



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Computación

***“Un sistema para la identificación de tendencias en el
comportamiento de sujetos”***

TESIS

Que para obtener el título de

Ing. en Ciencias de la Computación

Presenta:

Manuel Coraza Luna.

Dirigida por:

Dr. Luis Carlos Altamirano Robles

Febrero de 2010.

Resumen

El estudio de las reacciones humanas en función de experiencias, ha sido abordado desde mucho tiempo atrás, para realizar la toma de decisiones en situaciones donde no es posible o deseable obtener evidencias por otros medios, de la personalidad de un sujeto. Hoy en día, ha cobrado especial interés el estudio de tales reacciones, como un medio de determinar si un sujeto puede ser de interés para alguna corporación o empresa, o si por el contrario, debería ser evitada su incorporación, por ejemplo, al decidir si se le contratará o no.

En este trabajo de tesis se exploran las reacciones de los sujetos cuando son sometidos a preguntas concretas, mediante un sistema basado en visión artificial, que trata de identificar de qué manera los sujetos modifican sus rasgos faciales en respuesta a las preguntas que se les hacen, y con ello, tratar de generar un modelo de su personalidad que pueda servir de apoyo en los procesos de decisión sobre tales sujetos. Si bien este trabajo no explora profundamente el tema, si trata de sentar las bases para un sistema de análisis de reacciones que sirva en el futuro para la toma real de decisiones.

Índice

Índice de Figuras.....	4
Índice de Tablas.....	5
Índice de Diagramas.....	6
Introducción.....	7
Distribución del Documento.....	9
1 Preliminares Matemáticos.....	11
1.1 Sesión de preguntas y toma de fotos.....	11
1.1.1 Análisis de preguntas.....	12
1.1.2 Restricciones a tomar en cuenta para tomar fotos....	14
1.2 Localización y Parametrización de Cejas, Ojos y Boca.....	15
1.2.1 Metodología 1; Cerradura, Erosión, Dilatación.....	16
1.2.2 Metodología 2; HSV.....	19
1.2.2.1 Procedimiento HSV.....	21
1.2.2.2 Parametrización de Datos.....	23
1.3 Análisis del estado emocional.....	26
2 Planteamiento del problema.....	29
3 Propuesta de Solución.....	32
3.1 Material Empleado.....	33
3.2 Fases del Sistema.....	33
3.2.1 Sesión de Preguntas y Toma de Fotos.....	34
3.2.2 Localización y Parametrización de Cejas, Ojos y Boca.....	34
3.2.3 Análisis de Estado Emocional.....	34
3.3 Tablas de valores obtenidas a partir de un rostro.....	35
3.4 Demostración de funcionamiento de la Red Neuronal.....	38
4 Experimentos y Pruebas.....	45
4.1 Experimentos.....	45
4.1.1 Experimento 1.....	47
4.1.2 Experimento 2.....	49
4.1.3 Experimento 3.....	50
4.2 Pruebas.....	53
4.2.1 Prueba 1.....	53
4.2.2 Prueba 2.....	56
5 Conclusiones.....	60
5.1 Limitaciones.....	60
5.1.1 Limitaciones de Aplicación de Campo.....	60

5.1.2 Limitaciones por Hipótesis de Trabajo.....	61
5.2 Impacto Social.....	61
5.3 Trabajo Futuro.....	62
Apéndice A.....	63
Apéndice B.....	64
Apéndice C.....	65
Apéndice D.....	66
Apéndice E.....	68
Bibliografía.....	70

Índice de Figuras

Fig. 1.....	13
Fig. 2.....	16
Fig. 3.....	19
Fig. 4.....	20
Fig. 5.....	23
Fig. 6.....	24
Fig. 7.....	25
Fig. 8a.....	39
Fig. 8b.....	40
Fig. 8c.....	40
Fig. 9a.....	41
Fig. 9b.....	41
Fig. 9c.....	42
Fig. 10a.....	42
Fig. 10b.....	43
Fig. 10c.....	43
Fig. 11.....	48
Fig. 12a.....	49
Fig. 12b.....	50
Fig. 13a.....	51
Fig. 13b.....	51
Fig. 13c.....	52
Fig. 13d.....	52
Fig. 13e.....	53
Fig. 14a.....	54
Fig. 14b.....	55
Fig. 14c.....	55
Fig. 15a.....	57
Fig. 15b.....	57
Fig. 15c.....	58

Índice de Tablas

Tabla 1.....	35
Tabla 2.....	36
Tabla 3.....	36
Tabla 4.....	37
Tabla 5.....	37
Tabla 6.....	46
Tabla 7.....	46
Tabla 8.....	47

Índice de Diagramas

Diagrama 1.....	26
Diagrama 2.....	34

Introducción

En el campo de la investigación de las emociones se han empleado diversos procedimientos, y la repetición de frases para inducir estados emocionales en condiciones experimentales. El problema principal es el de la cuantificación adecuada y rápida del estado emocional inducido; sin mediciones válidas y confiables es imposible comparar los resultados y llegar a una conclusión. El reconocimiento de la personalidad en las personas es esencial en numerosos problemas que tienen que ver con el estudio de la conducta humana en psicología; muchos investigadores han hecho uso de grabaciones en cintas magnéticas, video y audio, para captar el fenómeno que les interesa. La grabación presta una gran ayuda al investigador porque permite analizar el fenómeno de interés cuantas veces sea necesario, pero en el campo de las entrevistas de trabajo suele ser difícil llevar un registro de las personas, especialmente si ello conlleva a analizar a muchas personas; por ello se requiere una manera más sencilla de llevar a cabo esta tarea que a menudo es muy tediosa y meticulosa.

La entrevista de empleo históricamente ha sido y es el proceso de selección de personal más común; a pesar de la cantidad de evidencia en cuanto a su poca confiabilidad y validez, los juicios que hacen los entrevistadores son altamente subjetivos y no siempre predicen el desempeño del candidato en el trabajo.

Existen múltiples formas de realizar una entrevista de trabajo y múltiples maneras de analizar y clasificar la información obtenida haciendo uso de la psicología del comportamiento humano. Por ello nos limitaremos a analizar solo una parte interesante de una entrevista de trabajo, como es el escritorio del entrevistador, en la cual el individuo debe estar a la espera de su entrevista. El escritorio del entrevistador es un lugar muy interesante debido a que es en ella donde se respira un ambiente molesto, tenso o nervioso por parte del interesado; es allí donde se muestran expresiones tales como nerviosismo la expresión más típica de una entrevista de trabajo.

Se tiene un protocolo que idealmente se debe seguir para el feliz término de la entrevista; por lo regular cuando se expide una intención de contratación por parte de una empresa, se acuerda un día y una hora, en la cual se llevará a cabo la entrevista. Suceden situaciones curiosas que casi siempre pasan desapercibidas: las más interesantes desde nuestro punto de vista están en la sala de espera, donde el candidato ha pasado por muchas cosas antes de poder estar a tiempo en la cita, por ejemplo:

El aspirante llega mucho tiempo antes de la cita.

El aspirante llega en la hora exacta de la cita.

El aspirante llega tarde.

De todas estas situaciones deben ser tomadas en cuenta, ya que influye mucho en la forma en que el entrevistado se desenvolverá durante su entrevista.

Por ello, en este trabajo de tesis se pretende analizar la personalidad humana en base a estados emocionales que se reflejan en el rostro de una persona, al ser interrogado bajo condiciones controladas convenientemente; para ello se hará uso de:

- Un software realizado en matlab que tiene la capacidad de reconocer expresiones faciales ya determinadas convenientemente.
- Un cuarto especialmente preparado para la realización de nuestra investigación, equipado con buena iluminación; esta parte es sumamente importante para el buen funcionamiento del software.
- Silla de espera.
- Una cámara, la cual deberá ser colocada enfrente del sujeto de prueba.
- Fondo negro el cual puede ser una tela o simplemente un cuarto pintado de negro.
- El escritorio donde se sentara el entrevistador.

Esperamos que nuestra investigación sea una herramienta útil para la solución de los problemas expuestos anteriormente, además de que sirva de base para la realización de más investigación en este interesante campo, como lo es el análisis del comportamiento humano por medio de software computacional.

Distribución del Documento

A continuación se expone una breve reseña de cada capítulo

Preliminares Matemáticos

Este capítulo contiene la parte técnica de la investigación realizada; se habla acerca de tres puntos principales los cuales se muestran junto con una breve explicación.

Sesión de preguntas y toma de fotos; Esta parte habla acerca de la forma en que deben ser efectuadas las preguntas, se lista una serie de preguntas y se explica la manera en que deben ser aplicadas dichas preguntas al sujeto de prueba; se toman las fotos al momento de hacerse las preguntas.

Análisis de preguntas; Se hace un pequeño análisis acerca de cómo afectan ciertas preguntas en las emociones de las personas, además se da a conocer el Manual Dattner Consulting (LLC) el cual nos da algunas pautas a seguir muy interesantes.

Restricciones a tomar en cuenta para tomar fotos; Se da un listado de las restricciones que debemos tomar en cuenta para que nuestro programa funcione a la perfección.

Localización y Parametrización de Cejas, Ojos y Boca; Se explica el significado de cada una de las variables que son empleadas; este capítulo también trata de la forma en que son tratadas las fotos tomadas en la sesión de preguntas y toma de fotos.

Metodología 1; Cerradura, Erosión, Dilatación Trata acerca de la manera en que se aplica este método a la parte de las cejas y ojos.

Metodología 2; HSV Explica la manera en que se aplica el método HSV a la boca, se explica el procedimiento HSV, y Parametrización de Datos en la cual se combinan la metodología 1, la metodología 2 y se obtienen todos los parámetros de la cara.

Análisis del estado emocional; Cuando se aborda este tema se hacen análisis de la forma en que se usa la red neuronal en el proyecto, se presentan Diagramas y se muestran algunos algoritmos empleados para la resolución de esta fase, además se da una explicación de las variables y funciones más importantes.

Planteamiento del problema; Se hace un planteamiento de la problemática existente en el área de las entrevistas de trabajo, las cuales son llevadas a cabo por psicólogos dedicados al estudio de las emociones humanas.

Propuesta de Solución; Se hace una propuesta para resolver la problemática existente, se presenta una lista del material empleado, se presentan las tres fases de las cuales consta el proyecto en sí, las cuales son las que siguen

- I. Sesión de Preguntas y Toma de Fotos.
- II. Localización y Parametrización de Cejas, Ojos y Boca.
- III. Análisis de Estado Emocional.

Resultados Experimentales; Se presentan los resultados obtenidos de la Parametrización de datos, se presentan algunas tablas donde se visualiza la información, también se muestran snapshots de los resultados obtenidos al efectuar algunas entrevistas.

Experimentos y Pruebas

Este capítulo trata acerca de los experimentos llevados a cabo en la red neuronal con el fin de encontrar las mejores configuraciones para trabajar con la red. Se muestran tres experimentos diferentes.

Se realizaron 2 pruebas en las cuales se analiza el funcionamiento de la metodología empleada en el proyecto empleándose sujetos de prueba y las preguntas en cuestión, se muestran los resultados obtenidos.

Conclusiones; Se abordan las conclusiones correspondientes del proyecto, junto con las limitaciones y el trabajo futuro.

1 Preliminares Matemáticos

Para la detección e identificación de expresiones se consideran tres partes, las cuales se realizan secuencialmente. Explicamos a continuación cada una de ellas.

1.1 Sesión de preguntas y toma de Fotos:

En esta parte el sujeto deberá sentarse en la silla que ha sido preparada para él, el entrevistador deberá tener configurada la cámara y hacer una serie de preguntas; en el momento de hacer las preguntas la cámara deberá tomar varias muestras de las distintas expresiones del individuo, para posteriormente analizar cada una de estas expresiones.

No incluiremos todas las preguntas típicas que se hacen en una entrevista, solo haremos algunas seleccionadas previamente debido a la falta de tiempo; solo nos basta con tener y comprobar algunas preguntas para la realización de este proyecto; tómese en consideración que nuestro sistema solo podrá analizar 5 expresiones fundamentales las cuales son: seriedad, sonrisa, asombro, enojo y tristeza. Por lo que el objetivo de estas preguntas será obtener algunos de estos estados emocionales en los sujetos de prueba.

Las preguntas sugeridas para analizar estos estados emocionales son:

Edad:

¿Cuántos años tiene? ¿Cuándo se graduó del colegio?

Raza u origen nacional:

¿Cuál es su raza? ¿Dónde nació? ¿Pertenece a alguna etnia?

Religión

¿Cuál es su religión? ¿Usted frecuenta la iglesia/sinagoga/mezquita?

Estado civil

¿Es usted casado? ¿Ha estado casado? ¿Cuál es su nombre de soltera/o? ¿Qué tipo de trabajo hace su esposo/a?

Estado de Familia

¿Dónde vive usted? ¿Con quién vive usted? ¿Usted tiene hijos? ¿Cuántos? ¿Qué edades tienen? ¿Quién cuida de ellos? ¿Está usted embarazada? ¿Planea usted tener hijos?

¿Existen factores que le hagan imposible cumplir con las obligaciones del trabajo o llegar al trabajo a tiempo?

Limitaciones Físicas y Salud

¿Tiene usted alguna limitación física o problemas de salud?

¿Puede cumplir las funciones esenciales del trabajo?

Record de Arresto

¿Lo han arrestado?

¿Ha sido usted acusado de un crimen (relevante)?

1.1.1 Análisis de las Preguntas:

Edad; por lo regular algunas personas tienden a incomodarse con este tipo de preguntas especialmente si han pasado el límite de edad permitido en los puestos de trabajo, una persona puede expresar nerviosismo ó tal vez seriedad si no le importa mucho decir la edad.

Raza u Origen Nacional; en algunos casos esta pregunta incómoda por lo que se podrían obtener interesantes resultados, algunas podrían ser asombro, enojo, temor, timidez. No pretendemos abarcar todos los estados emocionales, lo importante en este trabajo es demostrar la validez que tiene el enlazar una pregunta con un estado emocional en particular.

Estado Civil; estas preguntas caen de sorpresa en el sujeto bajo prueba, en especial si no se tiene certidumbre sobre total con la respuesta.

Estado de Familia; Los estados emocionales que podrían generar estas preguntas son nerviosismo, tristeza, sonrisa, seriedad. Dependería de la situación en la que este viviendo el individuo.

Limitaciones Físicas y Salud; El estado que se podría analizar seria si el sujeto miente o no, esta situación no la analizaremos por ser demasiado compleja aunque pienso que sería factible de ser analizado por nuestro sistema, solo que tendríamos que incluir situaciones en las que un individuo miente.

Record de Arresto; analizar si el sujeto miente o no.

Como se vio anteriormente existen muchas situaciones en las que nuestro sistema puede comprobar la validez de algunos estados emocionales, pero también hay situaciones que no han sido previstas en el sistema como es mentir, nerviosismo etc... Es mucho trabajo el que se tiene que realizar para poder comprobar un rango amplio de estados emocionales, por lo que solo nos interesaremos en 5 estados emocionales en particular: seriedad, sonrisa, asombro, enojo y tristeza.

Las preguntas empleadas se basan en las contenidas en el *Manual de Preparación para Entrevistadores Manual Dattner Consulting LLC.*

Como dato interesante de lo que encontramos en el manual exponemos lo siguiente:

Métodos de Contratación Tradicionales ó Descripción de Comportamiento

Una revisión de la literatura publicada más recientemente (más de 150 estudios) sobre entrevistas encontró que las entrevistas uno a uno no-estructuradas en promedio sólo daban 19% de capacidad para predecir.

Comités de entrevistas no estructuradas daban 35% de precisión.

*En cambio, entrevistas basadas en investigación y conducta alcanzaron una precisión de más del 80%. **El mejor predictor del desempeño futuro es el desempeño basado en situaciones similares.***

Entre más cercano es el comportamiento pasado, mayor su poder de predicción.

Entre más duradero el comportamiento, mayor su poder de predicción.

Lo anteriormente escrito es digno de ser tomado en cuenta, por lo que en sucesivas investigaciones se podría tener esto en cuenta ya que como se ve, ese tipo de entrevistas tiene una mayor precisión por lo que sería interesante diseñar entrevistas basadas en esa investigación y combinarlas con nuestro modelo de análisis de personalidad, se obtendrían de esta manera resultados más exactos e interesantes.

Las preguntas que han sido comentadas anteriormente son importantes para lograr que los sujetos de prueba puedan expresarse emocionalmente, el objetivo en pocas palabras es tomar las fotos de las expresiones faciales de cada sujeto que este siendo sometido a las preguntas para posteriormente analizarlas, un ejemplo de cómo deberían ser tomadas estas fotos se muestra en la **figura 1**.



figura 1 Foto ideal.

1.1.2 Restricciones a tomar en cuenta para tomar fotos:

Tal y como se ve en la figura 1 se deben tomar en cuenta ciertas restricciones a la hora de tomar fotos.

1.- el programa no funciona bien con personas con barba debido a que la barba se confunde con el fondo negro, por lo tanto deben evitarse estas situaciones.

2.- el sujeto de prueba no debe tener señales de sombras creadas por la luz de los focos por lo que se debe cuidar bien la colocación de estos focos de luz.

3.- se debe tener un fondo completamente negro para que nuestro programa pueda realizar correctamente el análisis

4.- la manera correcta de colocar la cámara web será de tal manera que se vea el comienzo de los hombros del sujeto de prueba, ya que lo único que nos interesa es analizar el rostro del sujeto, no estamos analizando el cuerpo del sujeto.

5.- las fotos deberán tener 485X326 pixeles para que el programa las acepte aunque se pueden hacer modificaciones al sistema para que acepte cualquier tipo de fotos.

6.- se deberá evitar sujetos con cabello canoso ya que confunde al sistema y no salen buenas muestras.

7.- sujetos sin cejas o cejas demasiado claras deberán ser evitadas ya que el sistema no localizaría sus cejas debido a que está especializado en localizar cejas de color negro.

8.- y en general evitar la ropa negra como recomendación, aunque se podría emplear siempre y cuando se coloque la cámara de manera apropiada.

1.2 Localización y Parametrización de Cejas, Ojos y Boca:

Esta fase consiste en preparar las distintas fotos que se toman a cada individuo numerándolas y preparándolas para ser captadas por el programa que hemos desarrollado.

Para que el programa lleve a cabo una correcta localización y Parametrización será necesario introducir adecuadamente ciertos valores que hemos derivado del desarrollo del sistema, a continuación explicaremos cuales son estos valores y la función de cada uno de ellos

a).- T; es el umbral de grises que tendrá cada foto con el fin de optimizar y acentuar lo mas posible el grado de detección de cada parte de lo que conforma el rostro de la persona.

$$\text{GRAY} = \text{GRAY} \leq T \quad [1.1]$$

La fórmula [1.1] indica lo siguiente;

GRAY es una foto convertida en grises, el \leq significa, convierte a negro todo lo que sea mayor que el umbral (cara), y a blanco todo lo que sea menor (ojos nariz boca) y guárdalo en GRAY.

b).-alpha; Si alpha tiene como valor cero entonces, la foto estará dividida por default a la mitad con la finalidad de partir la foto del usuario horizontalmente por la mitad, se hace esto con la finalidad de aplicar distintas metodologías de detección a cada parte de la foto.

Se emplean 2 metodologías para detectar los rasgos de la cara. La primera tiene que ver con la detección de cejas y ojos, la segunda tiene que ver con el uso de HSV en la boca estas metodologías serán explicadas mas adelante.

Como comentábamos anteriormente el alpha lo que hace es dividir nuestra foto en 2 secciones, una que abarque solamente el área de cejas y ojos y la otra el área de la boca, el valor empleado para lograr esta división depende de la altura promedio de la persona y de la forma en que este sentado, por lo que nosotros tendremos que cuidar que este valor este correctamente configurado.

c).- w; Es una valor que representa el grado de detección de rojo del área de la boca, en este caso el valor depende mucho del tipo de piel que tiene el sujeto bajo prueba por lo que en sujetos con piel clara tienen un valor w más alto, en cambio sujetos con piel morena obtienen un valor w más bajo. Esto es porque con valores más pequeños el w aumenta el grado de detección, con valores un poco más grandes se disminuye el grado de detección.

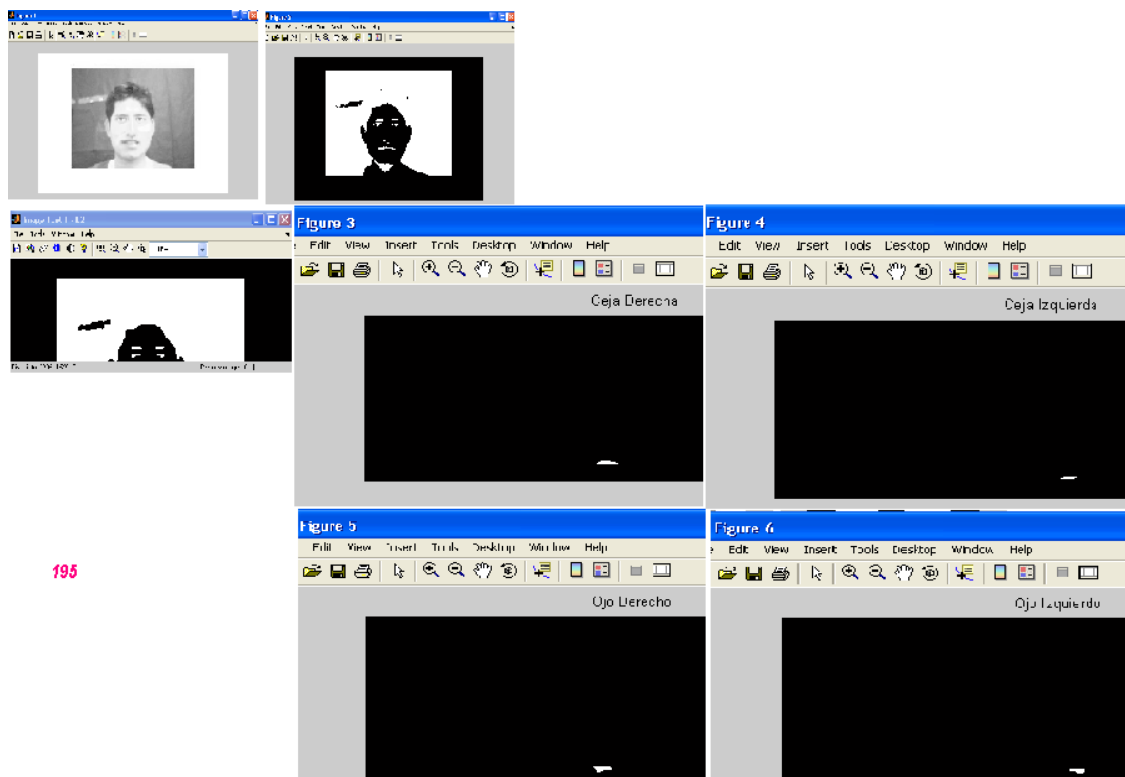
Ya se han presentado los valores que deben ser configurados para llevar a feliz término la correcta localización de ojos, cejas y boca estos valores deben ser

correctamente configurados y no tendremos ningún problema para detectar el rostro de la persona en cuestión.

1.2.1 Metodología 1; Cerradura, Erosión, Dilatación

En el caso de ojos y cejas empleamos una metodología basada en una buena iluminación y aplicación de fondo negro, esto hace que los ojos y cejas queden bien marcados al momento de convertir la foto al blanco y negro, además aplicamos algunas técnicas de Operaciones Morfológicas como son cerradura, erosión, dilatación las cuales nos permiten acentuar todavía más esos rasgos de la cara además de disminuir los errores que se generan, al momento de detectar rasgos morfológicos de la cara.

La figura 2 muestra la forma en que es dividida la cara del sujeto bajo prueba, así como la manera en que son detectadas los ojos y las cejas, podemos ver paso a paso cada cambio que va sufriendo el rostro hasta que finalmente se logra la detección de cejas y ojos.



195

figura 2 Secuencia de obtención de cejas y ojos.

En la figura 2 podemos ver un valor en rojo el cual representa a T, este valor ya fue explicado anteriormente.

Todas las fotos son tomadas en color por lo que el primer paso es convertirlas a grises como se ven en la figura 2, posteriormente la convertimos al blanco y negro

tomando en cuenta el valor umbral T, esto nos dará una foto en blanco y negro con ciertas imperfecciones y manchas indeseables para la correcta detección, por lo que aplicaremos cerradura, erosión y dilatación, estos métodos nos permitirán eliminar dichas imperfecciones y suavizar la foto, todo esto nos dará como resultado una foto en blanco y negro más limpia y adecuada para detectar los rasgos de la cara como se ve en la **figura 2**.

A continuación se invita al lector visitar el **Apéndice A**, el cual muestra el código empleado para llevar a cabo primeramente una cerradura, la cual tiene la intención de cerrar los contornos abiertos, posteriormente se hace una erosión en la figura para erosionar aquellas imperfecciones que sobran por ejemplo manchitas, lunares etc. más adelante se hace una dilatación para acentuar ojos y cejas.

La otra parte que se ve en la figura 2 muestra la mitad de la cara del sujeto, solo se ve la parte que nos interesa y como lo mencionábamos antes, la variable alpha se encarga de particionar la foto variando el valor adecuadamente.

Como hemos estado explicando anteriormente, el aplicar técnicas de operaciones morfológicas nos permitirá eliminar manchas e imperfecciones del rostro que impidan que podamos detectar ojos y cejas, ahora la parte que falta es asignar números a cada elemento del rostro, con la siguiente instrucción:

```
[L1, num1]=bwlabel (dilate);
```

Esta parte lo que hace es etiquetar cada componente del rostro con números de esta manera será más fácil detectar las cejas y ojos, hacemos un barrido de arriba-abajo izquierda-derecha para detectar primero las cejas, posteriormente se detectaran los ojos y tal vez parte de la nariz.

Ejemplo

Para detectar las cejas, se realiza una búsqueda exhaustiva mediante el filtro morfológico que desciende por las columnas del encuadre de la cabeza. Cuando el filtro detecta un inicio de ceja, se almacena su posición X, Y, a continuación se continúa por la siguiente columna hasta hacer una exploración completa del encuadre de la imagen.

Todo este barrido nos servirá para guardar los números de las cejas y ojos en un vector, lo siguiente que haremos es eliminar números repetidos, por ejemplo una ceja está compuesta por el número asignado por bwlabel, por lo que nos basta con tener un solo número de esa ceja, un solo número de la otra ceja y así sucesivamente por lo que no tiene caso conservar todo el arreglo sino solo uno de cada número que representará nuestras cejas y ojos, al hacer este barrido no haremos casos a los 0's que representan la piel de nuestro sujeto, tampoco haremos caso de los 1's ya que representan el fondo negro.

Como el barrido se hace de manera secuencial es fácil prever que los primeros 2 números serán cejas y los otros 2 números deberían representar los ojos del

individuo en cuestión, ignoraremos cualquier otro número que pudiera representar parte de la nariz ya que no nos interesa para nuestro proyecto.

Ya solo quedaría determinar que ceja es izquierda y cual derecha, lo mismo con los ojos, se tiene especial cuidado en esta parte ya que si nuestro sujeto ladea tantito la cabeza puede que durante el barrido se detecte primero la ceja derecha y no la ceja izquierda o el ojo derecho y no el izquierdo.

Afortunadamente la función `bwlabel` detecta siguiendo un patrón de seguimiento al enumerar lo que encuentra a su paso por ejemplo en una situación normal la ceja izquierda tendría el número más pequeño posteriormente la ceja derecha tendría el siguiente número más grande, después el ojo izquierdo sería enumerado y al último el número mayor lo tendría el ojo derecho.

Esto nos permite distinguir cual ceja es derecha o izquierda y cual ojo es derecho o izquierdo.

Como decíamos anteriormente desafortunadamente a veces el individuo ladeará tantito la cabeza ya sea a la derecha o a la izquierda por lo que habrá que detectar esta parte y prevenirnos para no confundir cejas y ojos.

Esto no será problema si el usuario ladea la cabeza hacia la derecha ya que los números serán introducidos en el vector en el orden correcto, el problema viene cuando el usuario ladea su cabeza ligeramente hacia la izquierda, ya que los números empezaran la secuencia con ceja derecha, ceja izquierda ojo derecho ojo izquierdo.

Simplemente cuidamos que esto no ocurra y con unas cuantas instrucciones que verifiquen este estado, véase **Apéndice B**.

El código anterior representa cejas y ojos del individuo en cuestión, habíamos dicho que el 1 es el fondo negro por lo que no le tomamos importancia y lo ignoramos.

En la parte comentada se presentan las dos situaciones de las que hemos estado hablando y como se introducirán los números en el vector por causa de estas dos situaciones, para determinar correctamente simplemente determinamos cual es mayor y cual menor y como se ve en el código y con esto lograremos una detección correcta.

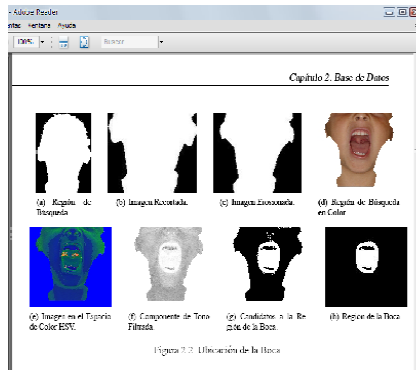
Sólo resta usar unas pocas instrucciones las cuales nos permitirán visualizar cejas y ojos, véase **Apéndice C**.

El código que se ve en el Apéndice C logra esta parte, presentando la ceja derecha y ojo derecho como se ve en la **figura 2**, lo mismo se hace con la ceja izquierda y el ojo izquierdo.

1.2.2 Metodología 2; HSV

Para la parte de la boca es necesario aplicar una estrategia muy diferente, hay un cambio de paradigma en la cual empleamos el modelo HSV, el cual es menos sensible al cambio de la luz.

El filtro HSV detecta el grado de rojo de la boca y como sabemos esto logra una detección correcta en base a que la boca tiende a tener más rojo que el rostro en general.



2.1.2. Detección de la Región de la Boca

Una vez se tiene definida la porción de la imagen que contiene al sujeto, se procede a determinar la región donde se halla la boca. El espacio de búsqueda se reduce a los píxeles que pertenecen al conjunto facial (Figura 2.2(a)). El procedimiento de detección se describe a continuación:

1. Basándose en la altura de la imagen binaria, se recortan las dos terceras partes inferiores (Figura 2.2(b)).
2. Erosionar [26] la imagen (Figura 2.2(c)) para eliminar alguna influencia del fondo que pueda haber quedado luego de la segmentación.
3. Recuperar la información de color, pero solamente en las coordenadas de los píxeles que hayan quedado en blanco (Figura 2.2(d)).
4. Transformar la imagen a color al espacio HSV (ver capítulo 3) (Figura 2.2(e)).
5. Filtrar la componente de tono de la transformación anterior, utilizando la Ecuación 3.2 (Figura 2.2(f)).
6. Umbralizar la componente de tono filtrada, de tal manera que en la imagen binaria resultante, se resalten los píxeles candidatos para la región de la boca de los demás componentes de la imagen (Figura 2.2(g)).

7. Se hace análisis de conectividad, dejando solamente la región más predominante, que para este caso corresponde a la boca (Figura 2.2(h)).

Una vez se tienen las coordenadas exactas de la boca, las dimensiones se colocan en la escala original, para con estas, recortar y almacenar la imagen que contiene la postura labial (Figura 2.3(b)).

La razón fundamental para utilizar el espectro HSV, es que este hace una distinción de la iluminación a partir de la información de color, de tal forma que una variación en la iluminación no cause una variación muy grande en el tono [24]. Este método se centra en resaltar un valor de tono definido h_0 que en este caso corresponde al tono de los labios, para esto se utiliza un filtro que se define en la Ecuación 3.2.

$$f(h) = \begin{cases} 1 - \frac{(h-h_0)^2}{w^2} & |h - h_0| \leq w \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (3.2)$$

Donde h representa el valor del tono y h_0 controla la distancia en la que el valor del tono cae alrededor de cero. Como puede verse en la Figura 3.6(b) el tono de los labios se ve claramente resaltado.

14

Capítulo 3. Extracción de Características



figura 3 Pasos para la obtención de la boca.

En la figura 3 vemos una imagen en la cual se muestran distintas fases de la cara de un niño, las cuales son necesarias para lograr detectar la boca del niño.

Este recorte fue extraído de un archivo pdf el cual explica cómo funciona esta metodología, también se ve la secuencia de pasos que hay que seguir para lograr la detección de la boca y se explica el funcionamiento de la fórmula para lograr la detección.

A continuación la **figura 4** mostrara el procedimiento que está basado en la **figura 3** con algunas pequeñas modificaciones de las que hablaremos más adelante.

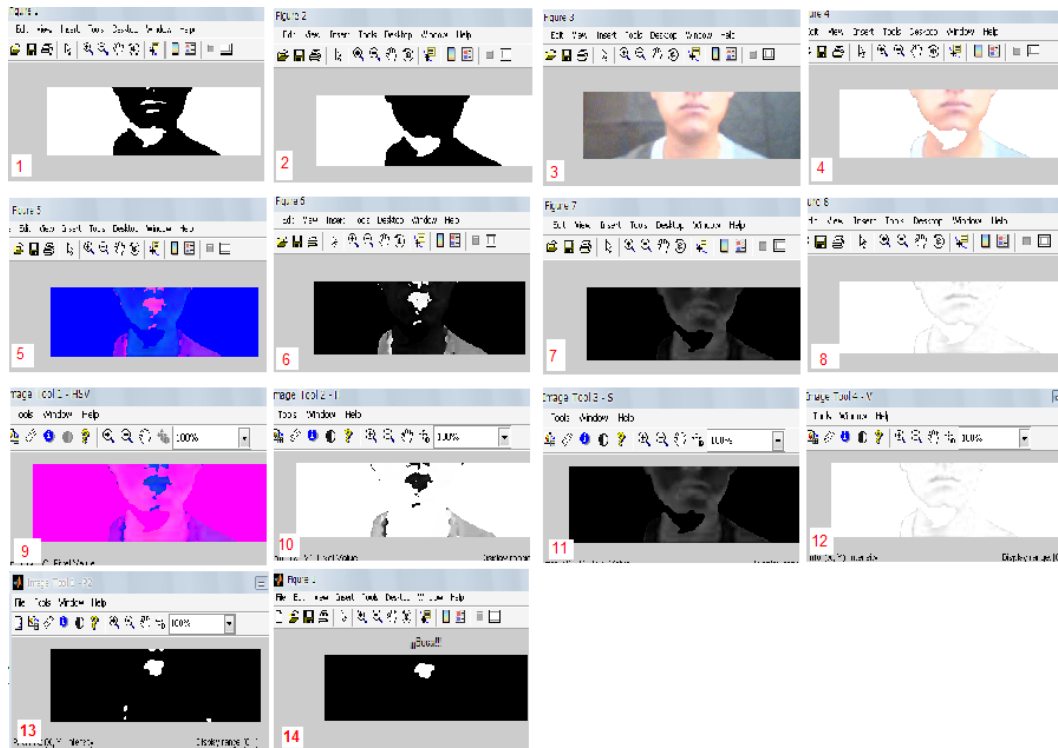


figura 4 Secuencia de obtención de la boca.

La **figura 4** muestra una serie de fotos las cuales han sido tomadas en distintas fases, todas las fases muestran una transformación sucesiva hasta lograr el objetivo que es detectar el área de la boca. La **figura 4** está numerada para mostrar el orden en que el sujeto sufre transformaciones usando la metodología descrita en la **figura 3** aunque con algunas modificaciones.

Recordemos que habíamos dividido la cara del sujeto en dos partes y cada parte emplea distintas metodologías, ésta parte emplea la metodología 2 que implica la detección con HSV, por lo que el procedimiento para localizar la boca es muy diferente al empleado para localizar cejas y ojos.

1.2.2.1 Procedimiento HSV

1.- En la foto 1 se ve como se emplea una binarización en blanco y negro del área de la boca esta binarización está basada en la que se empleó en la metodología 1 para detectar cejas y ojos con la misma fórmula y valores para umbralizarla. La fórmula empleada en la metodología 1 se visualiza en la formula [1.2]

$$\text{GRAY} = \text{GRAY} \leq T \quad [1.2]$$

Variaremos el valor de T hasta obtener el mejor resultado posible para la máxima eficiencia de nuestro sistema.

2.- En la foto 2 se intenta eliminar cualquier componente que esté en la cara esto es equivalente a crear un perfil frontal negro del área de la boca, en este caso no nos importa lo que haya si hay boca o si se detecta nariz, lo más importante es crear el perfil del sujeto.

La importancia de crear el perfil frontal del sujeto se explicara más adelante.

3.- La foto 3 de la figura 4 nos muestra la foto rgb que obtuvimos de la web cam de la cual extraemos todo lo que está dentro del área de la boca basándonos en la misma partición que empleamos para dividir las demás fotos que hemos estado trabajando.

Esta parte nos será útil para la siguiente fase.

4.- La foto 4 de la figura 4 muestra la utilidad de intersectar foto 2 y foto 3 empleando la fórmula;

$A \cap B$ la cual quiere decir que intersectemos foto 2 y 3 combinando propiedades de las dos fotos. Esto se hace con la finalidad de ahorrar tiempo y eliminar aquellas partes que no sean necesarias.

5, 6, 7, 8.- La foto 5 de la figura 4 emplea la técnica HSV

Sacar las fotos en modelo HSV es muy fácil de lograr en matlab, empleando las siguientes instrucciones;

```
HSV=rgb2hsv (ImgInfRGB);
```

```
H=HSV (:, :, 1);
```

```
S=HSV (:, :, 2);
```

```
V=HSV (:, :, 3);
```

Las instrucciones anteriores lo único que hacen es cambiar de modelo RGB a modelo HSV para posteriormente dividir la foto en las tres variantes del modelo HSV que son Hue-Tono, Saturation-Saturación, Value-Valor.

Al igual que la exclusión de rojo, esta técnica se aplica en imágenes a color, estas son transformadas al espacio HSV (tono, saturación y valor)

Véase fig.3.

Las fotos 6,7 y 8 muestran el Tono, la Saturación, y el Valor de la imagen.

9, 10, 11, 12.- La foto 9 de la figura 4 aplica la función que se muestra a continuación:

$$f(h) = \begin{cases} 1 - \frac{(h-h_0)^2}{w^2} & |h - h_0| \leq w \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad [1.3]$$

La función [1.3] es la que empleamos para seguir la metodología HSV.

El tono se mide como el ángulo alrededor del eje S.

El rojo se sitúa a 0°, el verde a los 120° y el azul a los 240°

h representa el tono de la imagen.

h₀ representa el tono o color deseado <labios>, los grados se convierten a radianes empleado en el círculo (0 - PI).

0° ⇔ 0 radianes, Rojo.

120° ⇔ 2.0944 radianes, Verde.

240° ⇔ 4.1888 radianes, Azul.

w representa el grado de detección de rojo como ya lo habíamos explicado anteriormente, sujetos con piel clara tienen un valor **w** más alto, en cambio sujetos con piel morena obtienen un valor **w** más bajo.

En general, la ecuación mencionada anteriormente se hace en la parte del tono de la imagen por lo que al reconstruir la imagen nos queda algo parecido a la foto 9.

Al visualizar el tono de la imagen queda como la foto 10, la foto 11 y 12 no sufren cambios.

13.- La foto 13 de la figura 4 es producto de trabajar con el tono de la imagen obtenida anteriormente, para ello umbralizamos esta foto poniendo a **T** con un valor intermedio de 0.5, empleando la fórmula [1.4];

$T = 0.50;$

$H = H \geq T;$ [1.4]

Todavía nos quedarán algunas manchas indeseables en la imagen.

14.- Es natural que la mancha más grande represente a la boca, por lo que medimos el área de cada mancha, consultar **Apéndice D**;

Con la instrucción *Find* sacaremos las coordenadas de todas las manchas que están en la foto 13 de la figura 4.

La instrucción *bwselect* nos permitirá separar cada una de estas manchas.

Con la instrucción *bwarea* sacaremos el área de estas manchas.

Por último con la variable *VPOS* guardaremos posiciones de cada mancha.

Ya solamente queda determinar cuál es la mancha más grande esto lo podemos determinar buscando el valor más grande.

Como ya sabemos cuáles son los valores más grandes, la tarea resulta muy fácil de lograr.

Una vez determinada la posición del valor más grande desplegamos la boca como se ve en la foto 14 de la fig. 4.

1.2.2.2 Parametrización de Datos

Esta parte es la más sencilla ya que simplemente juntaremos las cejas ojos y boca y procederemos a presentarlas de una manera más simple incorporándolas en una foto completa, se hace esto con el fin obtener datos que serán usados más adelante.

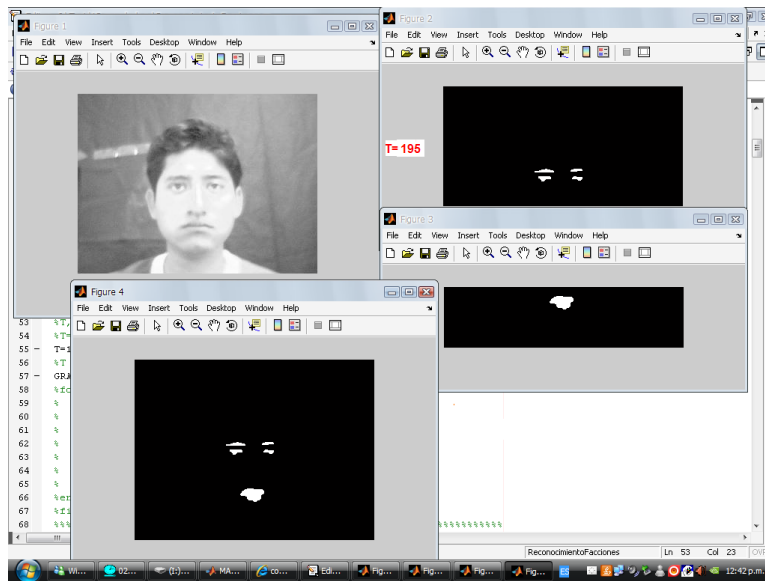


figura 5 Unión de dos metodologías diferentes, cejas ojos y boca.

En la figura 5 se visualiza el trabajo con dos metodologías distintas, las hemos incorporado para mostrar únicamente las partes que nos interesan de la cara del individuo, es decir cejas, ojos y boca.

La siguiente fase es buscar una manera adecuada de guardar los valores que genera cada parte del rostro.

A continuación se dará una explicación de cómo se debe lograr esto;

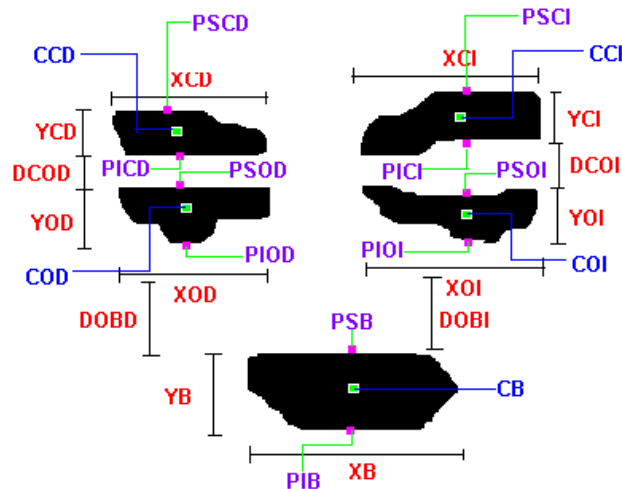


figura 6 Parametrización de los rasgos morfológicos de un sujeto.

La figura 6 indica los valores que se deben tomar en cuenta y que nos servirán para obtener el estado emocional de cada sujeto. Se asignó diferentes combinaciones de letras a cada valor con la finalidad de distinguirlas de las demás, además se muestra la posición que ocupan en los rasgos de la cara de un sujeto, a continuación se mostrarán los valores que emplearemos para nuestro sistema en el siguiente orden:

XOD, YOD, XOI, YOI, XB, YB, PICD, PSCD, PICI, PSCI, PIB, PSB, DCOD, DCOI, DOBD, DOBI.

En total son 16 valores a tomar en cuenta.

No quisimos complicarnos tomando en cuenta los demás valores ya que se considera que esos valores excluidos no aportan mucho para diferenciar cada estado emocional.

Se tiene en cuenta que estos 16 valores tomados en cuenta varían considerablemente en cada expresión facial hecha.

Una vez que introducimos los parámetros de cada foto correctamente, el sistema nos regresa los valores de la siguiente manera (véase figura 7):

1.3 Análisis del Estado Emocional:

Llegados a este punto podemos comenzar a reorganizar nuestra información obtenida para poderla introducir en otro programa que se ha desarrollado en matlab.

El objetivo principal de este programa que hemos desarrollado es determinar en qué estado emocional se encuentra el sujeto, ya sea serio, sonriendo, asombrado, enojado o triste, como ya lo hemos mencionado anteriormente.

Para llegar a un feliz término echaremos mano de algunas herramientas ya desarrolladas en Matlab las cuales tienen que ver con redes neuronales.

Emplearemos una red neuronal tipo Backpropagation, la cual presenta una gran variedad de opciones de configuración, dependiendo de la necesidad de aprendizaje y de la aplicación que estemos desarrollando será como la configuraremos.

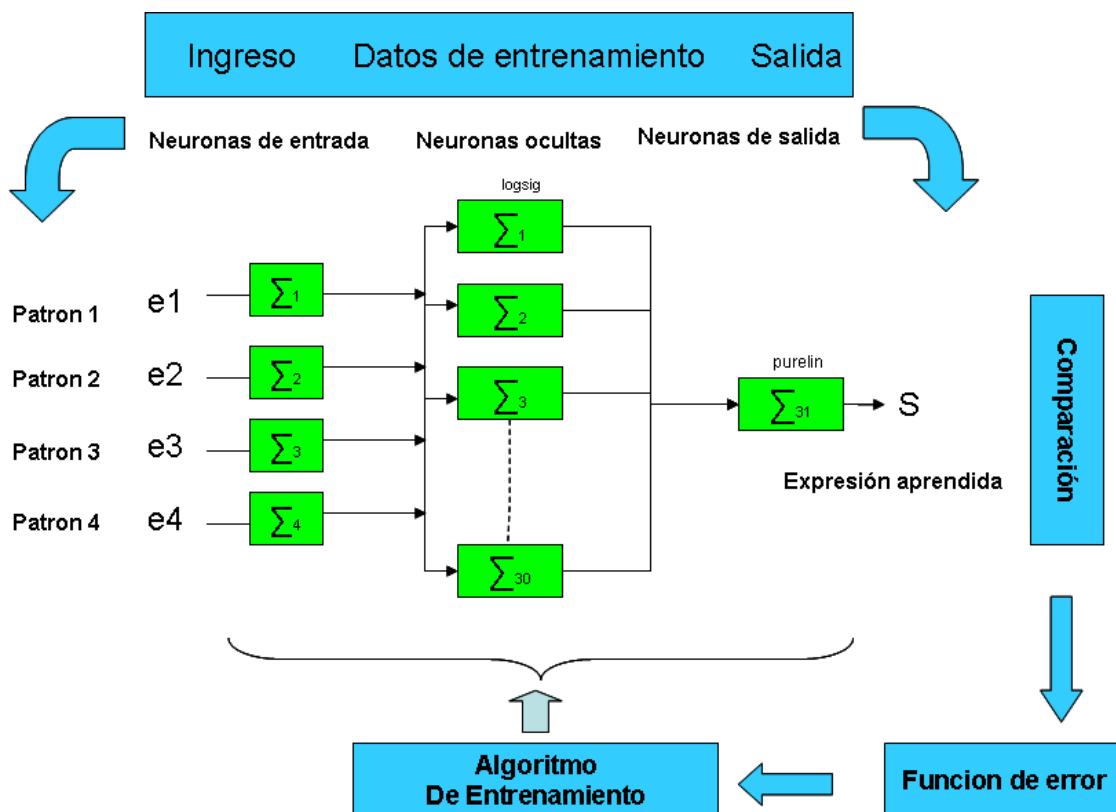


Diagrama 1 Esquema básico de funcionamiento de la red neuronal.

El Diagrama 1 muestra claramente cómo está configurada la red neuronal que emplearemos para reconocer las expresiones faciales que hemos dispuesto. Se ha empleado esta configuración porque es la que nos ha dado mejor resultado y eficiencia.

La función para este caso es `newff`, la cual crea una red tipo Backpropagation, la cual requiere de los siguientes parámetros:

```
net=newff([minmax(input)],[S1 S2],{'logsig' 'purelin'}, 'trainlm', 'learnngdm', 'mse');
```

- `learnngdm`; Se aplicará el entrenamiento basado en Levenberg-Marquard, con factor de aprendizaje variable.
- `minmax (input)`; `input` es nuestro patrón de entrada, del cual se escogerá un mínimo y un máximo, más adelante se explicará cómo debe ser introducido este patrón.
- `S1` y `S2` representan el número de neuronas y capas que meteremos a nuestro sistema, en nuestro caso en la capa 1 usaremos 32 neuronas y en la capa 2 emplearemos 1 neurona.
- `Logsig` y `purelin` son funciones de excitación.

Minmax (Input): Representa los valores mínimos y máximos que podrá tener el patrón de aprendizaje que hemos creado en base a nuestros resultados obtenidos anteriormente.

Cada individuo tiene un patrón de valores en su rostro los cuales son insertados de acuerdo a la figura 9 en forma de columnas, por ejemplo en la figura 9 se ve la tabla para representar la sonrisa, en este caso Ángel, Maricruz, Paty y Ricardo cada uno tiene su propio patrón de valores.

Una vez introducidos en nuestro sistema el algoritmo escogerá el mínimo y el máximo de los 4 individuos y los introducirá en nuestra red neuronal

La función `train` comenzará a entrenar nuestra red, para que pueda reconocer una expresión facial

```
[net,tr]=train(net,P,Target);
```

Target: representa el objetivo al que queremos llegar, hemos estado hablando desde el principio de que nuestro sistema deberá ser capaz de reconocer 5 estados emocionales, en este caso cuando la función `train` entrene nuestra red, tratará de hacer que los valores introducidos converjan a un punto o a una meta la cual será `Target`.

Cada estado emocional será determinado por `Target` el cual se asignará mediante la fórmula [1.5]:

$$T_i = \sum_{m=1}^i \left(\sum_{n=1}^j P(i,j) \right) / 4 \quad [1.5]$$

```
for i=1:16
    T(i)=(enjosn(1,i)+enjosn(2,i)+enjosn(3,i)+enjosn(4,i))/4;
end
```

El algoritmo anterior muestra la codificación de la fórmula propuesta para el Target donde;

n=4, m=16

T_i representa el target u objetivo al que se desea llegar.

P representa los patrones que van a ser tomados en cuenta para entrenar la red neuronal.

m representa el número de variables a ser tomadas en cuenta por la red, en este caso son 16 valores, véase figura 9.

n es el número de patrones en este caso 4

La fórmula anterior saca un promedio de los patrones y los propone como target para que puedan ser empleados por la red neuronal, esto es así para lograr que la red converja rápidamente.

Una vez que hayamos entrenado nuestra red, la red estará capacitada para intentar reconocer alguna expresión que haya hecho x persona.

```
output=sim (net, P);
```

Podremos desplegar la grafica para que nos demos una idea del grado de acercamiento logrado esto lo haremos con la función siguiente:

```
plot(P,T,'o',P,output,'x')
```

A continuación se invita al lector dar una revisión al **Apéndice E** para lograr una comprensión más clara de este capítulo.

El **Apéndice E** muestra el funcionamiento de nuestra red neuronal, gracias al código generado en Matlab es posible lograr un análisis mas exacto de la información obtenida, la red neuronal hará el trabajo por nosotros y nos mostrará de forma más clara las características que genera cada expresión emocional.

2 Planteamiento del problema

Se requiere obtener un sistema en el cual nosotros podamos evaluar las expresiones faciales de los sujetos al ser sometidos a preguntas concretas; el sistema deberá estar basado en visión artificial y generará una serie de valores que nos darán información para determinar el estado emocional del sujeto y en base a esto, podremos efectuar conclusiones acerca del perfil psicológico del sujeto. Este trabajo es un primer acercamiento en el campo de la evaluación de perfiles psicológicos basado en inteligencia artificial, gracias a lo cual obtendremos información valiosa que nos ayudará a sentar las bases para el diseño de una herramienta robusta la cual mediante sucesivas mejoras puede ser usada en varias áreas de la ciencia, como es el estudio de la comprensión del comportamiento humano, entrevistas de trabajo, determinación de enfermedades de la mente, etc.

Las entrevistas de trabajo son a menudo realizadas por psicólogos que son profesionales en el área del comportamiento humano, el lugar de las entrevistas de trabajo está formado por una sala de espera y la oficina o lugar en el que se realizará la entrevista de trabajo.

Muchas veces los profesionales del campo de la psicología se ven abrumados al no contar con herramientas eficaces para ahorrarse el tiempo analizando el comportamiento de cada individuo, peor aún si se trabaja para empresas grandes las cuales a menudo requieren el servicio de estos profesionales. A menudo los psicólogos se ven enfrascados en la tediosa tarea de analizar a cientos de individuos aspirantes a puestos de trabajo de las empresas, por lo que con frecuencia los psicólogos pasan horas analizando a muchos individuos y evaluando sus capacidades intelectuales y emocionales sin otra herramienta de ayuda más que cintas de video, audio así como test psicológicos, por lo que al término de la entrevista el psicólogo debe anotar todas sus impresiones y revisar sus grabaciones, después de haber entrevistado a muchas personas el psicólogo debe pasarse horas revisando cintas de video, audio y sus anotaciones para evaluar las impresiones recibidas.

Aun no existe software que evalúe el comportamiento humano, cuando mucho se tienen programas especializados cuya función es servir de guía al psicólogo, por lo regular estos programas están basados en una serie de preguntas y respuestas las cuales dan como resultado una estadística que posteriormente es evaluada y analizada por el psicólogo. También existen algunos programas que evalúan el comportamiento humano y pueden decidir el estado emocional de una persona empleando para ello la visión artificial, pero son programas con un altísimo costo monetario debido a que todavía son experimentales y están disponibles solo en laboratorios dedicados a la investigación en el campo de la visión artificial. Se tienen también test psicométricos, cintas de video y audio pero en general no existe en el mercado un programa que evalúe expresiones o emociones humanas

y que estén siendo aplicados para el beneficio de las grandes empresas que requieren personal altamente capacitado.

En vista de que se genera imprecisión, tiempo y costo en las entrevistas realizadas por medios tradicionales, todo lo cual ha sido comentado anteriormente, nuestro objetivo principal es obtener un sistema basado en los últimos avances en inteligencia artificial, el cual mediante preguntas realizadas a sujetos nos debe permitir determinar una serie de características propias de un estado emocional gracias a lo cual podremos trazar un perfil psicológico de la persona, esta información será de gran ayuda para el objetivo del trabajo propuesto.

Se requiere determinar una serie de preguntas las cuales deben ser cuidadosamente escogidas para crear un impacto emocional en el sujeto de prueba

También se requiere plantear y determinar cuáles son las mejores condiciones ambientales, como son;

- Determinación de las mejores condiciones de iluminación, probando con distintos tipos de iluminación artificial.

- Fijar y controlar el ambiente que deberá tener el cuarto donde será realizada la entrevista, para la obtención de fotos que sean apropiadas para que nuestro sistema pueda trabajar en ellas.

Se pretende obtener a partir de las fotos una serie de imágenes debidamente tratadas así como la parametrización de cada rasgo facial del sujeto, esto es para facilitar la obtención de una serie de valores característicos de cada estado emocional, los cuales podrán ser evaluados por una red neuronal, dicha red neuronal deberá ser debidamente entrenada para detectar estados emocionales.

Una vez obtenidos cada uno de estos objetivos propuestos podremos realizar un análisis más exacto del perfil psicológico de las personas que sean evaluadas mediante nuestro sistema. El proyecto de investigación que se está llevando a cabo tiene el objetivo de realizar un análisis facial a sujetos que serán futuros empleados de empresas importantes, es imprescindible contar con la información más exacta posible para poder seleccionar los candidatos que a largo plazo serán los más productivos y menos problemáticos para la empresa. Esto incluye la estabilidad mental así como el comportamiento y los rasgos morfológicos adecuados que no sean disparadores de peligro laboral.

Se ha investigado y analizado diferentes fuentes de información, las cuales pueden ser consultadas por el lector las referencias se encuentran en la sección de bibliografía números 15, 16, 17, 18, 19, en ellas se evalúa el hecho de que el rostro humano involuntariamente responde a estímulos externos los cuales pueden ser analizados por un psicólogo especialmente capacitado para evaluar el significado de cada respuesta dada por el sujeto de prueba. En especial se invita al lector realizar una pequeña lectura al material encontrado en la bibliografía número 19.

Es necesario determinar cuál será la estrategia que emplearemos para resolver cada uno de los problemas que surgirán al intentar llegar a nuestra meta por lo que plantearemos la manera en que abordaremos cada problema que vaya surgiendo a lo largo del proyecto, dichos problemas son;

¿Cómo Obtener Cejas y Ojos?

¿Cómo obtener la Boca?

¿Cómo realizar el entrenamiento de la red neuronal para efectuar el reconocimiento de rasgos morfológicos humanos?

¿Cómo Obtener Cejas y Ojos?

Cerradura, Erosión, Dilatación

En el caso de ojos y cejas empleamos una metodología basada en una buena iluminación y aplicación de fondo negro esto hace que los ojos y cejas queden bien marcados al momento de convertir la foto al blanco y negro además aplicamos algunas técnicas de Operaciones Morfológicas como son cerradura, erosión, dilatación las cuales nos permiten acentuar todavía más esos rasgos de la cara además de disminuir los errores que se generan, al momento de detectar rasgos morfológicos de la cara.

Posteriormente se realiza un etiquetado de cada rasgo facial para finalmente realizar un barrido de toda la imagen guardando las posiciones de cada rasgo morfológico en un vector para finalmente presentar las cejas y los ojos.

¿Cómo Obtener la Boca?

HSV

Para la parte de la boca es necesario aplicar una estrategia muy diferente, hay un cambio de paradigma en la cual empleamos el modelo HSV, el cual es menos sensible al cambio de la luz.

El filtro HSV detecta el grado de rojo de la boca y como sabemos esto logra una detección correcta en base a que la boca tiende a tener más rojo que el rostro en general.

¿Cómo realizar el entrenamiento de la red neuronal para efectuar el reconocimiento de rasgos morfológicos humanos?

Obtener todos los parámetros de la cara del sujeto, para a continuación ordenar esa información adecuadamente e introducirla en una red neuronal tipo Backpropagation, la cual presenta una gran variedad de opciones de configuración, dependiendo de la necesidad de aprendizaje y de la aplicación que estemos desarrollando será como la configuraremos. Esta red neuronal nos dará una serie de estadísticas graficas las cuales podremos interpretar de forma más eficaz y confiable.

3 Propuesta de Solución

La metodología empleada para la solución del problema planteado en este trabajo de tesis es Top-Down, ya que nos permite describir las partes principales de nuestro diseño empezando de forma general hasta adentrarnos en los detalles del diseño.

Separaremos cada fase del diseño, de tal manera que en cada modulo explicaremos la estrategia a seguir para que podamos abordar el problema en cuestión, básicamente cada fase ha sido nombrado con algún nombre acorde al problema o cuestión que se esté tratando; a continuación se muestra cada fase, así mismo se muestra la manera en que debe resolverse cada una de ellas:

Material Empleado En esta fase se describe el material y las condiciones que vamos a requerir para lograr nuestro objetivo.

Fases del Sistema.- Esta parte se divide en tres módulos.

Sesión de Preguntas y Toma de Fotos.- Haremos preguntas básicas y tomaremos fotos con una cámara web.

Localización y Parametrización de Cejas, Ojos y Boca.- Básicamente intentaremos localizar cejas ojos y boca así como sus respectivos valores para realizar un posterior análisis de la información generada.

Análisis del Estado Emocional.- La información obtenida en el módulo anterior es esencial para llevar a cabo el análisis.

Tablas de valores obtenidas a partir de un rostro.- Esta fase nos muestra valores que podemos obtener del rostro de un sujeto y cómo relacionar de manera adecuada esa información. Para que podamos trabajarla con una red neuronal. Necesariamente la tabla de valores es obtenida después de realizar la Localización y Parametrización de Cejas, Ojos y Boca.

Demostración de funcionamiento de la red neuronal.- La fase anterior es necesaria para que podamos efectuar la demostración de la red neuronal, una vez que hayamos obtenido un sistema que nos permita obtener los valores que nos pide la fase anterior estaremos en condiciones de realizar la demostración por medio de una red neuronal. Aquí se explica cómo podemos solucionar esta parte del diseño del sistema.

Hasta el momento se ha realizado una breve descripción de cada módulo; a continuación se muestra cada módulo descrito con un nivel de detalle mayor, para dar una idea de cómo solucionar el problema en cuestión.

3.1 Material empleado:

- Un cuarto especialmente preparado para la realización de nuestra investigación, el cuarto está equipado con buena iluminación, esta parte es sumamente importante para el buen funcionamiento del software, se recomienda emplear focos de 100 watts ya que proporcionan muy buena luz o en su defecto se puede emplear el equipo usado en estudios profesionales fotográficos.
- Silla de espera.
- Una cámara, la cual deberá ser colocada enfrente del sujeto de prueba.
- Fondo negro el cual puede ser una tela o simplemente un cuarto pintado de negro.
- El escritorio donde se sentará el entrevistador.
- Para el análisis de todas las fotos emplearemos el software matlab r2007a el cual será útil para hacer el análisis del rostro y decidir el estado emocional del sujeto bajo prueba.

Reunidas todas estas condiciones podemos llevar a cabo el objetivo que es, analizar el rostro de una persona en base a fotos y preguntas, el programa decidirá qué estado emocional tiene el sujeto en el momento en que se le hacen preguntas.

3.2 Fases del Sistema

El Sistema en General consta de 3 fases:

- 3.2.1 Sesión de Preguntas y Toma de Fotos.
- 3.2.2 Localización y Parametrización de Cejas, Ojos y Boca.
- 3.2.3 Análisis de Estado Emocional.

El siguiente Diagrama muestra de una manera más sencilla las fases que componen nuestro sistema

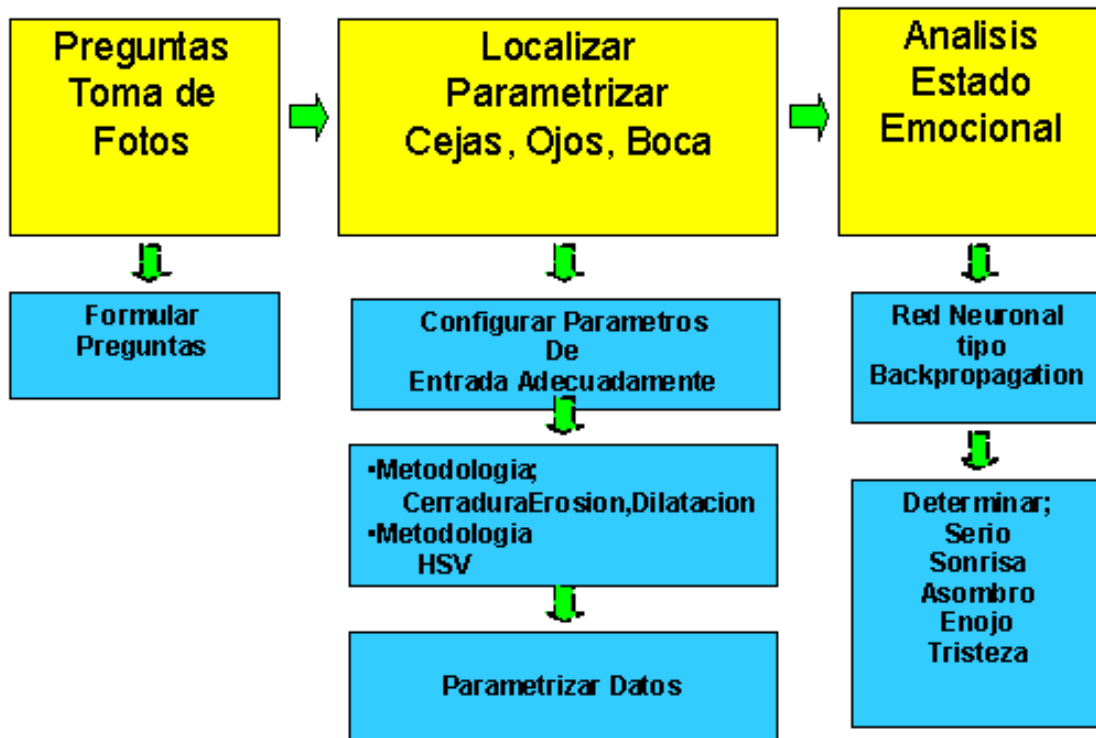


Diagrama 2: Visión general del proyecto por medio de un diagrama de bloques.

- 3.2.1 Sesión de Preguntas y Toma de Fotos;** Se hacen preguntas al sujeto y se le toman fotos con la cámara web la cual capturará varias instantáneas del rostro del sujeto bajo prueba en el momento de hacersele preguntas para analizar posteriormente esa información, se deben tomar en cuenta todas las restricciones que hemos venido mencionando para que las fotos no tengan problemas a la hora de ser procesadas por el sistema desarrollado. Las preguntas se hacen en base a las que se han aprobado con el fin de lograr un mejor desempeño del sistema.
- 3.2.2 Localización y Parametrización de Cejas, Ojos y Boca;** En este módulo se procesan todas las fotos obtenidas del sujeto, como resultado el sistema regresará una serie de valores los cuales se emplearán posteriormente para ser analizados por una red neuronal. Tal y como se ve en el diagrama 1, es importante configurar los parámetros de entrada adecuadamente, el sistema emplea dos metodologías, la primera aplica Cerradura Erosión y Dilatación en la parte de los ojos y cejas del sujeto y la segunda metodología aplica HSV a la boca.
- 3.2.3 Análisis de Estado Emocional;** Analizamos los resultados obtenidos en el segundo módulo por medio de una red neuronal, al analizar estos valores se obtendrán una serie de gráficas las cuales nos darán una idea del estado emocional en el que se encuentra el individuo en cuestión.

3.3 Tablas de valores obtenidas a partir de un rostro

Las tablas mostradas a continuación, dan cuenta de los resultados obtenidos al aplicar la parametrización de los componentes del rostro de varios individuos, en este caso decidimos presentar un pequeño grupo el cual es el más representativo. El grupo está compuesto de cuatro individuos a los cuales se les ha aplicado la parametrización de cada componente de sus rostros con el sistema que hemos desarrollado, el sistema arroja los datos que se muestran en la tabla los cuales son muy útiles para poder pasar a la siguiente etapa que es analizar el estado emocional en base a los resultados obtenidos en la etapa de parametrización de datos.

El mismo grupo de individuos seleccionados se presenta en distintas tablas las cuales dan cuenta de diferentes estados emocionales en los que se encuentra el grupo escogido para las pruebas.

Serios	Angel	Maricruz	Paty	Ricardo
XOD	153.953	117.542	149.031	132.253
YOD	62.355	50.223	83.883	33.944
XOI	147.083	115.314	138.229	124.391
YOI	41.626	4.145	59.395	34.652
XB	247.783	105.799	300.349	277.497
YB	108.908	86.268	12.432	107.301
PICD	1.071.645	1.343.069	1.296.547	1.186.109
PSCD	1.021.688	1.316.931	1.273.453	1.135.682
PICI	1.026.547	1.331.154	1.270.496	1.201.282
PSCI	1.003.453	1.303.391	1.243.904	116.524
PIB	1.525.684	1.751.705	1.848.909	173.573
PSB	1.416.776	1.665.438	1.724.589	1.628.429
DCOD	32.872	36.819	8.422	56.919
DCOI	46.988	37.264	9.142	64.726
DOBD	249.904	235.326	259.939	351.457
DOBI	301.615	25.557	303.278	32.777

Tabla 1 Se han obtenido los 16 valores del rostro de 4 sujetos en base a la seriedad.

Sonrisas	Angel	Maricruz	Paty	Ricardo
XOD	147.908	91.979	15.077	144.026
YOD	59.789	50.536	80.332	38.588
XOI	155.582	109.482	138.792	124.068
YOI	39.916	33.726	55.472	34.547
XB	369.749	229.381	356.954	35.785
YB	221.577	73.298	83.792	87.559
PICD	1.017.272	1.356.547	1.284.629	1.199.797
PSCD	961.279	1.333.453	1.253.496	114.75
PICI	956.547	1.336.547	1.256.547	1.239.652
PSCI	933.453	1.313.453	1.233.453	1.205.237
PIB	152.064	1.755.129	1.824.925	1.731.044
PSB	1.299.063	1.681.831	1.741.133	1.643.485
DCOD	42.834	4.495	7.585	5.408
DCOI	70.239	5.659	75.886	66.523
DOBD	179.169	229.798	300.322	351.021
DOBI	232.361	254.968	353.227	302.763

Tabla 2 Se han obtenido los 16 valores del rostro de 4 sujetos en base a la sonrisa.

Asombros	Angel	Maricruz	Paty	Ricardo
XOD	15.056	102.553	156.074	116.956
YOD	48.023	41.443	84.988	42.292
XOI	122.652	103.691	139.949	134.284
YOI	32.258	26.652	56.077	3.425
XB	240.942	132.621	321.407	336.413
YB	148.285	65.365	192.838	72.013
PICD	1.130.806	1.300.948	1.270.988	1.185.827
PSCD	1.078.083	127.429	1.241.644	112.391
PICI	1.088.413	1.286.547	1.236.547	1.190.493
PSCI	1.059.365	1.263.453	1.213.453	1.154.623
PIB	1.694.776	1.683.502	1.881.769	174.609
PSB	1.546.491	1.618.137	168.893	1.674.077
DCOD	45.371	5.433	7.24	49.243
DCOI	66.837	58.022	75.248	65.109
DOBD	322.291	221.416	260.554	396.714
DOBI	358.983	246.917	321.059	384.225

Tabla 3 Se han obtenido los 16 valores del rostro de 4 sujetos en base al asombro.

Enojos	Angel	Maricruz	Paty	Ricardo
XOD	145.557	131.215	166.048	130.353
YOD	53.884	50.072	86.565	33.686
XOI	74.176	129.021	149.163	133.718
YOI	43.501	43.798	62.508	33.238
XB	19.132	248.055	287.121	263.543
YB	55.217	60.946	102.662	105.985
PICD	1.131.566	1.171.301	1.350.168	1.278.002
PSCD	1.086.081	1.143.182	1.317.283	1.229.379
PICI	1.086.547	1.180.513	1.326.631	1.325.688
PSCI	1.063.453	1.154.942	1.296.595	128.013
PIB	1.608.197	1.640.743	1.911.652	182.655
PSB	155.298	1.579.797	180.899	1.720.565
DCOD	32.159	35.365	47.186	36.065
DCOI	44.619	46.982	50.865	41.443
DOBD	335.371	323.059	325.071	372.813
DOBI	378.313	308.504	368.986	320.196

Tabla 4 Se han obtenido los 16 valores del rostro de 4 sujetos en base al enojo.

Tristezas	Angel	Maricruz	Paty	Ricardo
XOD	166.485	81.911	226.538	171.058
YOD	4.256	42.068	37.072	39.186
XOI	141.282	80.829	77.909	125.577
YOI	32.177	23.094	28.007	4.232
XB	96.372	168.228	342.245	293.041
YB	31.501	129.791	131.659	121.318
PICD	1.158.386	1.370.496	1.317.456	1.328.693
PSCD	111.128	1.343.904	1.264.339	1.268.371
PICI	1.096.547	1.330.953	127.514	1.346.524
PSCI	1.073.453	1.305.714	1.229.527	130.817
PIB	1.658.023	1.783.523	1.989.916	1.909.011
PSB	1.626.522	1.653.732	1.858.257	1.787.693
DCOD	56.083	4.487	153.258	49.586
DCOI	68.247	5.25	170.231	59.239
DOBD	369.492	196.298	350.471	370.227
DOBI	429.552	247.185	384.879	339.609

Tabla 5 Se han obtenido los 16 valores del rostro de 4 sujetos en base a la tristeza.

Los resultados obtenidos al editar la información mostrada en las tablas anteriores en nuestra red neuronal han sido convincentes, se logró obtener un rendimiento aceptable, cada prueba logra un acercamiento con el conjunto de patrones a reconocer.

Por patrón se entiende a aquel conjunto de 16 valores que representan una determinada expresión, dicho patrón puede ser obtenido por distintas caras humanas.

3.4 Demostración de funcionamiento de la Red Neuronal

En esta fase se emplean cuatro patrones distintos, es decir cuatro individuos haciendo el mismo gesto para cada estado emocional, además se emplea un patrón de validación y un patrón de prueba para verificar la validez de la red neuronal.

La red neuronal emplea cuatro neuronas de entrada, treinta neuronas en la capa oculta y una neurona de salida.

A continuación se muestra la construcción de la red neuronal.

```
net = newff ([min max],[S2 S3],{'logsig' 'purelin'}, 'trainlm', 'learnngdm', 'mse');%es  
log para hacer que me de resultados comprendidos entre 0 y 1  
net = init(net);
```

El código anterior hace uso de la variante trainlm basada en Levenberg-Marquard, con factor de aprendizaje variable debido a que es un algoritmo que converge con mayor rapidez.

Cada neurona de entrada representa un Patrón de valores (16 valores) que describen en su totalidad el estado emocional que se desea evaluar en ese momento.

La salida representa un objetivo al cual la red neuronal pretende llegar en este caso debería ser un patrón estándar del gesto seriedad, es decir el patrón estándar contiene una serie de valores intermedios producto de la combinación de los patrones de entrada como ya se explicó en la ecuación 1.

Se hace esto con el fin de lograr que la red neuronal converja hacia un resultado más rápidamente ya que inicialmente teníamos la meta de hacer que la red neuronal convergiera hacia una combinación de 1's y 0's, pero la práctica de este método ha demostrado que al ser muchos valores la red neuronal tiende a divergir en muchos casos, por lo que se optó por lograr un objetivo estándar producto de la combinación de cada patrón de entrada.

Al hacer esto logramos que la red neuronal converja hacia el resultado deseado más rápidamente

El error deseado es de 0.0001

Se estableció un ciclo de 1000 épocas para asegurar que la red converja

Las figuras mostradas a continuación muestran por la línea de las X's los patrones de entrada y por la línea de las Y's el target delimitado [0-1].

A continuación se muestra el factor asombro, la figura 8a representa un grupo de individuos en el momento de mostrar asombro, se ha parametrizado la información recibida.

La figura 8b muestra la validación por medio de un individuo de ese mismo grupo tomado como base y la figura 8c muestra el grado de acercamiento usando un individuo que no pertenece al grupo.

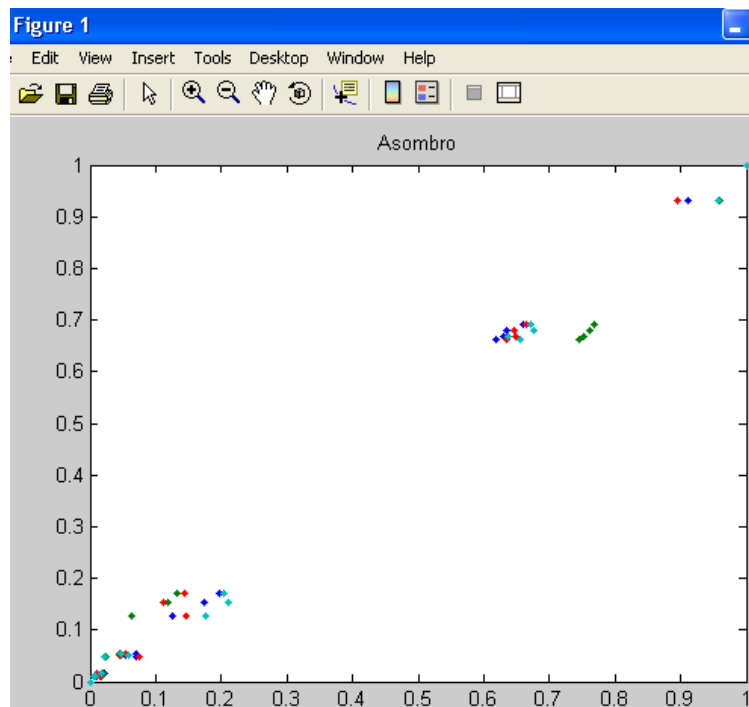


figura 8a Se realiza el entrenamiento de la red metiendo un grupo de valores que pertenecen al estado emocional asombro, cada color es el rostro de un sujeto.

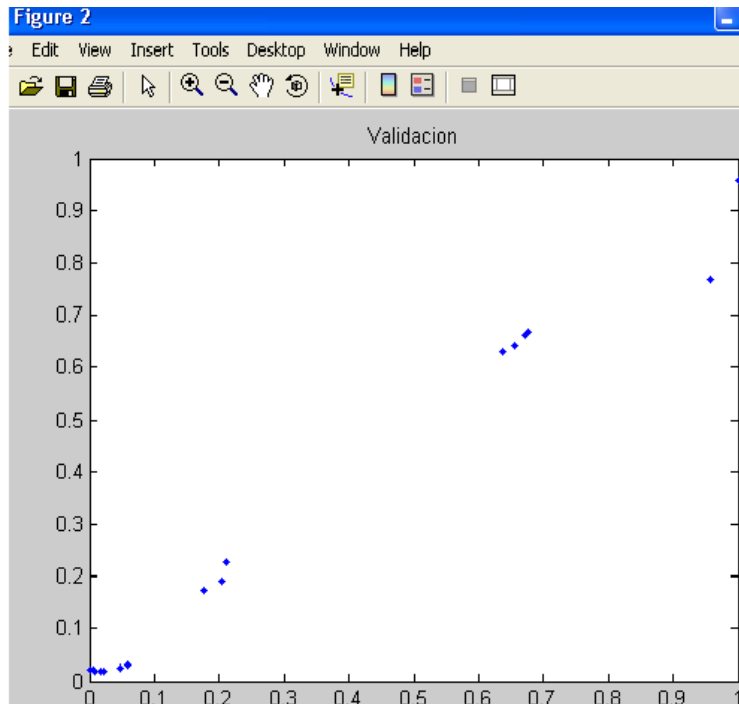


figura 8b Se efectúa la validación del entrenamiento de la red metiendo un grupo de valores ya entrenado.

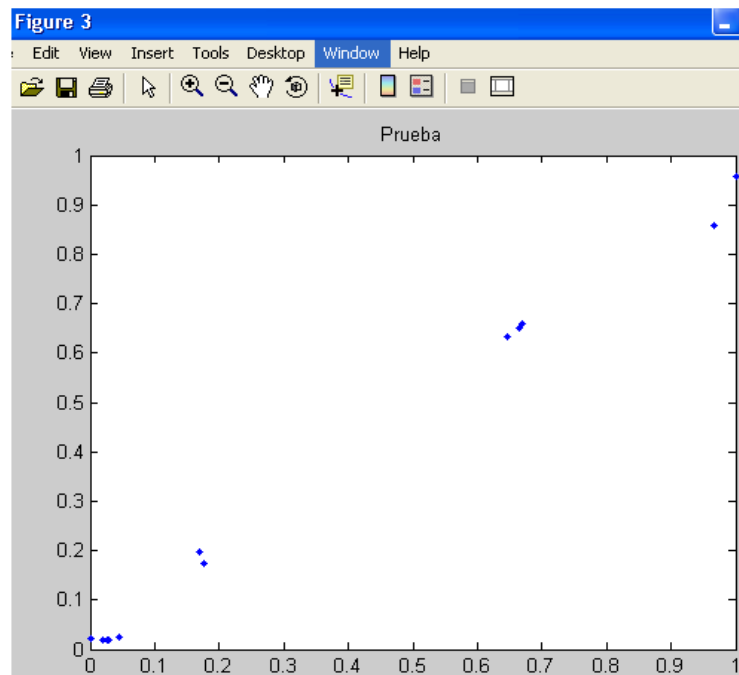


figura 8c Se hace una prueba de la red metiendo una serie de valores que no ha sido entrenado.

A continuación se muestra el factor enojo, se ve la gran diferencia con respecto a las figuras anteriores, los valores se muestran más cerrados entre sí, especialmente los valores intermedios.

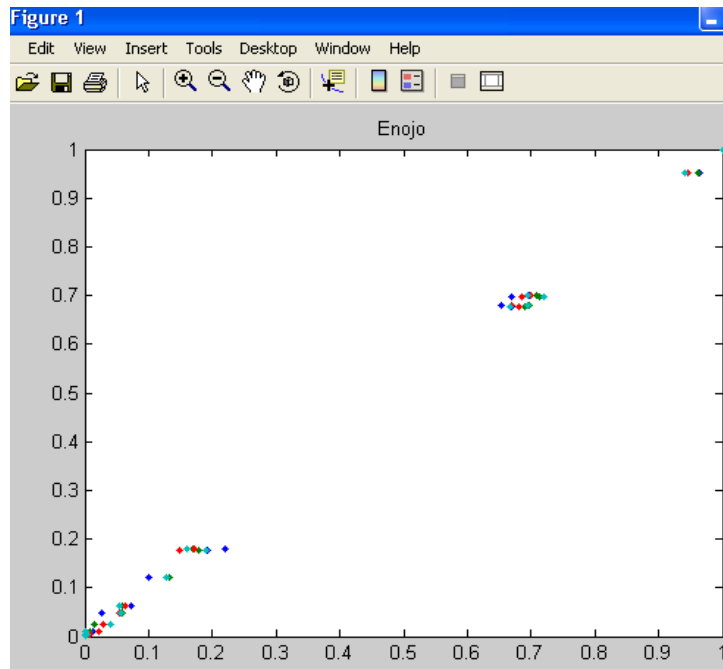


figura 9a Se realiza el entrenamiento de la red metiendo un grupo de valores que pertenecen al estado emocional enojo, cada color es el rostro de un sujeto.

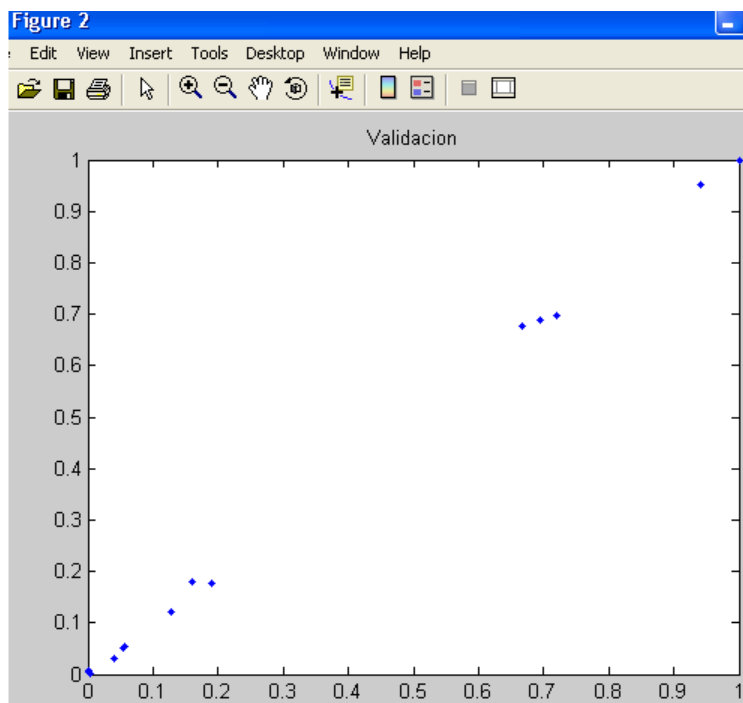


figura 9b Se efectúa la validación del entrenamiento de la red metiendo un grupo de valores ya entrenado.

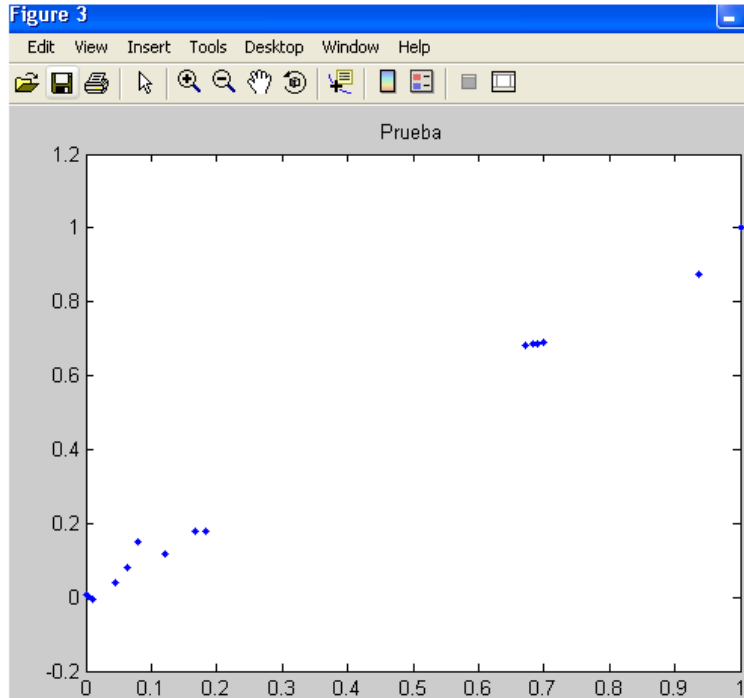


figura 9c Se hace una prueba de la red metiendo una serie de valores que no ha sido entrenado.

El factor tristeza mostrado en la figura 10a muestra valores curvados y dispersos a lo largo de las X's.

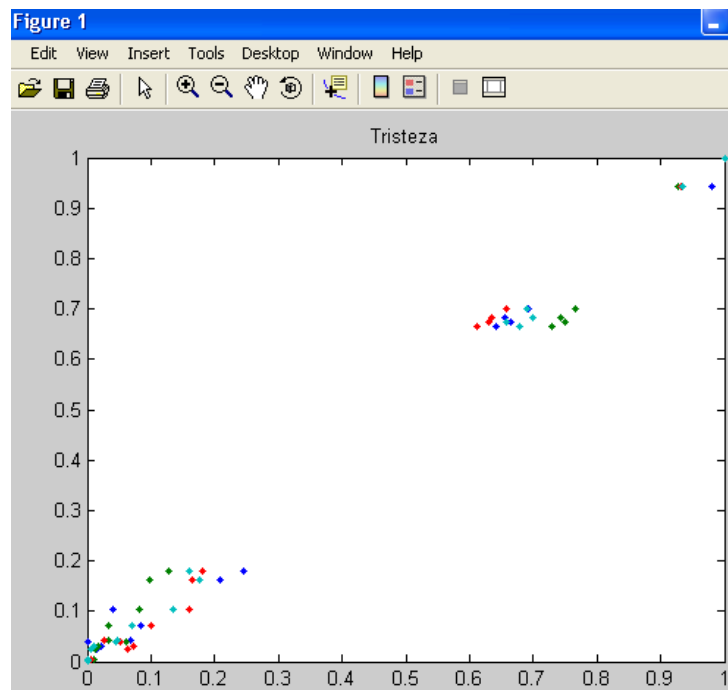


figura 10a.- Se realiza el entrenamiento de la red metiendo un grupo de valores que pertenecen al estado emocional enojo, cada color es el rostro de un sujeto.

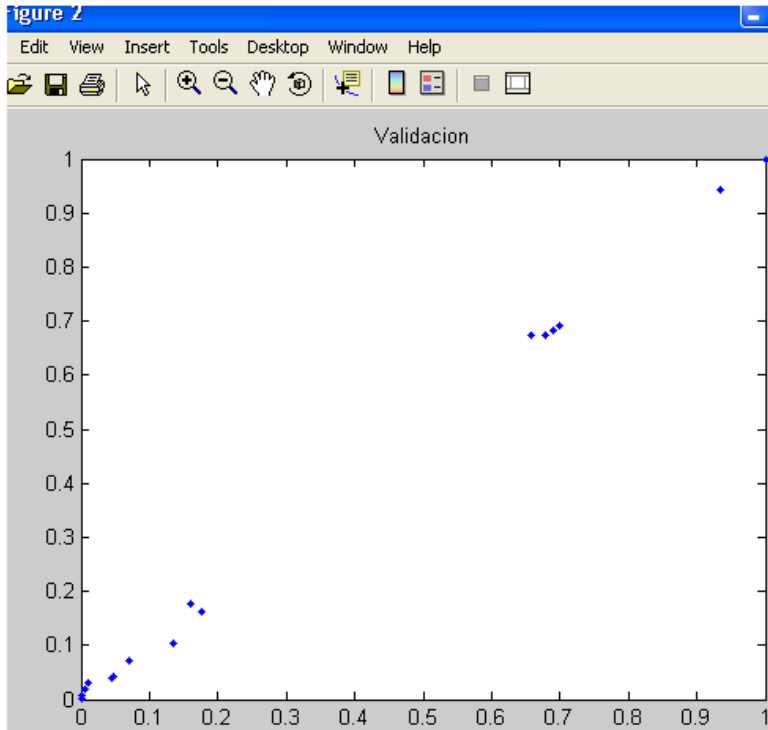


figura 10b Se efectúa la validación del entrenamiento de la red metiendo un grupo de valores ya entrenado.

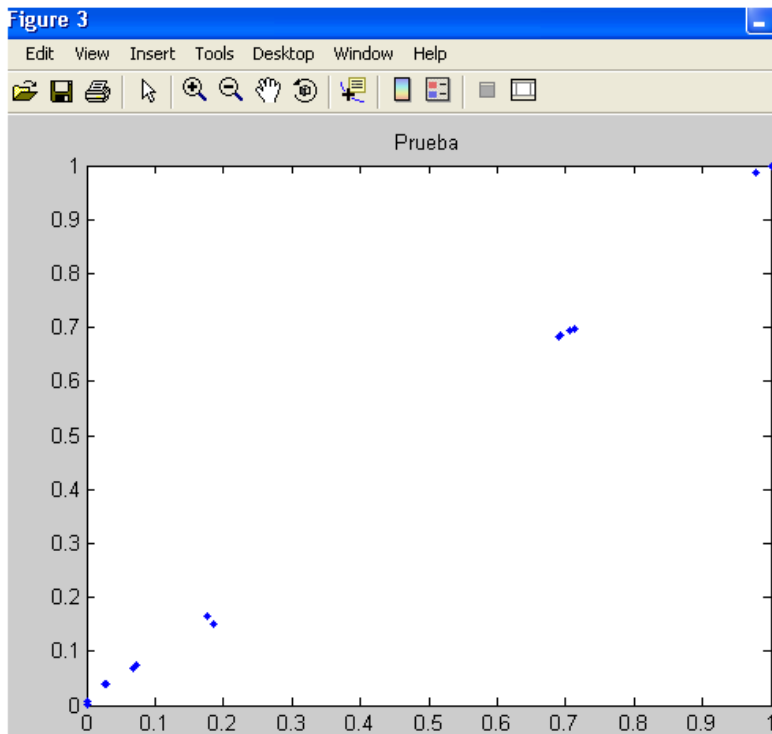


figura 10c Se hace una prueba de la red metiendo una serie de valores que no ha sido entrenado.

La información recabada permite distinguir cada expresión emocional, y permite demostrar la validez del trabajo llevado a cabo, se podría lograr una mayor diferenciación entre cada Estado Emocional metiendo más patrones de entrada a la red neuronal para el entrenamiento de la misma, esto beneficiará mucho la red ya que la exactitud mejorará y se podrán visualizar más claramente las diferencias pertinentes a cada Estado Emocional.

4 Experimentos y Pruebas

A continuación se muestra una serie de experimentos y pruebas con la finalidad de demostrar la validez de los estudios efectuados.

4.1 Experimentos

Se hicieron tres experimentos en los cuales se intenta esclarecer el modo en el que debe funcionar nuestra red neuronal, se tomaron en cuenta varias situaciones, por ejemplo el número de neuronas óptimo que debía ser usado para lograr que la red convergiera más rápidamente, se tomó en cuenta la forma en que debían ser introducidos los datos obtenidos en el modulo de parametrización de datos.

La diferencia más apreciable entre los tres experimentos radica en la forma en que asociamos los patrones y objetivos a la red neuronal, se tienen varias configuraciones pero es claro que no todas son adecuadas, por lo que estuvimos experimentando cuál era la configuración que nos convenía para el caso.

La tabla 6 corresponde a la forma en que trabaja el experimento 1, muestra la forma en que asociamos los patrones y objetivos a la red neuronal, siendo su característica más apreciable que íbamos metiendo cada patrón y su correspondiente target, esta configuración es muy sencilla y muy rápida a la hora de intentar un aprendizaje.

La tabla 7 corresponde al experimento 2, y muestra que asociamos patrones de dos en dos a cada target. Trabaja muy bien, pero la red neuronal tarda en llegar a una meta.

La tabla 8 corresponde al experimento 3, esta tabla muestra una asociación de 5 patrones a un objetivo.

Se hicieron algunos experimentos más, pero estos tres son los más representativos y los que mejores resultados dieron, además de mostrar algunas propiedades interesantes pero que al final solo sirvieron para guiarnos a un modelo de red neuronal más adecuado y con una asociación de patrones más adecuada para la resolución del problema.

Serie	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo	Sonias	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo
XOB	153.96	117.54	149.01	132.25	XOB	147.908	91.979	15.077	144.026
YOB	62.356	50.223	83.883	33.944	YOB	69.789	50.536	80.332	38.688
XOI	147.083	115.314	138.22	124.391	XOI	165.682	109.482	138.792	124.068
XOI	41.626	47.423	59.595	36.692	XOI	369.749	229.361	356.954	35.765
YB	247.783	105.799	300.345	277.497	YB	221.577	109.959	108.929	89.859
YB	108.908	86.268	12.432	107.301	YB	1.017.272	1.356.547	1.284.629	1.199.797
PICD	1.021.688	1.316.931	1.273.455	1.135.682	PICD	961.279	333.453	1.253.496	114.75
PICD	1.026.547	1.331.154	1.270.496	1.201.282	PICD	956.547	336.547	1.256.547	1.239.65
PSCI	1.003.453	1.303.391	1.243.904	116.524	PSCI	933.453	313.453	1.233.453	1.205.297
PIB	1.525.684	1.751.705	1.848.909	173.533	PIB	1.152.984	1.755.129	1.824.926	131.044
PSB	1.416.776	1.665.438	1.724.586	1.628.429	PSB	1.299.063	1.681.831	1.741.153	1.643.485
DCOD	32.872	36.819	8.42	56.919	DCOD	42.834	4.495	7.565	5.468
DCOI	46.988	37.264	9.14	64.726	DCOI	70.239	5.659	75.886	66.623
DOBD	249.904	235.526	259.939	351.457	DOBD	179.169	259.798	300.322	351.021
DOBI	303.614	25.547	303.614	327.47	DOBI	323.361	254.969	353.271	302.763

Serie	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo	Sonias	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo
XOB	15.055	102.553	196.074	116.958	XOB	145.65	131.215	166.048	130.353
YOB	48.023	41.443	84.988	42.292	YOB	53.884	50.072	86.565	33.686
XOI	122.652	103.691	139.949	134.264	XOI	74.176	129.021	149.163	133.718
XOI	32.258	26.652	56.077	42.25	XOI	43.501	43.798	62.508	33.238
YB	240.942	132.621	321.407	336.413	YB	19.132	240.955	287.121	263.543
YB	148.206	65.369	192.838	72.013	YB	55.217	60.946	102.662	105.985
PICD	1.130.806	1.300.948	1.270.988	1.186.627	PICD	1.131.566	1.171.301	1.350.168	1.279.02
PICD	1.078.083	127.429	1.241.644	112.391	PICD	1.066.081	1.143.182	1.317.283	1.229.379
PSCI	1.089.413	1.265.547	1.236.547	1.190.493	PSCI	1.086.547	1.180.513	1.326.631	1.325.688
PSCI	1.069.365	1.263.453	1.213.453	1.154.623	PSCI	1.063.453	1.154.942	1.286.595	128.013
PIB	1.694.776	1.883.502	1.881.769	174.629	PIB	1.608.197	1.640.743	1.911.652	182.655
PSB	1.546.491	1.618.137	169.893	1.621.077	PSB	1.55.298	1.579.797	180.899	1.720.565
DCOD	45.371	5.433	7.24	49.243	DCOD	32.159	35.365	47.186	36.065
DCOI	66.837	58.022	75.248	65.109	DCOI	44.619	46.882	50.865	41.443
DOBD	322.291	221.416	260.654	356.714	DOBD	336.371	323.059	325.071	372.813
DOBI	359.957	246.917	321.069	384.225	DOBI	378.313	308.504	368.986	300.196

Serie	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo	Sonias	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo
XOB	166.495	81.911	226.536	171.058	XOB	147.908	91.979	15.077	144.026
YOB	4.256	42.068	37.072	39.186	YOB	69.789	50.536	80.332	38.688
XOI	141.282	80.829	77.909	125.577	XOI	165.682	109.482	138.792	124.068
XOI	32.177	23.084	28.077	4.232	XOI	369.749	229.361	356.954	35.765
YB	96.372	168.228	342.245	293.041	YB	221.577	73.298	83.792	87.659
YB	31.501	129.791	131.659	121.318	YB	1.017.272	1.356.547	1.284.629	1.199.797
PICD	1.158.386	1.370.496	1.317.456	1.328.693	PICD	961.279	333.453	1.253.496	114.75
PICD	1.111.129	1.343.904	1.264.391	1.268.371	PICD	956.547	336.547	1.256.547	1.239.65
PICI	1.086.547	1.330.953	127.514	1.346.524	PICI	933.453	313.453	1.233.453	1.205.297
PSCI	1.073.453	1.305.714	1.229.527	130.617	PSCI	1.063.453	1.154.942	1.286.595	128.013
PIB	1.658.023	1.783.523	1.989.916	1.909.011	PIB	1.608.197	1.640.743	1.911.652	182.655
PSB	1.626.522	1.653.732	1.888.257	1.787.693	PSB	1.55.298	1.579.797	180.899	1.720.565
DCOD	56.083	4.487	153.258	49.586	DCOD	32.159	35.365	47.186	36.065
DCOI	68.247	25	170.231	59.239	DCOI	44.619	46.882	50.865	41.443
DOBD	369.452	196.288	360.471	370.227	DOBD	336.371	323.059	325.071	372.813
DOBI	429.552	247.185	384.979	339.609	DOBI	378.313	308.504	368.986	300.196

1 0 0 0
0 1 0 0
0 0 1 0
0 0 0 1
0 0 0 0

T
Se introduce un conj. y su T correspondiente, la desventaja es clara tengo que estar configurando T cada que meto un conjunto, este comportamiento no es deseable

Tabla 6 Entrenamiento de patrones de uno en uno

Serie	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo	Sonias	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo
XOB	153.96	117.54	149.01	132.25	XOB	147.908	91.979	15.077	144.026
YOB	62.356	50.223	83.883	33.944	YOB	69.789	50.536	80.332	38.688
XOI	147.083	115.314	138.22	124.391	XOI	165.682	109.482	138.792	124.068
XOI	41.626	47.423	59.595	36.692	XOI	369.749	229.361	356.954	35.765
YB	247.783	105.799	300.345	277.497	YB	221.577	109.959	108.929	89.859
YB	108.908	86.268	12.432	107.301	YB	1.017.272	1.356.547	1.284.629	1.199.797
PICD	1.021.688	1.316.931	1.273.455	1.135.682	PICD	961.279	333.453	1.253.496	114.75
PICD	1.026.547	1.331.154	1.270.496	1.201.282	PICD	956.547	336.547	1.256.547	1.239.65
PSCI	1.003.453	1.303.391	1.243.904	116.524	PSCI	933.453	313.453	1.233.453	1.205.297
PIB	1.525.684	1.751.705	1.848.909	173.533	PIB	1.152.984	1.755.129	1.824.926	131.044
PSB	1.416.776	1.665.438	1.724.586	1.628.429	PSB	1.299.063	1.681.831	1.741.153	1.643.485
DCOD	32.872	36.819	8.42	56.919	DCOD	42.834	4.495	7.565	5.468
DCOI	46.988	37.264	9.14	64.726	DCOI	70.239	5.659	75.886	66.623
DOBD	249.904	235.526	259.939	351.457	DOBD	179.169	259.798	300.322	351.021
DOBI	303.614	25.547	303.614	327.47	DOBI	323.361	254.969	353.271	302.763

Serie	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo	Sonias	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo
XOB	15.055	102.553	196.074	116.958	XOB	145.65	131.215	166.048	130.353
YOB	48.023	41.443	84.988	42.292	YOB	53.884	50.072	86.565	33.686
XOI	122.652	103.691	139.949	134.264	XOI	74.176	129.021	149.163	133.718
XOI	32.258	26.652	56.077	42.25	XOI	43.501	43.798	62.508	33.238
YB	240.942	132.621	321.407	336.413	YB	19.132	240.955	287.121	263.543
YB	148.206	65.369	192.838	72.013	YB	55.217	60.946	102.662	105.985
PICD	1.130.806	1.300.948	1.270.988	1.186.627	PICD	1.131.566	1.171.301	1.350.168	1.279.02
PICD	1.078.083	127.429	1.241.644	112.391	PICD	1.066.081	1.143.182	1.317.283	1.229.379
PSCI	1.089.413	1.265.547	1.236.547	1.190.493	PSCI	1.086.547	1.180.513	1.326.631	1.325.688
PSCI	1.069.365	1.263.453	1.213.453	1.154.623	PSCI	1.063.453	1.154.942	1.286.595	128.013
PIB	1.694.776	1.883.502	1.881.769	174.629	PIB	1.608.197	1.640.743	1.911.652	182.655
PSB	1.546.491	1.618.137	169.893	1.621.077	PSB	1.55.298	1.579.797	180.899	1.720.565
DCOD	45.371	5.433	7.24	49.243	DCOD	32.159	35.365	47.186	36.065
DCOI	66.837	58.022	75.248	65.109	DCOI	44.619	46.882	50.865	41.443
DOBD	322.291	221.416	260.654	356.714	DOBD	336.371	323.059	325.071	372.813
DOBI	359.957	246.917	321.069	384.225	DOBI	378.313	308.504	368.986	300.196

Serie	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo	Sonias	Angel	Mariacruz	Paty	Ricardo
XOB	166.495	81.911	226.536	171.058	XOB	147.908	91.979	15.077	144.026
YOB	4.256	42.068	37.072	39.186	YOB	69.789	50.536	80.332	38.688
XOI	141.282	80.829	77.909	125.577	XOI	165.682	109.482	138.792	124.068
XOI	32.177	23.084	28.077	4.232	XOI	369.749	229.361	356.954	35.765
YB	96.372	168.228	342.245	293.041	YB	221.577	73.298	83.792	87.659
YB	31.501	129.791	131.659	121.318	YB	1.017.272	1.356.547	1.284.629	1.199.797
PICD	1.158.386	1.370.496	1.317.456	1.328.693	PICD	961.279	333.453	1.253.496	114.75
PICD	1.111.129	1.343.904	1.264.391	1.268.371	PICD	956.547	336.547	1.256.547	1.239.65
PICI	1.086.547	1.330.953	127.514	1.346.524	PICI	933.453	313.453	1.233.453	1.205.297
PSCI	1.073.453	1.305.714	1.229.527	130.617	PSCI	1.063.453	1.154.942	1.286.595	128.013
PIB	1.658.023	1.783.523	1.989.916	1.909.011	PIB	1.608.197	1.640.743	1.911.652	182.655
PSB	1.626.522	1.653.732	1.888.257	1.787.693	PSB	1.55.298	1.579.797	180.899	1.720.565
DCOD	56.083	4.487	153.258	49.586	DCOD	32.159	35.365	47.186	36.065
DCOI	68.247	25	170.231	59.239	DCOI	44.619	46.882	50.865	41.443
DOBD	369.452	196.288	360.471	370.227	DOBD	336.371	323.059	325.071	372.813
DOBI	429.552	247.185	384.979	339.609	DOBI	378.313	308.504	368.986	300.196

1 1 == T1
0 1 == T2
1 0 == T3
0 0 == T4
-1 -1 == T5

Tabla 7 Entrenamiento de patrones en conjuntos de dos

Sexos	Angel	Marieliz	Paty	Ricardo	Sexos	Angel	Marieliz	Paty	Ricardo
XOD	153.953	117.542	149.031	132.253	XOD	147.938	91.979	15.077	144.028
YOD	52.355	50.223	83.863	32.944	YOD	59.789	50.536	80.332	36.588
XOI	147.083	115.314	138.229	124.391	XOI	155.582	109.482	138.792	124.068
YOI	41.626	4.145	59.395	34.652	YOI	39.916	33.726	55.472	34.547
XB	247.783	105.799	300.349	277.497	XB	369.749	229.381	356.954	35.785
YB	108.908	86.268	12.432	107.301	YB	221.577	73.298	83.792	87.559
PICD	1.071.645	1.343.069	1.296.547	1.186.109	PICD	1.017.272	1.356.547	1.284.629	1.199.797
PSCD	1.021.888	1.316.931	1.273.453	1.135.682	PSCD	961.279	1.333.453	1.253.496	114.75
PICI	1.026.547	1.331.154	1.270.496	1.201.262	PICI	956.547	1.336.547	1.256.547	1.239.652
PSCI	1.003.453	1.303.391	1.243.904	119.524	PSCI	930.453	1.313.453	1.233.453	1.205.237
PIB	1.525.884	1.751.705	1.849.909	173.572	PIB	152.064	1.795.129	1.824.925	1.731.044
PSB	1.416.776	1.665.438	1.724.589	1.628.423	PSB	1.395.988	1.688.988	1.733.163	1.653.988
DCOD	32.872	36.819	8.422	56.919	DCOD	42.834	4.495	7.585	5.408
DCOI	46.988	37.264	9.142	64.728	DCOI	70.239	5.659	75.886	66.523
DOBD	249.904	235.326	259.939	351.457	DOBD	179.169	229.798	300.322	351.021
DOBI	301.615	25.557	313.278	32.777	DOBI	232.361	254.968	353.227	302.763

Asombros	Angel	Marieliz	Paty	Ricardo	Enojos	Angel	Marieliz	Paty	Ricardo
XOD	15.056	102.553	156.074	116.956	XOD	145.557	131.253	108.040	130.353
YOD	48.023	41.443	84.988	42.292	YOD	59.004	50.072	86.555	33.686
XOI	122.652	103.691	139.949	134.284	XOI	74.176	129.021	149.163	133.718
YOI	32.258	26.652	56.077	3.425	YOI	43.501	43.798	62.508	33.238
XB	240.942	132.621	321.407	336.413	XB	19.132	248.055	287.121	263.543
YB	148.205	85.395	193.838	73.018	YB	65.217	80.946	102.862	105.558
PICD	1.130.006	1.300.949	1.270.986	1.105.627	PICD	1.131.585	1.171.301	1.350.168	1.218.002
PSCD	1.078.083	1.27.429	1.241.644	112.391	PSCD	1.086.081	1.143.182	1.317.283	1.229.379
PICI	1.088.413	1.286.547	1.236.547	1.190.493	PICI	1.086.547	1.180.513	1.326.631	1.325.688
PSCI	1.059.365	1.263.453	1.213.453	1.154.623	PSCI	1.063.453	1.154.942	1.299.695	128.013
PIB	1.694.776	1.683.502	1.881.769	174.609	PIB	1.608.197	1.640.743	1.911.652	182.655
PSB	1.546.491	1.618.137	1.688.893	1.674.077	PSB	155.296	1.579.797	1.80.899	1.720.565
DCOD	45.371	5.433	7.24	49.243	DCOD	32.159	35.565	47.186	36.065
DCOI	56.837	58.022	75.248	65.109	DCOI	44.619	46.592	50.865	41.443
DOBD	322.391	221.416	360.554	396.714	DOBD	335.371	323.059	325.071	372.813
DOBI	358.983	246.917	321.059	384.225	DOBI	378.313	308.504	368.986	320.196

Tristezas	Angel	Marieliz	Paty	Ricardo
XOD	186.402	81.911	226.530	171.059
YOD	4.256	42.068	37.072	39.186
XOI	141.282	80.629	77.909	125.577
YOI	32.177	23.094	28.007	4.232
XB	96.372	168.228	342.245	293.041
YB	31.501	129.791	131.659	121.318
PICD	1.158.386	1.370.496	1.317.456	1.328.693
PSCD	111.126	1.343.904	1.264.339	1.268.371
PICI	1.096.547	1.330.953	127.514	1.346.534
PSCI	1.073.453	1.305.714	1.229.527	130.817
PIB	1.658.023	1.783.523	1.989.916	1.909.011
PSB	1.626.522	1.653.732	1.858.257	1.787.693
DCOD	56.083	4.487	153.258	49.586
DCOI	68.247	5.25	170.231	59.239
DOBD	369.492	196.298	350.471	370.227
DOBI	429.552	247.185	384.879	339.609

- 1 0 0 0 == T1
- 0 1 0 0 == T2
- 0 0 1 0 == T3
- 0 0 0 1 == T4
- 0 0 0 0 == T5

Tabla 8 Entrenando 5 patrones que corresponden a cada estado emocional

La interpretación de los experimentos es simple, los círculos denotan el valor a ser aprendido, en este caso los valores tienen que ver con los valores asignados a cada parte del rostro del sujeto bajo prueba, las cruces denotan el grado de aproximación de la red neuronal.

4.1.1 Experimento 1

Se llevó a cabo este experimento con la finalidad de comprobar si los datos proporcionados por cada gesto del usuario eran factibles de converger en una red neuronal.

Para lograr esto simplemente se eligió al azar una muestra de datos y se les aplicó un entrenamiento en la red neuronal, se intenta detectar la misma muestra con la finalidad de comprobar la precisión con la que la red neuronal trabaja, basta decir que se probaron muchas maneras pero la figura 11 es la que mejor resultado proporcionó.

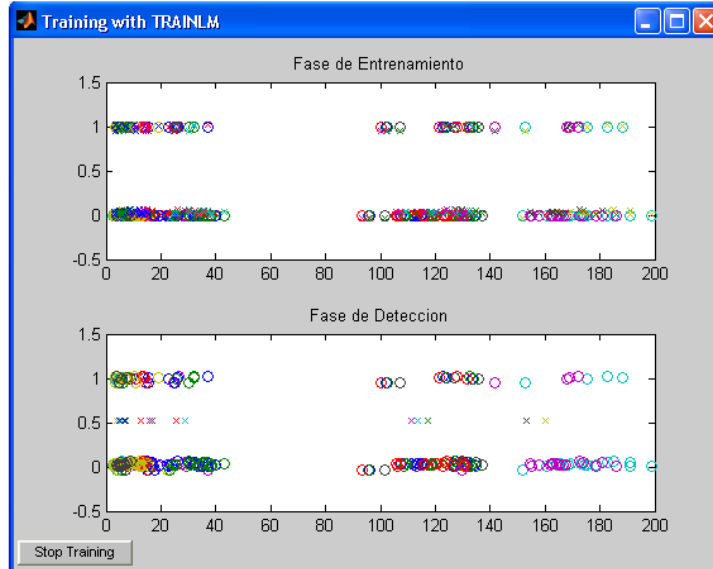


figura 11 Representa un patrón en común que tienen 4 personas

Se aplicó el entrenamiento basado en Levenberg-Marquard, con un factor de aprendizaje variable, en la figura 11 se visualizan los límites establecidos, [0-1], la red neuronal logra la detección de esos patrones de aprendizaje, el problema es que esta red neuronal logra un aprendizaje adecuado hasta las 100 épocas, lo cual hace que la red sea un poco lenta.

La forma de trabajo fue la siguiente:

Se establecieron metas predeterminadas que representaran un estado emocional

- [1 0 0 0] ↔ serio
- [0 1 0 0] ↔ sonrisa
- [0 0 1 0] ↔ asombro
- [0 0 0 1] ↔ enojo
- [0 0 0 0] ↔ tristeza

El objetivo es que los patrones de valores introducidos a la red neuronal converjan a cualquiera de las metas establecidas anteriormente, lo cual nos dará a entender que la red neuronal ha sido entrenada, como ya lo habíamos mencionado esta característica tiene la desventaja de ser un poco lenta, debido a que los patrones introducidos tienen dificultades para poder llegar a la meta, por lo que se necesitan demasiadas iteraciones para entrenar la red neuronal.

4.1.2 Experimento 2

Se intentó entrenar a la red metiendo todos los cinco estados emocionales al mismo tiempo, y también definiendo 5 metas para que cada estado emocional converja a una meta definida con el fin de ver si la red neuronal soporta y será capaz de entrenar esa información, se obtuvieron resultados buenos pero es demasiado tardado, el sistema tarda por lo menos media hora o más en entrenar y converger la información.

A continuación se muestran distintas configuraciones de red neuronal, así como los resultados obtenidos:

Resultados Entrenamiento Para Reconocer los 5 Estados Emocionales de 4 individuos diferentes

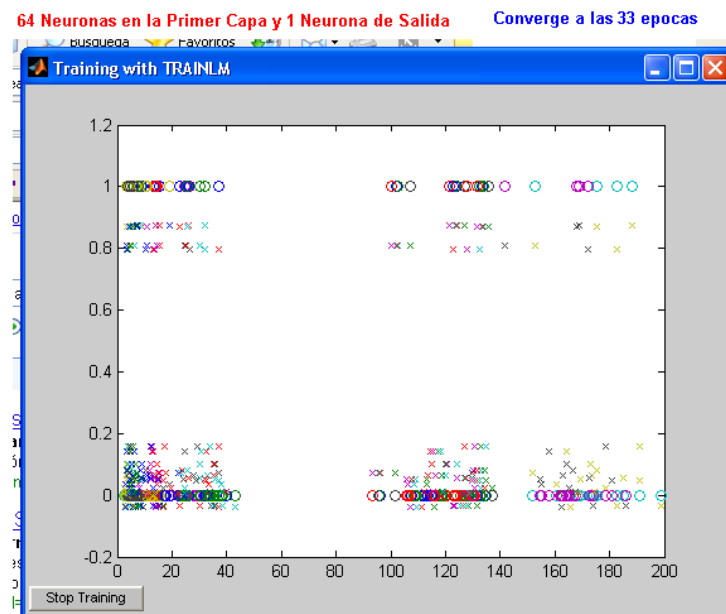


figura 12a Cuatro patrones de valores los cuales representan a cuatro personas, con la finalidad de reconocer los cinco estados emocionales.

Como lo indica la figura 12a esta red está configurada por 64 neuronas en la primer capa 1 una neurona de salida, la red neuronal converge a las 33 épocas, la aproximación es bastante buena.

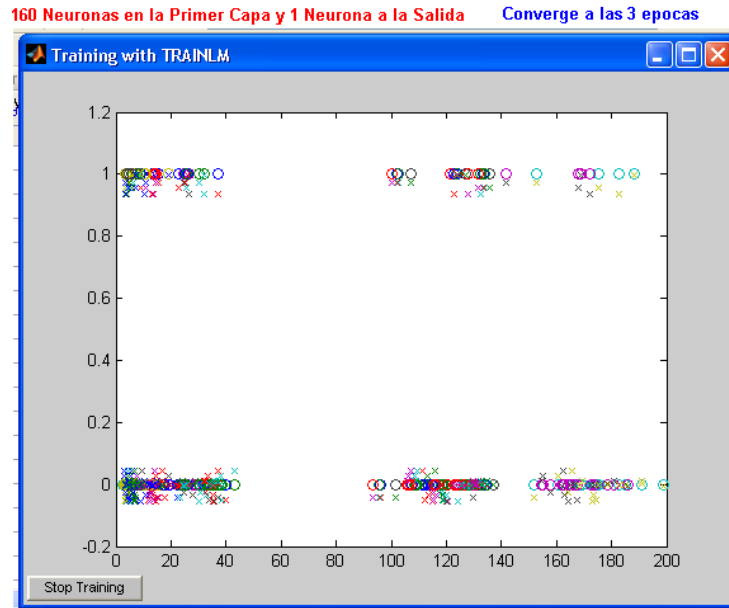


figura 12b Cuatro patrones de valores los cuales representan a cuatro personas, con la finalidad de reconocer los cinco estados emocionales.

La figura 12b emplea 160 neuronas en la primera capa y una neurona de salida, esta red converge a las 3 épocas.

Las dos figuras anteriores emplean muchos recursos de la computadora para lograr el entrenamiento, además se vió que este tipo de configuración no es lo adecuado para el proyecto, por lo que se intentó resolver el problema por otra vía.

La figura 12b es un poco más rápida que la figura 12a.

4.1.3 Experimento 3

El propósito de este experimento fue ver la ventaja de entrenar cada estado emocional por separado cada uno con su propia red neuronal, se obtuvieron mejores resultados, pero se encontró que se necesitaba encontrar una manera de introducir la información en forma más simple además de que se necesitó cambiar aun más la arquitectura de la red ya que es inadecuada para reconocer conjuntos de patrones nuevos que no hayan sido entrenados previamente.

Los Resultados Fueron Obtenidos Para Cada Estado Emocional, Se Usan 32 Neuronal en la Primer Capa y 1 Neurona de Salida

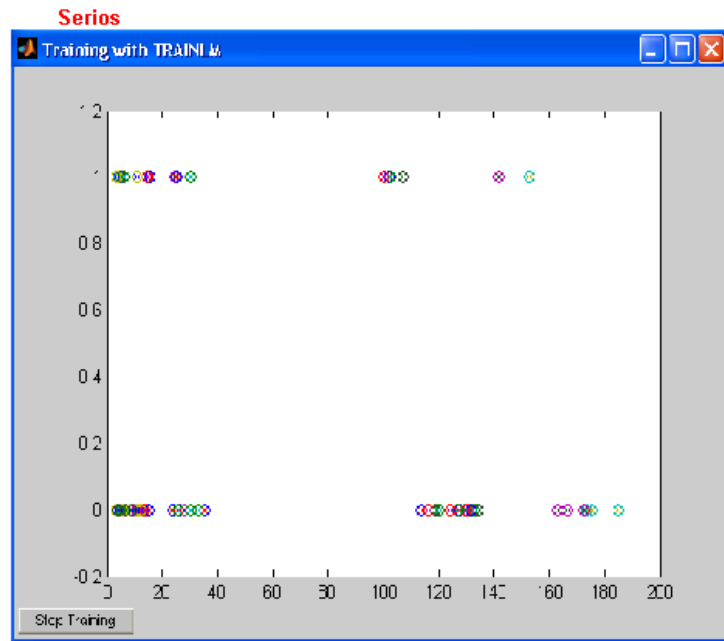


figura 13a Entrenamiento del estado emocional serio.

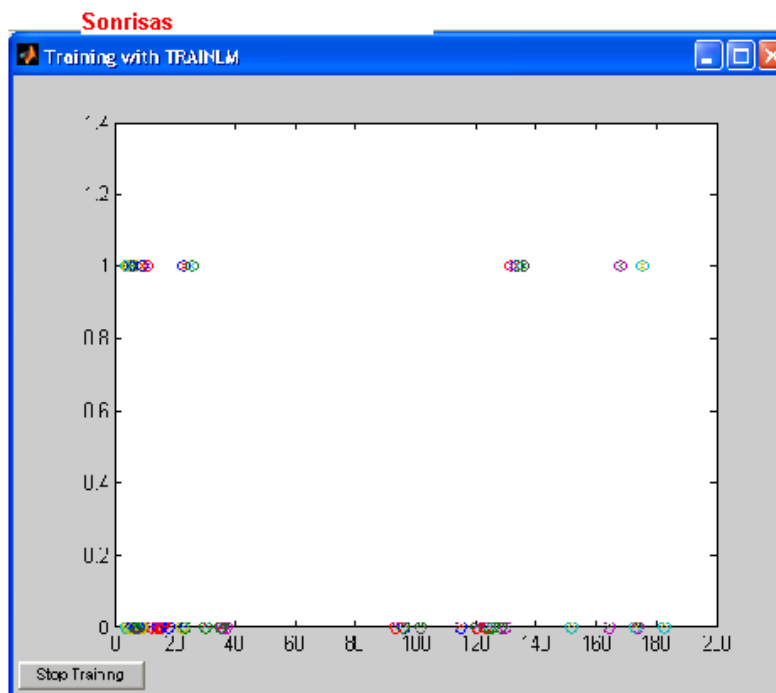


figura 13b Entrenamiento del estado emocional sonrisa.

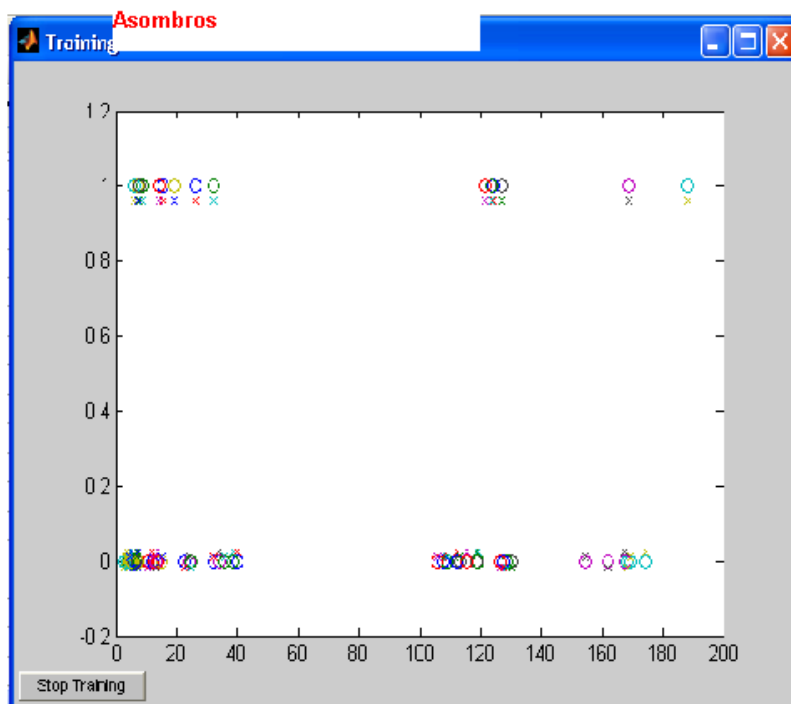


figura 13c Entrenamiento del estado emocional asombro.

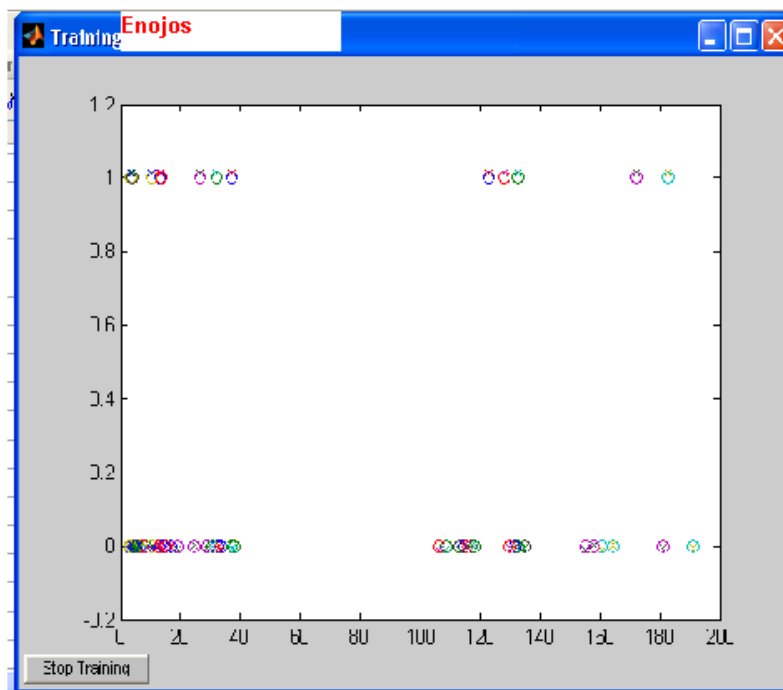


figura 13d Entrenamiento del estado emocional enojo.

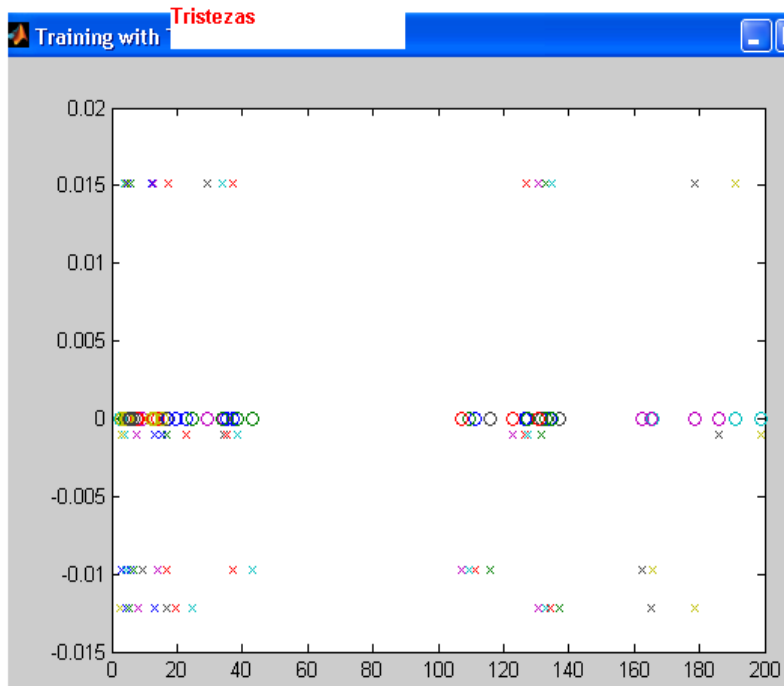


figura 13e Entrenamiento del estado emocional tristeza.

La idea básica es entrenar cada estado emocional por separado, se intenta introducir varios patrones de entrada pertenecientes a individuos diferentes, cada individuo muestra el mismo estado emocional que los demás.

Las gráficas mostradas de la figuras series 13a, 13b, 13c, 13d, 13e, muestran la validez de este método solo que aún es inadecuado para los propósitos que se desean por lo que se ha continuado con la búsqueda de una configuración más adecuada para el proyecto de investigación.

4.2 PRUEBAS

A continuación se proporcionan las pruebas llevadas a cabo con 1 persona a la cual se le sometió a un proceso de preguntas para la consiguiente evaluación de su estado emocional.

Se recomienda que antes de realizar la sesión de preguntas se prepare al sujeto estableciendo un clima de confianza para que no se sienta tenso y pueda reaccionar de manera más natural a las preguntas que se hagan.

4.2.1 Prueba 1

Esta prueba se realiza para validar el correcto funcionamiento de todo el sistema en general, además se intenta demostrar que la red neuronal realmente está aprendiendo, en base al conjunto de datos que vamos agregando.

En esta prueba necesitamos conocer si con la pregunta elegida generamos seriedad en el sujeto, tomando en cuenta que el entrevistador debe imprimir el tono de voz adecuado y el ambiente necesario para lograr en este caso un ambiente de seriedad.

Pregunta:

¿Cuántos años tiene?

Resultado:

Al ser cuestionado con esta pregunta la persona ha respondido con una emoción básica que es la seriedad.

En la figura 14a, se ve la expresión seriedad en la primera foto debidamente graficada la cual muestra el conjunto de patrones que hemos tomado en cuenta para establecer una base con el fin de entrenar nuestra red neuronal, además de que se pueden visualizar las fotos de validación y de prueba, las cuales muestran un grado de aprendizaje muy bueno por parte de nuestra red neuronal.

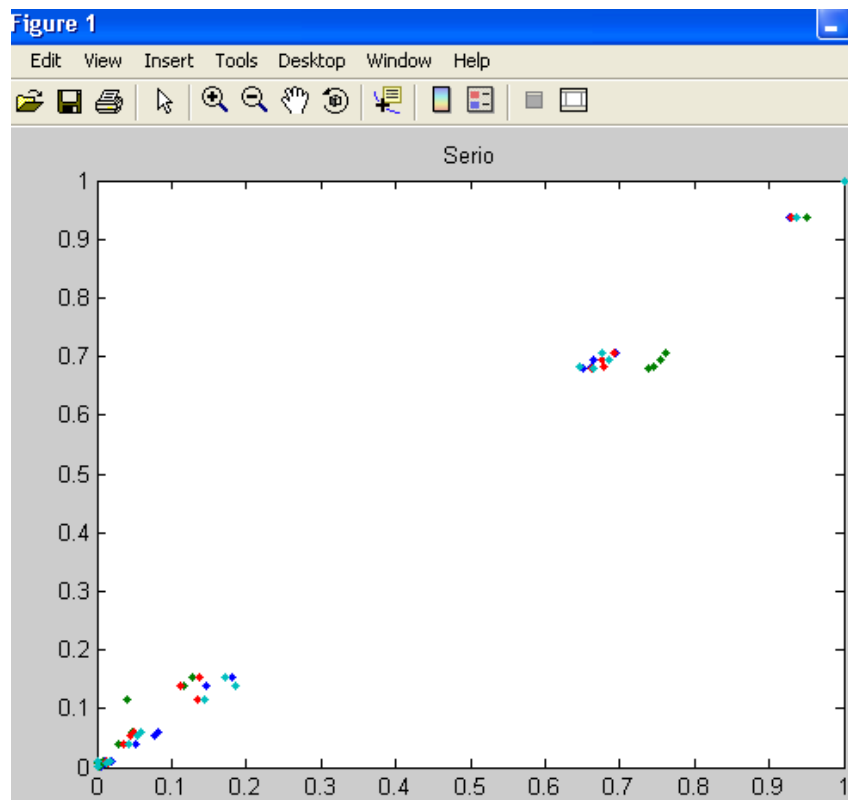


figura 14a Se realiza el entrenamiento de la red neuronal metiendo un grupo de valores que pertenecen al estado emocional serio, cada color es el rostro de un sujeto.

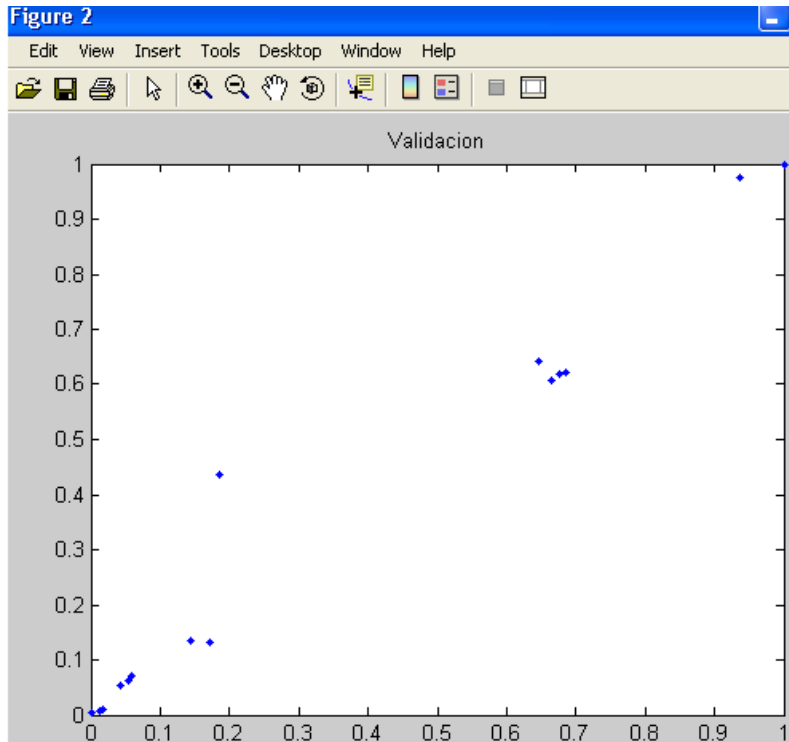


figura 14b Se efectúa la validación del entrenamiento de la red neuronal metiendo un grupo de valores ya entrenado.

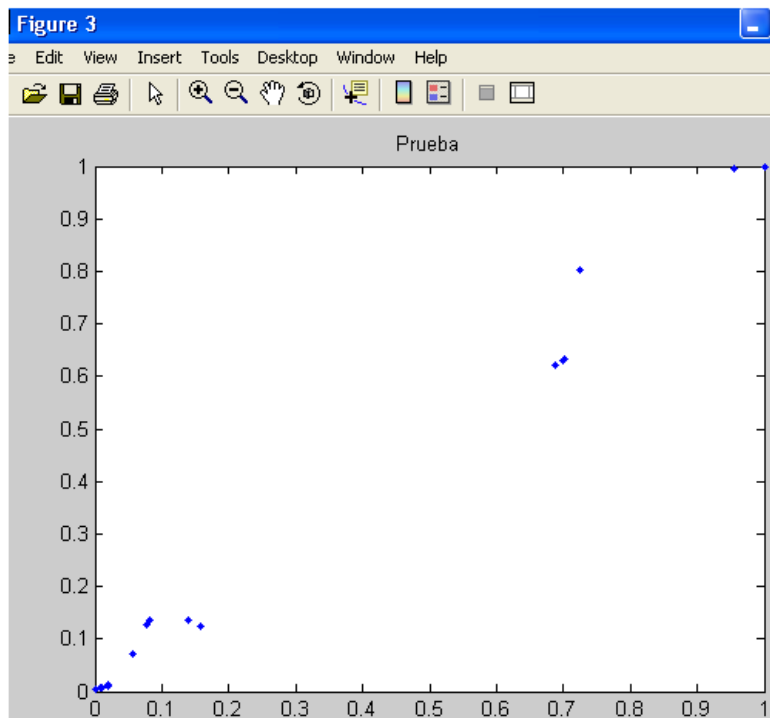


figura 14c Se hace una prueba de la red neuronal metiendo una serie de valores que no ha sido entrenado.

Las figuras 14a, 14b, 14c, muestran valores obtenidos de los rasgos faciales de varios sujetos, los valores han sido normalizados para asegurar un aprendizaje más rápido de la red neuronal.

En el eje de las x's se muestran los parámetros obtenidos de los sujetos de prueba, y en el eje de las y's se muestra la meta a la que debemos llegar para lograr el entrenamiento.

En la figura 14a se muestra como se lleva a cabo el entrenamiento seleccionando un conjunto de parámetros de varias personas las cuales son introducidas una a una en la red neuronal.

La figura 14b muestra la validación de el entrenamiento llevado a cabo, en esta parte seleccionamos un conjunto de valores de entre los que usamos para entrenar la red neuronal, el comportamiento deberá ser semejante al de el entrenamiento.

Posteriormente en la figura 14c introducimos un nuevo conjunto de valores que no ha sido empleado para entrenar la red neuronal, con la finalidad de ver si la red neuronal es capaz de mostrar un comportamiento parecido a las figuras anteriores, como podrán ver el resultado de la prueba es parecida salvo algunas pequeñas variaciones, por lo que el reconocimiento se ha llevado a cabo con éxito.

4.2.2 Prueba 2

Esta segunda prueba se realiza para confirmar el funcionamiento del sistema, además de verificar la validez de la pregunta escogida, en este caso estamos evaluando la sonrisa del sujeto de prueba, para ello hemos requerido relajar mucho el ambiente y además de efectuar las preguntas que hemos escogido para el caso.

Pregunta:

¿Cuál es su religión? ¿Usted frecuenta la iglesia?

El individuo bajo prueba no pudo hacer más que sonreír y decirnos la religión a la que pertenecía.

Resultado:

Se puede apreciar en la figura 15a una diferencia con la figura 14a, los valores suministrados difieren mucho, se nota que el conjunto de valores intermedios se dispersan a lo largo de las X's.

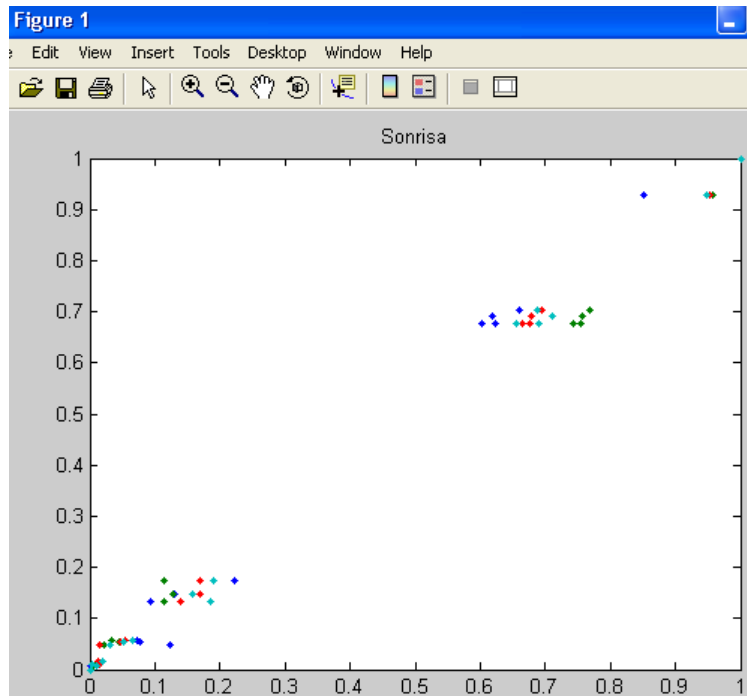


figura 15a Se realiza el entrenamiento de la red neuronal metiendo un grupo de valores que pertenecen al estado emocional sonrisa, cada color es el rostro de un sujeto.

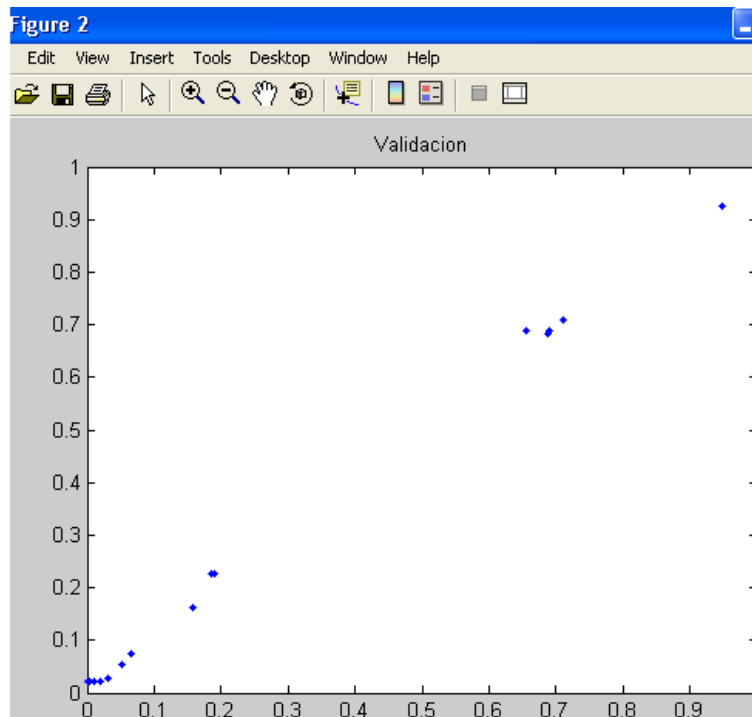


figura 15b Se efectúa la validación del entrenamiento de la red neuronal metiendo un grupo de valores ya entrenado.

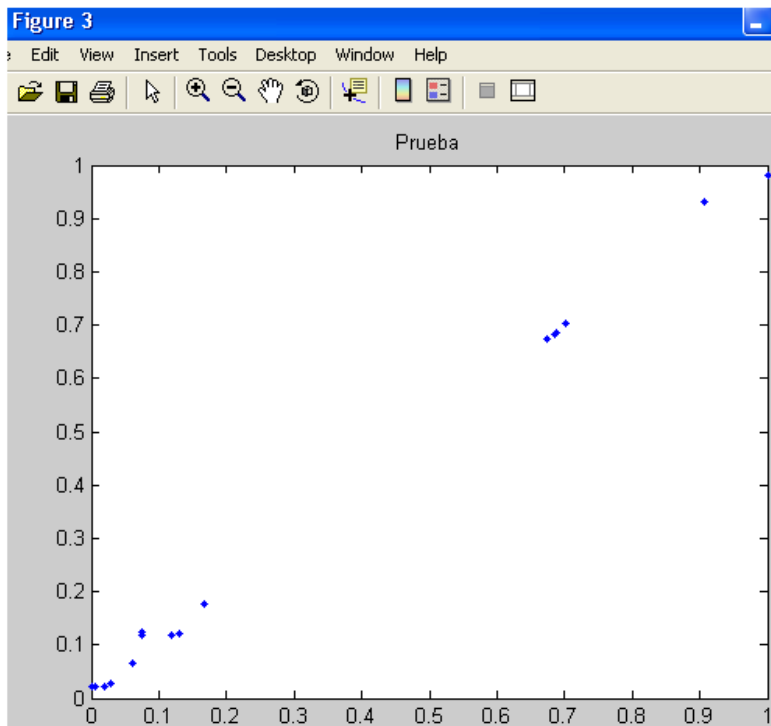


figura 15c Se hace una prueba de la red neuronal metiendo una serie de valores que no ha sido entrenado.

La figuras 15a, 15b, 15c, muestran valores obtenidos de los rasgos faciales de varios sujetos, los valores han sido normalizados para asegurar un aprendizaje más rápido de la red neuronal.

En el eje de las x's se muestran los parámetros obtenidos de los sujetos de prueba, y en el eje de las y's se muestra la meta a la que debemos llegar para lograr el entrenamiento.

En la figura 15a se muestra como se lleva a cabo el entrenamiento seleccionando un conjunto de parámetros de varias personas las cuales son introducidas una a una en la red neuronal.

La figura 15b muestra la validación de el entrenamiento llevado a cabo, en esta parte seleccionamos un conjunto de valores de entre los que usamos para entrenar la red neuronal, el comportamiento deberá ser semejante al de el entrenamiento.

Posteriormente en la figura 15c metemos un nuevo conjunto de valores que no ha sido empleado para entrenar la red neuronal, con la finalidad de ver si la red neuronal es capaz de sacar un comportamiento parecido a las figuras anteriores, como podrán ver el resultado de la prueba es parecida salvo algunas pequeñas variaciones, por lo que el reconocimiento se ha llevado a cabo con éxito.

Tanto la prueba 1 como la prueba 2 fueron realizadas con éxito, nuestra red neuronal puede lograr una mayor exactitud incrementando el número de sujetos de entrenamiento, de esta manera lograremos una mayor confiabilidad.

El análisis de la información obtenida en las dos pruebas es concluyente, en la parte donde se realizó el reconocimiento de seriedad los valores de la gráfica están distribuidos de una forma un poco más compacta que los valores obtenidos del reconocimiento de la sonrisa, los valores de la sonrisa están distribuidos más sobre el eje de las x's.

Al tomar en cuenta más estados emocionales podremos hacer un análisis más detallado del comportamiento humano, sobre todo si tomamos en cuenta comportamientos de mayor interés, como serian evaluar si la persona que está siendo sujeta de análisis tiene algún problema o desequilibrio emocional y detectar esos comportamientos con una buena confiabilidad.

Conclusiones

El trabajo realizado hasta el momento tiene aplicación en diferentes campos del saber humano, se puede decir que la calidad del trabajo realizado hasta aquí es notoriamente buena, teniendo en cuenta que no se hicieron muchas pruebas debido a la falta de tiempo y recursos

El Proyecto llevado a cabo muestra la gran complejidad del tema, podemos comentar que no tomamos en cuenta otras facetas del proyecto, se ha visto que este campo tiene muchos detalles a tomar en cuenta además de la gran complejidad al momento de abordar temas como son, el reconocimiento de rostros y otros temas. Los resultados obtenidos son notoriamente buenos por lo que se recomienda ampliamente continuar investigando y desarrollando el área, ya que existe bastante material de trabajo para continuar haciendo desarrollos en este campo, además se recomienda invertir dinero, tiempo, recursos humanos y materiales ya que el desarrollo de este campo producirá muchas satisfacciones para la sociedad.

Se integraron distintas disciplinas en el desarrollo del trabajo algunas tan diferentes y dispares como son el área de la psicología, dentro del campo de la computación; se integró el área de redes neuronales, así como procesamiento digital de imágenes y algunas disciplinas mas, con lo cual se logró llevar a buen termino el proyecto.

Limitaciones

Existen dos tipos de limitantes que se presentaron al momento de desarrollar el proyecto los cuales deben ser factores a tomar en cuenta:

Limitaciones de Aplicación de Campo Limitaciones por Hipótesis de Trabajo

Limitaciones de Aplicación de Campo

El trabajo puede ser aplicado dentro del área de la psicología, además se puede extender al área de ciencias sociales debido a que en el futuro podría tener un uso útil dentro de la sociedad.

En el área de Inteligencia Artificial se puede continuar desarrollando muchos aspectos que podrían mejorar el trabajo realizado.

Limitaciones por Hipótesis de Trabajo

Se muestra una serie de limitaciones técnicas que se derivan de la manera en que ha sido diseñado el trabajo.

1.- el programa no funciona bien con personas con barba debido a que la barba se confunde con el fondo negro, por lo tanto deben evitarse estas situaciones.

2.- el sujeto de prueba no debe tener señales de sombras creadas por la luz de los focos por lo que se debe cuidar bien la colocación de estos focos de luz.

3.- se debe tener un fondo completamente negro para que nuestro programa pueda realizar correctamente el análisis

4.- la manera correcta de colocar la cámara web será de tal manera que se vea el comienzo de los hombros del sujeto de prueba, ya que lo único que nos interesa es analizar el rostro del sujeto, no estamos analizando el cuerpo del sujeto.

5.- las fotos deberán tener 485X326 pixeles para que el programa las acepte aunque se pueden hacer modificaciones al sistema para que acepte cualquier tipo de fotos.

6.- se deberá evitar sujetos con cabello canoso ya que confunde al sistema y no salen buenas muestras.

7.- sujetos sin cejas o cejas demasiado claras deberán ser evitadas ya que el sistema no localizaría sus cejas debido a que esta especializado en localizar cejas de color negro.

8.- y en general evitar la ropa negra como recomendación, aunque se podría emplear siempre y cuando se coloque la cámara de manera apropiada.

Impacto Social

De continuar desarrollando el tema abordado hasta el momento se lograría tener un beneficio claro para la sociedad al lograr obtener un producto que podría ser de gran utilidad en muchas facetas de la vida humana, ya que está claro que el reconocimiento de expresiones humanas tiene un gran futuro, llegando a beneficiar sectores tan diversos como son los bancos, supermercados, incluso la robótica y algunos otros sectores.

Trabajo Futuro

El trabajo que espera a ser realizado en un futuro es mucho debido a la complejidad del tema, se puede decir que no se han abordado todas las emociones humanas, solo se han tratado algunas de ellas todo lo cual nos da una idea de cómo proseguir en el tema desarrollado; se recomienda trabajar en la introducción de más emociones humanas, además de tener un conjunto de sujetos de prueba mayor para mejores resultados.

Apéndice A

Algoritmo para contrastar mejor los rasgos morfológicos de una cara en Blanco y Negro, aplicando técnicas de cerradura, erosión y dilatación.

Este algoritmo se aplica para evitar que los rasgos morfológicos de la cara sean confundidos con la piel del sujeto y el fondo, lo cual nos ayudara a obtener mejores probabilidades de detectar exitosamente cada rasgo de la cara.

Se configuraron los mejores parámetros de este algoritmo los cuales nos ayudaran a obtener mejores probabilidades de éxito.

```
%tratando de cerrar contornos
se=[1 1 1 1 1 ;
    1 1 1 1 1 ];
close = imclose(GRAY,se);

se = strel('disk',1); %14 es el tam
close = imclose(close,se);
%figure,imshow(close)

%se=[1 ];
se = strel('square',2);    % disk, radius 15
erode = imerode(close,se);
%figure,imshow(erode);

se=[1 1 1;
    1 1 1];
%se = strel('line',1,45); %14 es el tam
dilate = imdilate(erode,se);
%figure,imshow(dilate);

se = strel('square',3);    % disk, radius 15
erode = imerode(dilate,se);
%figure,imshow(erode);

se=[1 1 1 ;
    1 1 1 ];
dilate = imdilate(erode,se);
%figure,imshow(dilate);

%se = strel('disk',3); %14 es el tam
%R2 = imclose(erode,se);
%figure,imshow(R2);
```

Apéndice B

Algoritmo que sirve para verificar que ceja u ojo es izquierda o derecha, la necesidad de realizar esta verificación y efectuar las correspondientes correcciones es debido a que a veces el sujeto ladea la cabeza ya sea a la izquierda, o la derecha, por lo que puede provocar que el detector confunda cual es la derecha y cual es la izquierda.

El problema surge debido a que se realizar un barrido buscando con un patrón de seguimiento izquierda-derecha, arriba-abajo.

```
%VV=[1 2 3 5 6 7] cabeza ladeada hacia la derecha
%VV=[1 3 2 6 5 7] cabeza ladeada hacia la izquierda
if VV(1)>VV(2)
    aux=VV(2);
    VV(2)=VV(1);
    VV(1)=aux;
end
if VV(3)>VV(4)
    aux=VV(4);
    VV(4)=VV(3);
    VV(3)=aux;
end
```

Apéndice C

Algoritmo para encontrar cejas y ojos, este algoritmo hace un barrido en la imagen Blanco y Negro, la cual previamente a sido especialmente tratada para detectar en ella conjuntos, en este caso los conjuntos serian cada rasgo morfológico al cual le es asignado un valor numérico empezando a numerarse dichos conjuntos en el orden izquierda-derecha arriba-abajo.

El algoritmo muestra una instantánea de cada rasgo detectado.

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
      %%%esta es una ceja%%
      %%solo doy la coordenada y saca la ceja%%
      %r = [219];%Pixel info:(X <ren>,Y <col>)
      %c = [143];
      %BW2 = bwselect(L2,r,c);
      %figure, imshow(BW2)
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Separando Elementos del rostro <cejas y ojos>
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%find busca en columnas de arriba-abajo y hacia la derecha
```

```
[r,c] = find(L2==VV(1));%saca cordenadas de cada elem
X=[c r];
XX=bwselect(L2,X(1,1),X(1,2));%%Sseparando elementos,y presentandolos
figure,imshow(XX);
title('Ceja Derecha');
```

```
[r,c] = find(L2==VV(2));%saca cordenadas de cada elem
X=[c r];
XX=bwselect(L2,X(1,1),X(1,2));%%Sseparando elementos,y presentandolos
figure,imshow(XX);
title('Ceja Izquierda');
```

```
[r,c] = find(L2==VV(3));%saca cordenadas de cada elem
X=[c r];
XX=bwselect(L2,X(1,1),X(1,2));%%Sseparando elementos,y presentandolos
figure,imshow(XX);
title('Ojo Derecho');
```

```
[r,c] = find(L2==VV(4));%saca cordenadas de cada elem
X=[c r];
XX=bwselect(L2,X(1,1),X(1,2));%%Separando elementos,y presentandolos
figure,imshow(XX);
title('Ojo Izquierdo');
```

Apéndice D

Algoritmo para determinar cuál es la boca, haciendo mediciones de las zonas más grandes usando la propiedad de área que tienen las figuras y despliega en pantalla la boca del sujeto.

Este algoritmo es usado empleando una metodología muy distinta de detección a la empleada para detectar ojos y boca, se emplea el método HSV el cual es un detector de rojos en el rostro del sujeto la boca es siempre la que mas rojo tiene en un rostro merced a lo cual aprovechamos esa característica para hacer la detección de la boca, la cual no es detectada limpiamente, sino que también se detectan algunas zonas indeseables por lo que se emplea la medición de las áreas, como se mencionó anteriormente el área mas grande es por consecuencia la boca.

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%Determinando 3a mancha mas grande ya que ahi se encuentra la boca
%%%mancha 1a=fondo mancha 2a=fondo mancha 3a = boca
clear r;
clear c;
clear X;
clear XX;
clear pos;
for i=1:num2
    [r,c] = find(P2==AA(i));%saca cordenadas de cada elem
    X=[c r];
    XX=bwselect(P2,X(1,1),X(1,2));%%Sseparando elementos,y presentandolos
    Area(i)=bwarea(XX); %sacando area de dicho objeto
    VPos(i)=i;%Guardando Posiciones
end
%%Ordenando Metodo de la Burbuja Mayor a Menor El tercero Mayor es la boca
%%el primero y segundo mayores son fondo
%Area
%VPos
VArea=Area;
temp=0;
pos=0;
for i=1:num2
    for j=i+1:num2
        if VArea(j)>VArea(i)%Ordenando de Mayor a Menor
            temp=VArea(j);
            VArea(j)=VArea(i);
            VArea(i)=temp;
```

```

    pos=VPos(j);%Moviendo Posiciones respectivas
    VPos(j)=VPos(i);
    VPos(i)=pos;
end

end
end
%VArea
%VPos
clear r;
clear c;
clear X;
clear XX;
%%-----
%[r,c] = find(P2==AA(VPos(3)));%saca cordenadas de cada elem
%X=[c r];
%XX=bwselect(P2,X(1,1),X(1,2));%%Sseparando elementos,y presentandolos
%figure,imshow(XX);
%title('!!!Boca!!!');%metodo para presentar la boca
%-----

```

Apéndice E

Este algoritmo hace uso de una red neuronal empleando el entrenamiento basado en Levenberg-Marquard con factor de aprendizaje variable, en la cual introducimos los datos obtenidos de las mediciones efectuadas al rostro del sujeto de prueba, estos datos se introducen los datos normalizados de 0-1, con el fin de acelerar el proceso de reconocimiento.

A continuación se realiza una comprobación simulando los datos introducidos anteriormente, y posteriormente se realiza un test en el cual se introducen datos nuevos, para verificar si aprendió correctamente la red neuronal.

El código empleado es semejante en cada estado emocional.

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
net = newff([min max],[S2 S3],{'logsig' 'purelin'}, 'trainlm', 'learnngdm', 'mse');%es log
para hacer que me de resultados comprendidos entre 0 y 1
net = init(net);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%ENTRENAMIENTO
1%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Se entrena con conjuntos de datos que representan Gestos sin ruido
for i=1:4
    net.trainParam.epochs=1000;%epocas
    net.trainParam.goal = 0.0001; % Error deseado
    net.trainParam.max_fail=1;%Maximo numero de veces que falla el valor de
MU
    net.trainParam.mem_reduc=1; %Factor de fraccionamiento de Jacobiano
para Ahorrar Memoria
    net.trainParam.min_grad=1e-15;%Minimo rendimiento del gradiente
    net.trainParam.mu=1e-3;
    net.trainParam.show = 10; % Frecuencia de visualización (en épocas)
    net.trainParam.time=Inf;%Maximo tiempo de entrenamiento en segundos
    [net,tr]=train(net,enojosn(i,:),T);
end
%-----
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%COMPROBACION%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Resultado que comprueba nuestro entrenamiento ha llegado a su objetivo,
%los datos se obtienen de los mismos con los que hemos estado entrenando
[output]=sim(net,enojosn(4,:));
%output=mapminmax(output,min,max);
figure,plot(enojosn(4,:),output,');
title('Validacion');
```

```
%%%%%%%%%%TEST%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%Resultado que comprueba nuestro entrenamiento ha llegado a su objetivo,
%los datos se obtienen de los mismos con los que hemos estado entrenando
[output]=sim(net,Xpersonan(4,:));
%output=mapminmax(output,min,max);
figure,plot(Xpersonan(4,:),output, '. ');
title('Prueba');
```

Bibliografía

- 1 Ballard, Brown, Computer Vision, Englewood Cliffs, NJ, 1982.
- 2 Horn, F., Robot Vision, Cambridge MA, 1986.
- 3 Marr, R., Computer Vision, Sn. Francisco CA, 1992.
- 4 Rees, J. C., The image processing handbook, 2a. Edition, CRC Press, 1995.
- 5 Shree K. Nayar and Tomaso Poggio, Early Visual Learning, New York Oxford, Oxford University Press, 1996.
- 6 Pope, A. R., "Model-Based Object Recognition - A Survey of Recent Research", Technical Report 94-04, University of British Columbia, January 1994.
- 7 González, R., Tratamiento digital de imágenes, Addison-Wesley, 1996.
- 8 Pedro Real Jurado, José Andrés Armario Sampalo. "Procesamiento de Imágenes Digitales". Universidad de Sevilla
- 9 R.C. González, R.E. Woods. Digital Image Processing. Addison-Wesley, 1992.
- 10 Digital Image Processing, Rafael C. González, Ed. PrenticeHall, 2nd edition.
- 11 Editor Imágenes basado en Regiones Aplicación en Entorno Matlab, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Terrasa, Archivo PDF
- 12 Aplicación Redes Neuronales en las Finanzas, Universidad Complutense de Madrid, Archivo PDF
- 13 Morfología Matemática, Universidad Rey Juan Carlos, Archivo PDF
- 14 Visión por Computador utilizando Matlab Y el Toolbox de Procesamiento Digital de Imágenes, Archivo PDF
- 15 Manual Entrevistadores Dattner Consulting, Archivo PDF
- 16 Emociones y Mentiras, Archivo PDF
- 17 <http://www.apsique.com/wiki/LaboRetselper>
- 18 <http://www.monografias.com/trabajos14/reclutamiento/reclutamiento.shtml>
- 19 http://www.tabascohoy.com.mx/nota.php?id_notas=180051