alba, E., & Lazo, M. (1994). *Introducción al Reconocimiento de Patrones*. México, D. F. : CINVESTAV.
- Simón, J. J. (2012). *Grafología Fácil*. Madrid: EDAF.
- Tapiador Mateos, M., & Singüenza Pizarro, J. (2005). *Tecnologías biométricas aplicadas a la seguridad*. RA-MA.
- Torres Miranda, M. (21 de Junio de 2005). *Introducción a Redes Neuronales*. Obtenido de mtorres: <http://mtorres.wordpress.com>
- Torres Soler, L. C. (2011). *REDES NEURONALES*. Obtenido de RedNeu: <http://disi.unal.edu.co>

VEGA RAMOS, A., & ROBLES LLORENTE, M. (2000). *GRAFOSCOPIA, IDENTIFICACION DE ESCRITURA Y FIRMAS*. Barcelona: CEDECS.

Vels, A. (1995). *Grafología de la "A" A LA "Z"*. Barcelona.

Watanabe, S. (1985). *Pattern Recognition: Human and Mechanical*. New York: John Wiley & Sons.

Xandró, M. (1991). *GRAFOLOGIA SUPERIOR*. Barcelona: Herder.

Xandró, M. (1994). *GRAFOLOGIA ELEMENTAL*. Barcelona: Herder.





ANEXOS

ANEXO A

Lenguajes formales

En esta sección se tratan temas relacionados con los lenguajes formales. Se muestran algunas definiciones y operaciones que se pueden realizar con las palabras de un lenguaje así como con los propios lenguajes.

Conceptos básicos

Alfabeto: Un alfabeto (Σ) es un conjunto no vacío finito de elementos indivisibles denominados símbolos (letras, números, combinaciones de letras y números, ...)

Palabra: Una palabra es una secuencia finita de símbolos de un alfabeto. Se llama longitud de una palabra x ($|x|$) al número de símbolos que la componen. La palabra cuya longitud es 0, es decir, no contiene ningún símbolo, se conoce como palabra vacía (λ), $|\lambda| = 0$.

Universo de un alfabeto: Se denomina universo de un alfabeto E al conjunto de todas las palabras que se pueden formar con las letras de dicho alfabeto. Se representa como $W(\Sigma)$. Evidentemente, $W(\Sigma)$ es un conjunto infinito.

Lenguaje sobre un alfabeto: Un lenguaje sobre un alfabeto ($L(\Sigma)$) es todo subconjunto de $W(\Sigma)$. Como el universo asociado a un alfabeto es infinito, hay infinitos lenguajes asociados a un alfabeto.

Operaciones

Operaciones con palabras:

Concatenación: Sean dos palabras x e y tales que $x \in W(\Sigma)$ e $y \in W(\Sigma)$. Se llama concatenación de ambas palabras, $x \cdot y$, a la palabra formada por los símbolos de

x seguidos de los símbolos de y. A menudo se representa simplemente como xy. Las propiedades de la concatenación son:

1. Operación cerrada: La concatenación de dos palabras de $W(\Sigma)$ es una palabra de $W(\Sigma)$:

$$x \in W(\Sigma), y \in W(\Sigma) \Rightarrow xy \in W(\Sigma)$$

2. Propiedad asociativa: $x(yz) = (xy)z$
3. Existencia de elemento neutro: La palabra vacía (λ) es el elemento neutro de la concatenación de palabras, tanto por la derecha como por la izquierda. En efecto, sea x una palabra cualquiera. Se cumple que:

$$\lambda \cdot x = x \cdot \lambda = x$$

4. La concatenación de palabras no tiene la propiedad conmutativa. A modo de contraejemplo: Sean las palabras $x = ABC$, $y = AD$. Es evidente que $xy = ABCAD$, no es igual a $yx = ADABC$.

Potencia: La potencia i-esima de una palabra x, x^i , se forma por la concatenación i veces de x consigo misma. Por definición, para toda palabra x, se cumple: $x^0 = \lambda$.

Reflexión: Si la palabra x está formada por los símbolos $A_1 A_2 \dots A_n$, entonces la palabra inversa de x, x^{-1} , se forma invirtiendo el orden de los símbolos en la palabra; $x^{-1} = A_n \dots A_2 A_1$.

Operaciones con lenguajes:

Unión: Sean dos lenguajes definidos sobre el mismo alfabeto, $L_1 \subset W(\Sigma)$, $L_2 \subset W(\Sigma)$. Llamamos unión de los dos lenguajes, $L_1 \cup L_2$, al lenguaje definido como:

$$L_1 \cup L_2 = \{x | x \in L_1 \text{ ó } x \in L_2\}$$

Es decir, al conjunto formado por las palabras que pertenezcan indistintamente a uno u otro de los dos lenguajes.

Las propiedades de la unión de lenguajes son:

1. Operación cerrada: La unión de dos lenguajes sobre el mismo alfabeto es también un lenguaje sobre dicho alfabeto.

2. Propiedad asociativa:

$$(L_1 \cup L_2) \cup L_3 = L_1 \cup (L_2 \cup L_3).$$

3. Existencia de elemento neutro: Cualquiera que sea el lenguaje L , el lenguaje vacío cumple que:

$$\Phi \cup L = L \cup \Phi = L.$$

4. Propiedad conmutativa: Cualesquiera que sean L_1, L_2 , se verifica que:

$$L_1 \cup L_2 = L_2 \cup L_1$$

5. Propiedad idempotente: Cualquiera que sea L , se verifica que:

$$L \cup L = L$$

Intersección: Si L_1 y L_2 son lenguajes, su intersección $L_1 \cap L_2$, contendrá todas las palabras que pertenezcan a los dos lenguajes:

$$L_1 \cap L_2 = \{x \mid x \in L_1 \text{ y } x \in L_2\}$$

Resta: Si L_1 y L_2 son lenguajes, la resta de L_1 y L_2 , $L_1 - L_2$, contendrá todas las palabras que pertenezcan a L_1 y no pertenezcan a L_2 :

$$L_1 - L_2 = \{x \mid x \in L_1 \text{ y } x \notin L_2\}$$

Concatenación: Sean dos lenguajes definidos sobre el mismo alfabeto, $L_1 \subset W(\Sigma)$, $L_2 \subset W(\Sigma)$. Se llama concatenación o producto de estos dos lenguajes, $L_1 \cdot L_2$, al lenguaje definido como:

$$L_1 \cdot L_2 = \{xy \mid x \in L_1 \text{ e } y \in L_2\}$$

Es decir, todas las palabras del lenguaje producto se forman concatenando una palabra del primer lenguaje con otra del segundo. Las propiedades de la concatenación de los lenguajes son:

1. Operación cerrada: La concatenación de dos lenguajes sobre el mismo alfabeto es también un lenguaje sobre dicho alfabeto.

2. Propiedad asociativa:

$$(L_1L_2)L_3 = L_1 (L_2L_3).$$

3. Existencia de elemento neutro: Cualquiera que sea el lenguaje L , el lenguaje de la palabra vacía cumple que:

$$\{\lambda\}L = L\{\lambda\} = L$$

Potencia: Se llama potencia i -ésima de un lenguaje a la operación que consiste en concatenarlo i veces consigo mismo. Por definición, para toda palabra L , se cumple: $L^0 = \lambda$.

Clausura positiva: La clausura positiva de un lenguaje L , se forma por la unión de todas las potencias del lenguaje, excluyendo la potencia 0;

$$L^+ = \bigcup_{i=1}^{\infty} L^i$$

La clausura positiva de cualquier alfabeto (considerado como el lenguaje formado por todos sus símbolos) corresponde al universo del alfabeto excluyendo la palabra vacía (potencia 0 de un alfabeto):

$$\Sigma^+ = W(\Sigma) - \{\lambda\}$$

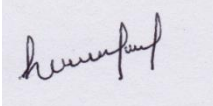
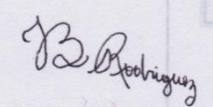
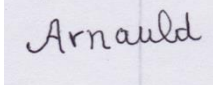
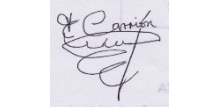
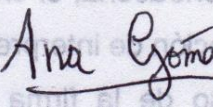
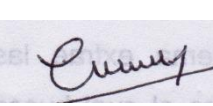
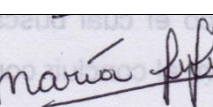
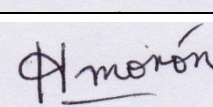
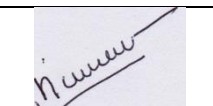
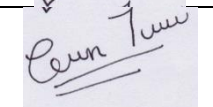
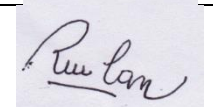
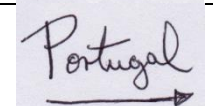
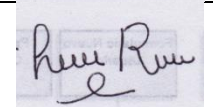
Iteración, cierre o clausura: El cierre de un lenguaje L se forma por la unión de la palabra vacía a la clausura positiva del lenguaje:

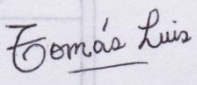
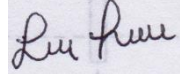
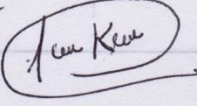
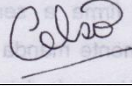
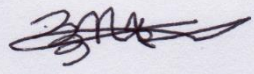

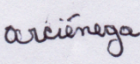
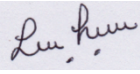
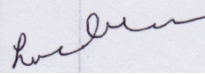
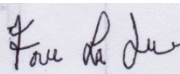
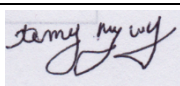
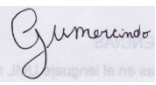
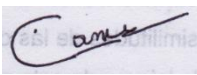

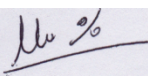
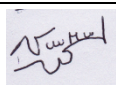

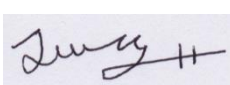
$$L^* = L^+ \cup \{\lambda\} = \bigcup_{i=0}^{\infty} L^i$$

Reflexión: La reflexión de un lenguaje L está formada por la aplicación de la reflexión a cada una de las palabras del lenguaje:

$$L^{-1} = \{x^{-1} \mid x \in L\}$$

ANEXO B

No	Característica	Posible Significado	Imagen Ejemplo
1	Firmas más ascendentes que el texto.	Confianza en sí mismo, vanidad, ardor original que viene de antepasados, herencia	
2	Firma descendente en una escritura ascendente.	Inquietud, fatiga.	
3	Firma más grande.	Orgullo del nombre	
4	Firma subrayada.	Orgullo del nombre, presunción, vanidad.	
5	Firma Legible.	Se muestra tal cual es, sus intenciones son claras, tiene seguridad en su manera de pensar y actuar.	
6	Firma ilegible.	Revela dinamismo, vivacidad, sentido de la acción, complejo de inferioridad, ocultamiento, afán de hacer muchas cosas o a la vez o conducta hábil y/o ocultadora con capacidad para sacar ventajas.	
7	Firma en que se destaca el nombre sobre el apellido.	Se puede hablar de una preponderancia de la vida íntima sobre la social, de cierto amor por intimidad, de un deseo de protección o, incluso, de infantilismo.	
8	Firma en que se destaca el apellido sobre el nombre.	Es más importante su rol social o profesional que su vida personal y su entorno familiar. Los hombres muy trabajadores, que dan mayor importancia al trabajo que a su familia.	
9	Firma angulosa.	Revela energía personal, independencia de criterio, individualidad, inflexibilidad o incapacidad para adaptarse.	
10	Firma con inclinación ascendente.	Revela ambición, espíritu de exister y de lucha, alegría y optimismo.	
11	Firma con inclinación descendente.	Indica depresión, pesimismo, falta de confianza en sí mismo o una gran fatiga mental o psíquica.	
12	Firma con inclinación horizontal.	Es una persona que ha logrado sus metas. Tiene muy pocos sentimientos de ambición. Tiene paciencia y madurez	
13	Firma con inclinación a la izquierda.	Indica tanto introversión como cautela en los contactos.	

14	Firma con rúbrica sencilla.	Muestra autenticidad y sinceridad en las relaciones.	
15	Firma sin rúbrica.	Signo de madurez mental, seguridad en si mismo o simplicidad.	
16	Firma con rúbrica envolvente.	Indica necesidad de sentirse protegido, así como narcisismo, egoísmo, miedo a los intercambios, aislamiento o desconfianza, ocultación o mentira. (persona tímida)	
17	Firma donde en los finales se forma una curva con un pico.	Este tipo de personas tiende a ser celosas.	
18	Firma que no está compuesta por nombre ni apellidos.	Este tipo de personas, tiende a tener una conducta no muy saludable.	
19	Firma grande con dirección ascendente y punto o acento.	Este tipo de personas, posee emotividad, cordialidad y buen carácter.	
20	Firma pequeña.	Este tipo de personas tiene poca presencia, es tímida, y con complejos.	
21	Firma que tiene puntos en la parte inferior	Este tipo de personas que sufre de paranoia.	
22	Desproporcionada en la parte exterior	Ambición y pensamiento en el futuro	
23	Desproporcionada en la parte superior	Idealismo y vida intelectual	
24	Desproporcionada en la parte inferior	Actividad, materialismo, determinación	
25	Desproporcionada en dos partes opuestas	Incongruencia	
26	Boca de lobo	Agresividad, frialdad, cinismo, deshumanización	
27	Doble raya	Temor a la sociedad, inferioridad	
28	Obsesión profesional	Son símbolos en la firma relacionados con la profesión desempeñada	
29	Corazón	Especie de corazón en cualquier posición, romanticismo	
30	Rápido y simple	inteligencia	
31	Dos travesaños	Cursilería, gusto por las apariencias	

32	Envolviendo el nombre y trazada a base de rasgos grandes	Orgullo, delirios de grandeza, apariencia de ser algo que no se es	
33	Envolviendo el nombre y trazada a base de rasgos pequeños	Intrigante desconfiado	
34	Rúbrica con una línea recta más larga que el nombre en sí	Trepador	
35	Rúbrica con una línea recta igual o más corta que el nombre en sí	Conciencia exacta de lo que uno es	
36	Rúbrica enmarcada a base de muchos rasgos angulosos y curvilíneos	Intrigante, exaltado y receloso, rencoroso	
37	Formando un ángulo acusado que apunta hacia la derecha	Violencia, brusquedad	
38	Formando un ángulo acusado que apunta hacia la izquierda	Agresividad, astucia y sutileza	
39	Formada por un trazo cóncavo	Impaciencia, desazón, desanimo exclusividad en sí mismo	
40	Formada por un trazo convexo	Espontaneidad, ilusión	
41	Formada por líneas entrecruzadas y trazadas de manera	apasionamiento	
42	Entre líneas paralelas	Metódico y formalista, un tanto rutinario	
43	Línea vertical o cursiva a la derecha	Independencia ante los demás	
44	Línea diáfana en la parte derecha del nombre	Inteligencia despierta y creativa, gusto por la organización	
45	Letras poco unidas o separadas	Búsqueda de la originalidad, razonamiento poco dado a la acción, inconstancia	
46	Fragmentadas	Inestabilidad	
47	Nombre muy separado de la rúbrica	Sociabilidad , confianza, generosidad	
48	Tamaño de la letra descendiente	Fuerza intelectual y cautela	

ANEXO C

Se realizaron las pruebas a 10 personas, obteniendo la siguiente tabla.

Firma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tamaño	2	5	2	4	1	4	1	5	5	5
Dirección	4	3	1	4	4	4	1	3	1	3
Forma	1	1			1	2	2	1		1
Velocidad	1	1	1	1	1		2	1	1	2
Presión	2	3	2	2	3	1	2	1	3	2
Coherencia	1		1	2	1	1	1	2		
Mayúsculas		2	3		4	3	2	1	5	4
Proyección	1	3	2		3	2	3	2		2
Rubrica		3	5	3		7	3		4	5

Con la siguiente tabla de valores

	1	2	3	4	5	6	7	8
Tamaño	Grande	Mediana	Pequeña					
Dirección	Empinada	Ascendente	Horizontal	En declive	Descendente			
Forma	curvas	rectas						
Velocidad	Lenta	Media	Rápida					
Presión	Liviana	Intermedia	Intensa					
Coherencia	Legible	Algunas letras	Ilegible					
Mayúsculas	Muy altas	Altas	Normales	Bajas	Ausentes			
Proyección	Ambos	nombre/s	apellido/s					
Rubrica	Ausente	Envolvente	Boca de lobo	C invertida	Garabato	Remolino	Línea	Regresiva

En un total de diez firmas y sus 90 interpretaciones obtenidas, las características no obtenidas son 14 por lo consiguiente el sistema tiene un acierto del 84.4% y se tiene un error de 15.6% de reconocimiento de patrones e interpretaciones. Por tanto el reconocimiento de patrones está dentro de los parámetros aceptables.

DOCUMENTACIÓN