



*Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.  
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada, Toluca, Estado de México. 7223898476*

RFC: ATI120618V12

**Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.**

<http://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/>

**Año: VI.**

**Número: Edición Especial.**

**Artículo no.: 57.**

**Período: Julio, 2018.**

**TÍTULO:** Interacción emocional de personas no videntes utilizando visión artificial.

**AUTORES:**

1. Ing. Angel Oswaldo Ocaña Guevara.
2. Máster. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima.
3. Máster. Jorge Luis Paucar Samaniego.
4. Ing. José Luis Pérez Rojas.

**RESUMEN:** Se realiza la implementación de un dispositivo electrónico de visión artificial que permite reconocer rasgos emocionales del rostro y transformarlos a señales de vibración para personas con discapacidad visual, para que puedan interactuar en una conversación en tiempo real facilitando expresiones emocionales no verbales. El dispositivo consiste en una gorra de visión por computador que puede detectar el rostro de una persona, su estado neutral, su expresión de sonrisa y su expresión de sorpresa, para esto se hizo una recolección de aproximadamente 2600 imágenes de 105 personas para entrenamiento de sus varias expresiones. Las pruebas realizadas del dispositivo fueron encaminadas a medir la eficiencia de reconocimiento con respecto a distintas variables.

**PALABRAS CLAVES:** Tecnología y Ciencias de la Ingeniería, Ingeniería y Tecnología Electrónica, Visión Artificial, Python (Software), Raspberry Pi.

**TITLE:** Emotional interaction of blind people using artificial vision.

**AUTHORS:**

1. Ing. Angel Oswaldo Ocaña Guevara.
2. Máster. Oswaldo Geovanny Martinez Guashima.
3. Máster. Jorge Luis Paucar Samaniego.
4. Ing. José Luis Pérez Rojas.

**ABSTRACT:** The implementation of an electronic device of artificial vision was done that allows recognizing emotional features of the face and transforming them to vibration signals for people with visual disabilities, so they can interact in a real-time conversation facilitating non-verbal emotional expressions. The device consists of a computer vision cap that can detect a person's face, his neutral state, his smile expression and his expression of surprise; for this a collection of approximately 2600 images of 105 people was made for training their several expressions. The tests carried out on the device were aimed at measuring the recognition efficiency with respect to different variables.

**KEY WORDS:** Technology and Engineering Sciences, Engineering and Electronics technology, Artificial Vision, Python (software), Raspberry Pi.

**INTRODUCCIÓN.**

Según la Organización Mundial de la Salud, “discapacidad es cualquier restricción o impedimento de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro de los márgenes que se considera normal para la sociedad o el ser humano. Se caracteriza por excesos o insuficiencias en el desempeño de una actividad rutinaria normal, los cuales pueden ser temporales o permanentes, sobre todo la psicología, deficiencias físicas, sensoriales o anatómicas” (OMS, 1999).

Dentro de este grupo de personas están aquellas que no poseen parcial o completamente su función visual. De acuerdo a la OMS se estima que a nivel mundial 285 millones de personas tienen deficiencias visuales, de las cuales 39 millones tienen ceguera y 246 millones son débiles visuales. De éstas, el 90 % viven en países en desarrollo donde la malnutrición, los inadecuados servicios de

salud y educación, además de la mala calidad del agua y la falta de higiene, conducen a una alta incidencia de enfermedad en los ojos” (M. Sepúlveda, 2014).

Dentro de la interacción social, las personas no videntes poseen ciertas limitaciones a la hora de comunicarse y percibir ciertos rasgos emocionales producidos en discusiones o conversaciones con otros individuos con similares capacidades. “La interacción social son los actos, acciones, o prácticas de 2 o más personas orientadas mutuamente” (Krishna, 2005).

iCARE Social Interaction es un dispositivo que permite a las personas no videntes detectar la posición de otra persona y ciertos rasgos emocionales básicos. iCARE es una herramienta no comercial y que por sus características es muy costoso.

### **Formulación del problema.**

La incapacidad que tiene una persona no vidente de detectar expresiones fisiológicas emocionales de otras persona.

## **DESARROLLO.**

### **Ceguera, interacción social y lenguaje en las personas.**

Para entender las funciones que desempeña el prototipo implementado en este trabajo, cabe mencionar algunas definiciones sobre discapacidad visual en las personas.

### **Definición de ceguera.**

La ceguera en las personas representa una discapacidad que puede presentarse de acuerdo a la siguiente definición donde “se dice que una persona es ciega cuando sólo tiene percepción de la luz, sin proyección, o aquella que carece totalmente de visión independientemente de si esta carencia es debida a lesiones del ojo o del sistema nervioso que une el ojo con el cerebro o problemas de cerebro” (Gonzales García, 1990).

### **Clasificación de la ceguera.**

De acuerdo a Marisa Gómez, la ceguera tiene por clasificación los siguientes:

- Ceguera total: ausencia de percepción luminosa.
- Ceguera parcial: existe la presencia de percepción luminosa, pero es imposible discriminar personas de objetos.
- Ceguera congénita: es la adquirida durante el periodo de gestación.
- Ceguera adquirida: es la que aparece después del nacimiento. Puede ser adquisición lenta (por enfermedad) o repentina (por traumatismo) (Gómez Alba, 2000).

### **Interacción Social.**

La interacción social es, cómo una persona envía y recibe mensajes de forma oral y no oral para relacionarse, conocer y aprender de otras personas. La interacción emocional es la transmisión de ideas y sentimientos por diversas vías para influenciar emocionalmente a otra persona. Así mismo, comunicación verbal será toda aquella que se base en el intercambio de palabras ideas, pensamientos, humor, de forma oral y la no verbal, aquella en la que intervengan, gestos, enfocado en las expresiones faciales especialmente dentro de una conversación. El dispositivo implementado busca mejorar la interacción en una conversación entre personas no videntes, Software utilizado

### **Python.**

Python es un lenguaje de programación simple, en el que se puede realizar cualquier tipo de algoritmo orientado a objetos, posee una serie de librerías que permiten acoplar varios conjuntos de operaciones para el desarrollo de aplicaciones en diversas áreas.



Figura 1. Logotipo de Python.

OpenCV es una librería de Python, que permite trabajar y procesar imágenes o videos para aplicar cualquier algoritmo de visión artificial, de acuerdo a la siguiente definición “OpenCV (Open Source Computer Vision Library), se publica bajo una licencia BSD y por lo tanto es gratuito para uso académico y comercial. OpenCV fue diseñado para la eficiencia computacional y con un fuerte enfoque en aplicaciones en tiempo real” (Equipo de OpenCV, 2017).

## Diseño de software y hardware.

### *Diseño del software.*

La parte principal del dispositivo electrónico fue la encargada del reconocimiento de rostros, así como de las distintas expresiones faciales. Esto se pudo realizar mediante un ordenador, que ejecutó a la vez la activación de pulsos mediante programación para el control de un micro-motor de vibración externo, que funcionó cada vez que el sistema reconoció cierta expresión facial.

En la Figura 2 se presenta el diagrama de bloques general del funcionamiento del sistema, constituido por el proceso de reconocimiento de expresiones faciales, además del control del micro-motor de vibración y el proceso de control de luz, respectivamente.

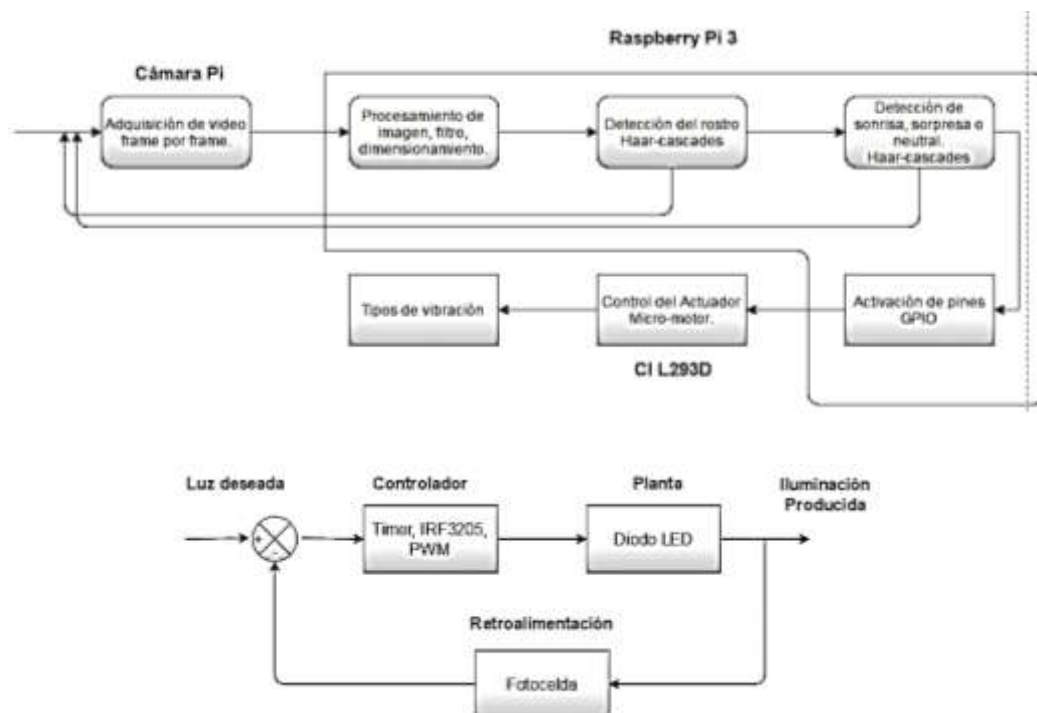


Figura 2. Diagrama de bloques del sistema.

### Clasificador Haar-cascade y TrainCascade con Python y OpenCV.

El prototipo electrónico está basado, en la detección tanto de rostros como de las expresiones faciales, mediante el uso de clasificadores Haar-cascades, los cuales se obtienen a través de recolección de imágenes procesadas por medio de un entrenador con inteligencia artificial propio de OpenCV.

El reconocimiento de objetos por clasificadores Haar\_cascades es un algoritmo presentado por Michael Jones y Paul Viola en su artículo, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features" (Viola & Jones, 2001). Se trata de un enfoque basado en aprendizaje automático en el que la función cascade se entrena de muchas imágenes positivas y negativas (Doxygen, 2017). El método de Viola-Jones permite realizar la detección de rostros en tiempo real y con una buena resolución de imagen, parte importante para este dispositivo que pretende ayudar a personas no videntes en una conversación en tiempo real y bajo una cierta distancia de separación entre ambas personas

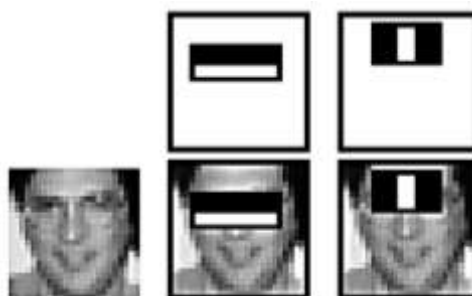


Figura 3. Rectángulos usados para describir las características del rostro.

En la Figura 3 se muestra un ejemplo de rectángulos binarios usados para describir los rasgos físicos de un objeto, utilizado por Viola-Jones.

Para el dispositivo electrónico se realizaron cuatro plantillas de reconocimiento Haar-cascades, para las cuales se capturaron aproximadamente 3100 imágenes de personas realizando varias expresiones. El primer Haar-cascade denominado *rostro.xml* me permite detectar la parte frontal del rostro de una persona. Para entrenar esta plantilla se procedió a realizar capturas fotográficas de

un total de 105 personas en varios ambientes de iluminación. Algunas de las imágenes tomadas de acuerdo a distintas condiciones de iluminación se muestran en la Figura 4.



Figura 4. Fotografías de rostros con diferente iluminación.

El haar-cascade “*rostro.xml*” fue la plantilla de reconocimiento base sobre la que se detectaron las diferentes emociones y para ésta se utilizaron la mayor cantidad de imágenes positivas y negativas, un total de 3094 imágenes positivas y 4000 imágenes negativas fueron utilizadas para realizar el entrenamiento de la plantilla. En la Figura 5 se muestran algunos ejemplos de imágenes negativas utilizadas



Figura 5. Ejemplos de imágenes negativas utilizadas para el entrenamiento

El procedimiento para realizar un clasificador haar-cascade se dividió en 5 pasos detallados a continuación:

- Captura de imágenes.
- Clasificación y configuración de imágenes.
- Creación de muestras.
- Entrenamiento.
- Conversión de etapas a archivo con extensión XML.

En la Figura 6 se muestra el resultado de la detección de rostro con el archivo rostro.xml.



Figura 6. Detección de rostro con haar-cascade rostro.xml

Para el reconocimiento de rasgos faciales, se tomó 3 expresiones, sonrisa, sorpresa y neutral. Estas expresiones fueron seleccionadas puesto que del análisis del conjunto de muestras, (3094 fotografías), fueron en promedio las expresiones con mayor similitud entre las diferentes personas, con esto se pudo obtener mejores resultados en los entrenamientos de los clasificadores.

Todos los clasificadores, sonrisa, sorpresa y neutral fueron entrenados para reconocimiento específicamente de la parte de la boca, ya que es la parte del rostro que tiende a ser más expresiva. Se utilizó el reconocimiento de expresiones con respecto a la parte de la boca puesto que al realizar capturas de imágenes a varias personas, se tuvo problemas para tener una plantilla en común con el reconocimiento de ojos, mejillas, nariz y entre ceño con todos los individuos.

Se utilizó 1039 imágenes positivas en diferentes ambientes para detección de sonrisa. En la Figura 7 se muestran ejemplos de imágenes de sonrisa utilizados para entrenamiento del clasificador.





Figura 7. Imágenes de sonrisa.

Se utilizó 1032 imágenes positivas en diferentes ambientes para detección de expresión neutral. En la Figura 8 se muestran ejemplos de imágenes de expresión neutral utilizados para entrenamiento del clasificador.



Figura 8. Imágenes de expresión neutral.

Para la expresión de sorpresa se utilizó 1032 imágenes positivas en diferentes ambientes. En la Figura 9 se muestran ejemplos de imágenes de expresión sorpresa utilizados para entrenamiento del clasificador.



Figura 9. Imágenes de expresión sorpresa

Se utilizaron 2000 imágenes negativas para los tres tipos de clasificadores haar-cascade, tanto para expresión de sonrisa, neutral y sorpresa. Los resultados de la detección de las expresiones faciales se pueden visualizar en la Figura 10.

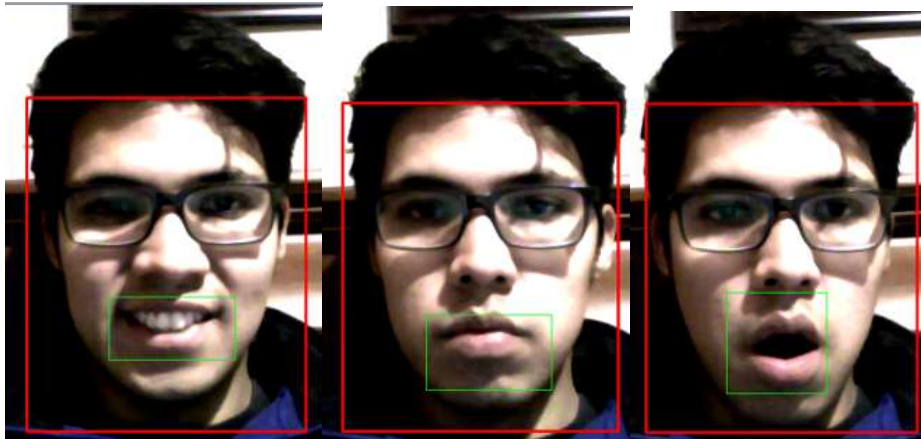


Figura 10. Detección de expresión sonrisa, neutral y sorpresa respectivamente.

Los haar-cascades realizados sirvieron para la detección de la parte frontal del rostro con pequeñas desviaciones de orientación, la distancia a la que puede reconocer dependió de la resolución que se utilizó para capturar el video (640x480 distancia máxima entre personas 80 cm), para este dispositivo los rostros no deberán presentar variaciones por inclinación o declinación, ni movimiento abruptos que ocasionen falla en la captura del video en tiempo real; además, tanto la barba como aretes en la parte de la boca representan ruido en la imagen y se excluyeron como muestras para el entrenamiento en los clasificadores de detección de expresiones.

### **Diseño del hardware.**

#### **Diseño Electrónico.**

Los elementos utilizados y conexiones del prototipo se puede observar en la Figura 11.

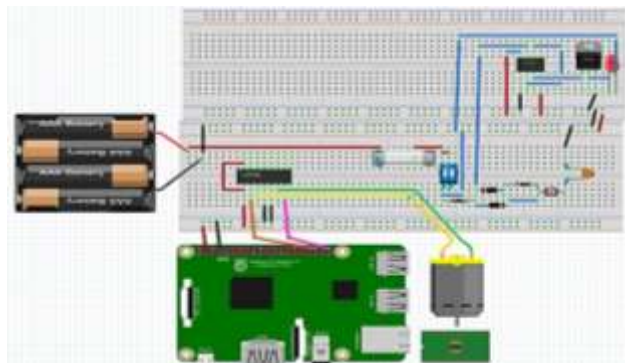


Figura 11. Descripción de conexión lógica del circuito electrónico.

A continuación se ha separado cada parte del circuito electrónico descrito previamente en la Figura 11, a fin de entender mejor su funcionamiento.

**Control del micromotor de vibración:** La Raspberry Pi 3 se conectó al circuito de control del motor constituido por un circuito integrado L293D, que sirve para controlar el giro de motor y me permite enviar hasta 600mA por canal según su datasheet, para esto los pines GPIO (General purpose input/output) de la Raspberry utilizados fueron:

-Pin 1: entrada para el nivel de voltaje lógico del CI L293D.

-Pin 6: conexión a tierra para el CI L293D.

-Pines 36 y 40: señal de alto o bajo para activar el micro-motor a través del CI L293D.

El pin de 3.3 voltios se eligió como entrada de nivel de voltaje lógico (Vss), para el CI L293D puesto que los pines GPIO trabajan a 3.3 voltios únicamente, de manera que los pines 36 y 40 dieron aproximadamente 3.3V a su salida para la activación del micro-motor de vibración. La conexión física de la Raspberry con el CI se visualiza en la Figura 12.

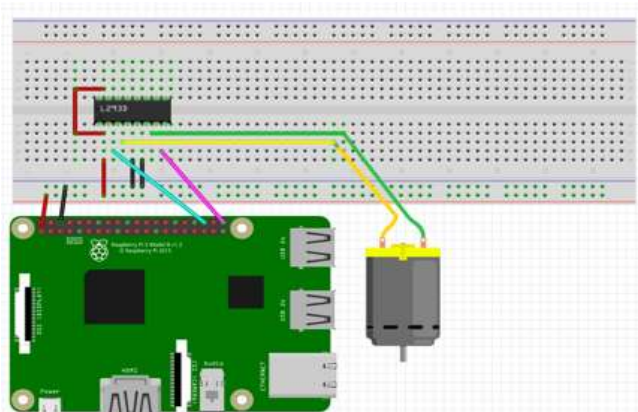


Figura 12. Conexión para el control del micro-motor.

### **Control de luz ambiental mediante fotoceldas.**

La luz del ambiente representa un sinnúmero de obstáculos para la correcta detección del rostro y los rasgos emocionales mediante la cámara, esto se debe a que existen diferentes niveles de iluminación en el ambiente, ya sea que el usuario esté en una habitación, en una biblioteca o al aire libre donde varía constantemente las sombras, reflejos y tonalidades que toma el rostro producto de varias fuentes de iluminación o incluso, escasa iluminación.

Con la iluminación artificial se busca si bien no mantener siempre constante la cantidad de luz que se proyecta al rostro, mejorar la capacidad de la cámara de detectar los rasgos faciales.

Cabe mencionar que la iluminación no está diseñada para mantener conversaciones en espacios demasiado oscuros donde se tiene imágenes subexpuestas, puesto que se necesitaría prácticamente de una iluminación similar al de los flashes de las cámaras fotográficas, con lo cual sería imprudente proyectar ese tipo de luz hacia otra persona.

Para el diseño del circuito encargado del control de la luz, variamos el brillo de un diodo LED, sin embargo con los reguladores de voltaje que existen en el mercado LM7805, LM317 o por resistencias, nos encontramos con un gran desperdicio de energía por la disipación en forma de calor.

Para mejorar esto se procedió a implementar el control del brillo de LED a través de un MOSFET IRF3205, ya que permite realizar un encendido y apagado de la fuente a una frecuencia muy alta, un método eficiente para utilizar la mayor cantidad de energía.

El IRF3205 y el CI reloj 555 me permite realizar un control por ancho de pulso (PWM), para variar el brillo del LED, se eligió el MOSFET porque posee una resistencia de drenaje a fuente ( $R_{DS}$ ), de 8 mili ohmios. Lo que produce una nula caída de voltaje en conducción y por lo tanto no se necesita disipador de calor.

En la Figura 13 se muestra las conexiones del circuito de control de brillo del diodo LED.

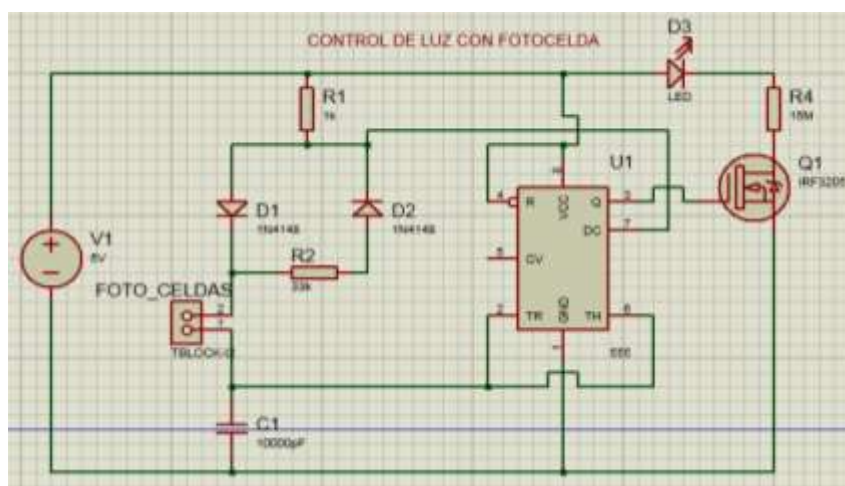


Figura 13. Circuito de control del brillo de LED.

Para poder colocar cada dispositivo componente en el prototipo de visión artificial fue necesario distribuir cada pieza alrededor de la gorra considerando el peso de cada uno, con el fin de que no se afecte la postura del usuario.

En el diseño del hardware se incluyó la capa de tela de protección y aislado de los circuitos del medio ambiente, de manera que se cubrió toda la parte superior de la gorra, mejorando la apariencia, seguridad y estética del prototipo electrónico. La Figura 14 muestra el prototipo implementado.



Figura 14. Gorra de visión artificial.

### **Pruebas y resultados.**

Se procedió a obtener información mediante encuestas y entrevistas de personas con deficiencia visual. Un total de 60 personas no videntes fueron encuestadas, donde se pudo obtener información para calcular la eficiencia en base a tres pruebas:

- Eficiencia del dispositivo de acuerdo al tipo de iluminación.
- Eficiencia del dispositivo de acuerdo a la altura entre personas en una plática.
- Eficiencia del dispositivo de acuerdo al nivel de batería.

### Pruebas de eficiencia.

La prueba de eficiencia con respecto al tipo de iluminación, favorece a ambientes cerrados con luz artificial, detectando un 70% de expresiones de sonrisa, neutral y sorpresa de las 10 pruebas realizadas a cada individuo de una muestra de 60 personas. En la Tabla I se observa los porcentajes de detección con respecto a la iluminación en los ambientes tanto natural como artificial.

TABLA I. RESUMEN DE PORCENTAJES DE DETECCIÓN CON RESPECTO A LA ILUMINACIÓN.

Iluminación	Detección de sonrisa	Detección de neutral	Detección de sorpresa
Natural	75,56 %	68,89 %	61,11 %
Artificial	68,75 %	75 %	73,7 %

Del estudio realizado de la detección de expresiones con respecto a la iluminación tanto en el ambiente natural como artificial (exteriores e interiores respectivamente), se pudo determinar que la expresión de sorpresa y neutral, funcionan de mejor forma en ambientes cerrados con luz artificial mientras que la expresión de sonrisa funciona mejor en ambientes externos con luz natural. La Figura 15 muestra los porcentajes de detección de las expresiones con iluminación en los dos ambientes antes mencionados.

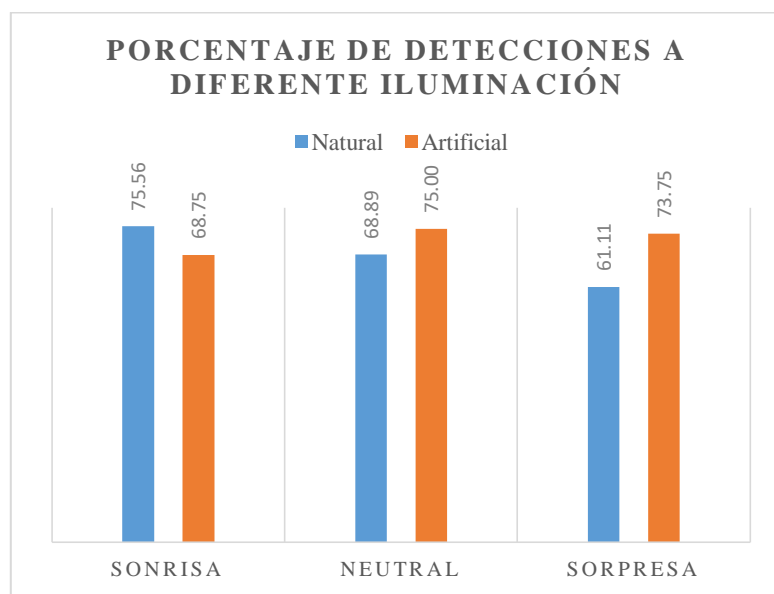


Figura 15. Porcentajes de detección de expresiones con iluminación natural y artificial.

Dentro de las variables que pueden influir en la detección de expresiones tenemos la diferencia de estaturas entre dos personas en una conversación, para esto se ha realizado dos pruebas descritas a continuación:

-Cuando la persona que porta la gorra mide **más** que la persona que emite la emoción.

-Cuando la persona que porta la gorra mide **menos** que la persona que emite la emoción.

Las pruebas se realizaron si la diferencia de estaturas está comprendida en un intervalo de 0 a 5 centímetros y si la diferencia de altura está comprendida en un intervalo de 6 a 20 centímetros, obteniéndose los siguientes resultados como se muestra en la Figura 16 de acuerdo a si la persona invidente que porta la gorra mide **más** que la persona a quién se pretende reconocer la emoción que emite.

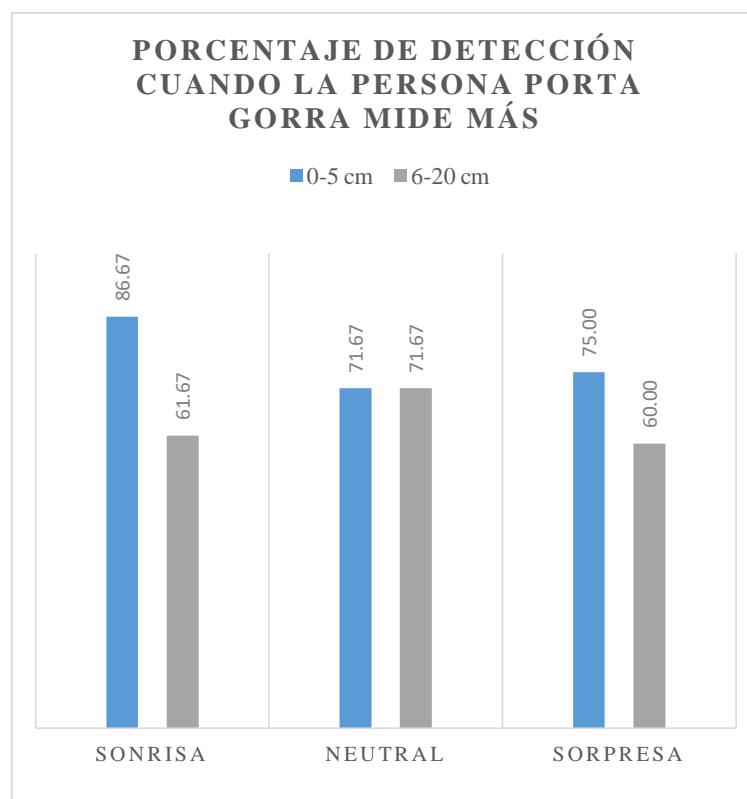


Figura 16. Porcentaje de detección de acuerdo a diferencias de estatura (prueba 1).

Los resultados mostrados en la Figura 17 son de acuerdo a si la persona que porta la gorra mide menos que la persona que emite la emoción.

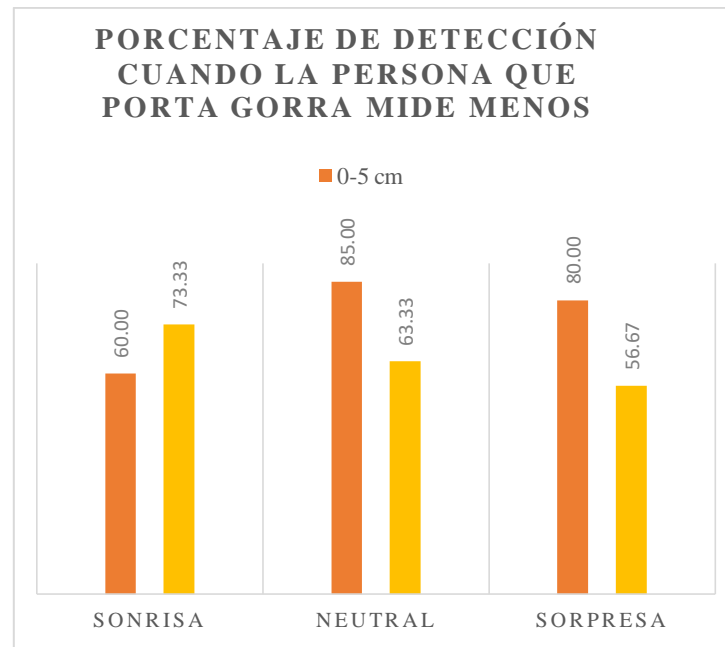


Figura 17. Porcentaje de detección de acuerdo a diferencias de estatura (prueba 2).

Para determinar la eficiencia del dispositivo de acuerdo al nivel de batería se realizaron 170 muestras de 17 personas no videntes, 10 muestras por cada individuo, pertenecientes a un curso de cierta unidad educativa para personas no videntes. De las cuales 50 pruebas se dieron en batería alta, 110 en batería media y 10 en batería baja, mostrando los resultados porcentuales de detección de acuerdo a la Tabla II:

TABLA II

**RESULTADO EN PORCENTAJES DE ACUERDO AL NIVEL DE BATERÍA**

Nivel de Batería	Detección de Sonrisa	Detección de Neutral	Detección de Sorpresa
Alto	64,00 %	68,00 %	58,00 %
Medio	74,5 5%	74,55 %	72,73 %
Bajo	90,00 %	60,00 %	50,00 %



De los resultados obtenidos se puede determinar que los porcentajes de detección para el nivel de batería medio del prototipo tienden a ser iguales para las expresiones de sonrisa, neutral y sorpresa, mientras que las pruebas en batería baja no se tomaron en cuenta puesto que el controlador tendía a reiniciarse constantemente en dicho nivel de batería. La Figura 18 muestra los porcentajes de eficiencia en el reconocimiento de las expresiones de acuerdo al nivel de batería alto y medio.

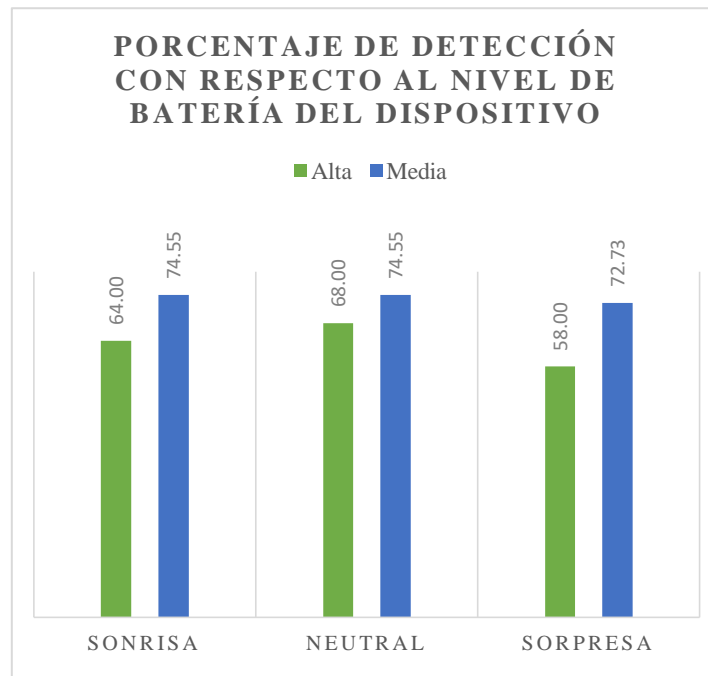


Figura 18. Porcentaje de detección de acuerdo al nivel de batería

### **Grado de aceptación del prototipo.**

Dentro de la opinión que le merece el prototipo se tomaron en cuenta opciones como: muy interesante, interesante, neutro, poco interesante y nada interesante. Esto de acuerdo a la eficiencia que tuvo la gorra de visión artificial, con respecto a la persona no vidente que lo usaba, obteniéndose los resultados como se muestran en la Tabla III

TABLA III. Resultado sobre la opinión del producto.

¿Qué opinión le merece al prototipo?				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Muy interesante	21 personas	35%	35%	35%
Interesante	31 personas	51,67%	51,67%	86,67%
Neutro	4 persona	6,67%	6,67%	93,34%
Poco interesante	4 persona	6,67%	6,67%	100,0%
Total	60 personas	100,0%	100,0%	

El 51,67% de personas dijeron que el prototipo les parece interesante, de acuerdo a la eficiencia de las pruebas para el reconocimiento de expresiones en cada individuo; mientras que, el 35% de personas dijeron que les parecía muy interesante; el 6.67% les pareció neutro y poco interesante.

#### **Pruebas de potencia de consumo del prototipo.**

Para medir la potencia de consumo de la gorra de visión artificial se realizó un estudio del nivel máximo de corriente consumido por la Raspberry Pi 3 y por el circuito de control de luz ambiental. La suma de estas dos componentes dará como resultado la corriente total circulante por el circuito. Para obtener la potencia total del circuito se utilizó la siguiente fórmula:

$$P = V \cdot I \quad (1)$$

Donde P es la potencia consumida por el circuito, V es el voltaje de la fuente e I es la corriente total del circuito.

Para medir la cantidad de corriente que utiliza la Raspberry se procedió a utilizar el multímetro conectándolo en serie con el cable positivo que va desde la fuente a la placa. Obteniéndose el valor de corriente máximo  $I_R$  de 630 mA.

$$I_R = 630 [mA]$$

Para medir la cantidad de corriente que utiliza el circuito de control de luz ambiental se procedió a utilizar el multímetro conectándolo en serie con el cable positivo que va desde la fuente a la PCB. Obteniéndose el valor de corriente máximo  $I_L$  de 104,5 mA.

$$I_L = 104,5 [mA]$$

Con los valores de las corrientes máximas utilizadas por el prototipo se procedió a calcular la corriente total mediante la ley de corrientes del nodo:

$$I_T = I_R + I_L \quad (2)$$

$$I_T = 630 [mA] + 104,5 [mA]$$

$$I_T = 734,5 [mA]$$

Donde  $I_T$  es la corriente total del circuito;  $I_R$  es la corriente en las Raspberry e  $I_L$  es la corriente en el circuito de control de luz. De acuerdo a los resultados del estudio de corrientes que circulan por el prototipo electrónico y con un valor de medición de 6,14 V en la fuente, se calculó la potencia utilizada por la gorra de visión artificial con los siguientes resultados:

$$P = V \cdot I$$

$$P = V \cdot I_T$$

$$P = 6,14 [V] \cdot 734,5 [mA]$$

$$P = 4,51 [W]$$

## **CONCLUSIONES.**

Se ha diseñado un dispositivo capaz de detectar expresiones de sonrisa, sorpresa y neutral con el fin de mejorar la interacción emocional y la comunicación no verbal entre personas no videntes.

Para el entrenamiento de imágenes se utilizaron expresiones emocionales que resultan más evidentes en el rostro de una persona para su detección, como lo es la expresión de sonrisa, neutral y sorpresa.

El dispositivo es capaz de detectar expresiones faciales y transferirlas por señales de vibración en tiempo real para ser utilizado en una conversación.

El porcentaje de eficiencia de reconocimiento en ambientes oscuros con iluminación artificial fue aproximadamente del 70 % siendo estas condiciones de luz mejores para la detección.

Los ambientes con mucha luz natural no permiten un correcto reconocimiento de los rasgos faciales provocando fallas en la detección con un porcentaje aproximado del 60% .

De las imágenes recolectadas para el entrenamiento de la expresión sorpresa, sólo el 49,69% de imágenes fueron utilizadas, debido a problemas con los individuos para realizar la expresión correctamente.

Se eligió la emoción sorpresa ya que fue una de las expresiones con más alta cantidad de imágenes relativamente iguales, la expresión de sorpresa sólo se reconocerá si no se muestra la parte de los dientes y se tiene una apertura de más de 2 centímetros de la boca de acuerdo al 49,69% de imágenes utilizadas para el entrenamiento.

Dentro del grado de aceptación del producto para con las personas no videntes encuestadas, el 86.67% de personas mencionaron que el dispositivo es interesante.

De acuerdo al estudio de potencia realizado se tuvo como resultado que el dispositivo electrónico consume 4,51 W.

La fuente de alimentación provee 6Ah de manera que para una corriente consumida por el prototipo de 734,5 mA, la batería mantendrá funcionando al dispositivo por un tiempo aproximado de 8 horas continuas.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

1. Doxygen. (2017). OpenCV. Obtenido de OpenCV Open source computer vision:  
[http://docs.opencv.org/trunk/d7/d8b/tutorial\\_py\\_face\\_detection.html](http://docs.opencv.org/trunk/d7/d8b/tutorial_py_face_detection.html)
2. Equipo de OpenCV. (2017). Recuperado el 27 de Septiembre de 2017, de Acerca de OpenCV:  
<http://opencv.org/>
3. Gómez Alba, M. (2000). La experiencia estética. La mirada de un antropólogo sobre el arte.
4. Gonzales García, L. (1990). Psicomotricidad para deficientes visuales (4-7 años). Salamanca.
5. Krishna, e. a. (2005). iCARE interaction assistant.
6. M. Sepúlveda, C. S. (2014). Informe de Situación Actual Y Estado del Arte.
7. OMS. (1999). Clasificación Internacional de las Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías.  
Ginebra.
8. Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. Equipo de desarrollo OpenCV. (2017). Recuperado el 27 de Septiembre de 2017, de Cascades Training: [http://docs.opencv.org/2.4/doc/user\\_guide/ug\\_traincascade.html](http://docs.opencv.org/2.4/doc/user_guide/ug_traincascade.html)
2. Equipo de OpenCV. (2017). Recuperado el 27 de Septiembre de 2017, de Acerca de OpenCV:  
<http://opencv.org/>
3. PyPa. (2014). (The Python Software Foundation). Obtenido de Librería Virtualenv para Python:  
<https://virtualenv.pypa.io/en/latest/reference/>
4. Python Software Foundation. (2017). (Python Software Foundation Web Site). Recuperado el 12 de Octubre de 2017, de Python: <http://docs.python.org.ar/tutorial/3/real-index.html>
5. RealPython. (2016). (Real Python Web site). Recuperado el 2 de Octubre de 2017, de Python: virtual environments: <https://realpython.com/blog/python/python-virtual-environments-a-primer/>

6. Rizo García, M. (2006). La interacción y la comunicación desde los enfoques de la psicología social y la sociología fenomenológica. Breve exploración teórica. México.
7. Terven, J., Salas, J., & Raducanu, B. (2013). Estado del Arte en Sistemas de Visión Artificial.

#### **DATOS DE LOS AUTORES.**

1. **Angel Oswaldo Ocaña Guevara**, Estudiante de la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Actualmente es Ingeniero Electrónico en Control y Redes Industriales (ESPOCH 2017). Email: 000angel999@gmail.com.
2. **Oswaldo Geovanny Martinez Guashima**, Ingeniero en Electrónica y Computación (ESPOCH – ECUADOR 2006), Master en Tecnologías y Redes de Comunicaciones (UPV – ESPAÑA 2013). Docente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica. Email: omartinez@epoch.edu.ec.
3. **Jorge Luis Paucar Samaniego**, Ingeniero en Electrónica Automatización y Control (ESPE- ECUADOR 2006), Master en Electrónica y Automatización, Docente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica. Email: jlpaucar@epoch.edu.ec.
4. **José Luis Pérez Rojas**, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones (UNACH, 2015), Docente de la Unidad de Admisiones y Titulación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Email: jose.perezl@epoch.edu.ec.

**RECIBIDO:** 2 de junio del 2018.

**APROBADO:** 19 de junio del 2018.