

DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO BIOMÉDICO PARA  
RECONOCIMIENTO DEL COLOR ROJO Y SUS DERIVADOS  
SECUNDARIOS (CIAN Y MAGENTA)

DEISSI JOHANA OLMOS SARMIENTO  
JAVIER HUMBERTO NOVOA BELTRAN  
MAURICIO PICO RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES  
GERENCIA DE INGENIERIA HOSPITALARIA  
BOGOTÁ DC, 21 DE JULIO  
2014

DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO BIOMÉDICO PARA  
RECONOCIMIENTO DEL COLOR ROJO Y SUS DERIVADOS  
SECUNDARIOS (CIAN Y MAGENTA)

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

MSC. SEGUNDO MARTINEZ AGUILERA  
DIRECTOR DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES  
GERENCIA DE INGENIERIA HOSPITALARIA  
BOGOTÁ DC, 21 DE JULIO  
2014

## TABLA DE CONTENIDO

1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	6
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	6
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	7
3. JUSTIFICACIÓN.....	8
3.1. DELIMITACIÓN.....	8
4. MARCO DE REFERENCIA.....	9
4.1. MARCO TEÓRICO.....	9
4.2. ANTECEDENTES HISTORICOS .....	12
4.2. ANTECEDENTES LEGALES.....	13
4.2.1. LEY 1680 DEL 20 NOVIEMBRE 2013.....	13
4.2.2. LEY 100 DE 23/12/1993 .....	13
4.2.3. NORMATIVIDAD DALTONISMO .....	13
4.3. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	13
5. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	15
6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	15
6.1. SELECCIÓN DEL SENSOR DE COLOR .....	15
6.2. ETAPA DE LECTURA DE FRECUENCIA DEL COLOR.....	15
6.3. PARAMETRIZACIÓN DE LA FRECUENCIA SEGÚN EL COLOR .....	18
6.4. ETAPA DE VISUALIZACIÓN.....	19
7. RESULTADOS.....	22
8. CONCLUSIONES .....	23
9. RECOMENDACIONES .....	24
10. REFERENCIAS.....	25
11. ANEXOS .....	27

<b>11.1. MANUAL DE USUARIO.....</b>	<b>27</b>
<b>11.1.1. PRÓLOGO.....</b>	<b>27</b>
<b>11.1.2. VOLUMEN DE ENTREGA.....</b>	<b>27</b>
<b>1.1.1.3. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>28</b>
<b>1.1.1.4. DATOS TÉCNICOS.....</b>	<b>28</b>
<b>1.1.1.5. ANTES DE LA UTILIZACIÓN.....</b>	<b>29</b>
<b>1.1.1.6. CONEXIÓN DE ENERGÍA.....</b>	<b>29</b>
<b>1.1.1.7. PANEL DE CONTROL.....</b>	<b>30</b>
<b>1.1.1.8. OPERACIÓN.....</b>	<b>31</b>
<b>1.1.1.9. MANTENIMIENTO.....</b>	<b>32</b>
<b>1.1.1.10. DETERMINACIÓN DE PROBLEMAS.....</b>	<b>32</b>

## **1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN**

Desarrollo de un dispositivo biomédico para reconocimiento del color rojo y sus derivados secundarios (Cian y Magenta)

## **1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El daltonismo es una discapacidad que consiste en que quienes la padecen no tienen la capacidad de reconocer ciertos colores [1] debido a una baja sensibilidad en algunas longitudes de onda, lo cual ocurre de forma natural en parte de la población [2]. Se pretende mediante el diseño de un dispositivo electrónico que reconozca ciertos colores, ayudar a aquellas personas que padecen protanopía, una de las clasificaciones del daltonismo que corresponde específicamente a la carencia de sensibilidad al color rojo, debido a la ausencia de actividad funcional de los protoconos o simplemente porque el individuo carece de éstos [3].

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Será de utilidad un dispositivo biomédico que sea capaz de identificar el color rojo y sus derivados secundarios para las personas protanopes, es decir aquellas que tienen discapacidad visual para el reconocimiento del color rojo y sus derivados?

## **2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un dispositivo biomédico que identifique el color rojo y sus derivados secundarios.

### **2.2. OBJETIVO ESPECIFICOS**

- Diseñar la etapa de acondicionamiento para el reconocimiento de los colores.
- Implementar el código para la detección y visualización de los colores a identificar.
- Evaluar el dispositivo biomédico.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Con este proyecto de investigación se pretende iniciar el desarrollo de un dispositivo biomédico que detecte el color rojo y sus derivados secundarios para que pueda ser usado por personas con protanopía, aquellas con limitación para ver el color rojo, ya que el dispositivo biomédico propuesto podrá ser utilizado como un medio de apoyo para estas personas mejorando su autoestima, calidad de vida y seguridad interior, lo anterior en casos tan básicos como la selección de una prenda de vestir, identificando el tono de ropa propicio y adecuado sin la necesidad del acompañamiento de alguien más, evitando así generar dependencia en otras personas por tareas tan básicas. Este tipo de investigación es muy importante ya que contribuye en el estado psicológico de los pacientes que tienen esta limitación.

#### **3.1. DELIMITACIÓN**

Los inconvenientes presentados para el desarrollo de este proyecto investigativo se ven reflejados en la adquisición del sensor idóneo para la etapa de lectura de frecuencia de color, lo cual ha retrasado de sobre manera las pruebas iniciales, así como el presupuesto estimado para este sensor, ya que deberá ser importado.

Otros factores a resaltar son el tiempo limitado, la poca información relacionada con el tema y la ausencia de un tutor de lleno en nuestro proyecto por inconvenientes varios.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1. MARCO TEÓRICO

En nuestra retina existen tres tipos de células fotosensibles o “conos”. Éstos transforman determinadas longitudes de onda de la luz que reciben, en información que la corteza cerebral procesa como sensaciones de color. Unos hacen que se elabore el rojo, otros el verde y otros el azul.

El grado de estimulación de cada tipo de cono, permite que la corteza cerebral, de forma aditiva y a partir de los tres colores generados, pueda elaborar millones de ellos. Percibimos un “naranja” cuando están algo más estimulados los conos rojos que los verdes y un “amarillo” cuando lo están por igual. Si lo fueran, también por igual, los azules y los verdes, el resultado sería una percepción “azul cian”.

Para los seres humanos la vista es tal vez el sentido más importante, sin embargo cerca del 8% de la población masculina posee algún tipo de discapacidad visual [1] asociada con la reducción parcial o completa para distinguir algunos colores, en tanto que en las mujeres este porcentaje no llega al 1% [2]. Esta discapacidad se presenta de forma natural debido a una mutación genética en el cromosoma X [3], ya que allí se encuentran los genes que codifican la eritropsina (pigmento para el color rojo) y la cloropsina (para el color verde). La mutación de esos genes tiene por resultado la falta o deficiencia de los fotorreceptores para permitir la visualización del color rojo y el color verde respectivamente.

La mayoría de la población posee visión tricromática, es decir poseen los tres tipos de conos (Rojo, verde, azul) funcionando con normalidad, sin embargo, una porción de la población, sobretudo masculina como se mencionó anteriormente, sufre de alguno de los siguientes tipos en que se clasifica el daltonismo [4]:

*TRICROMACIA ANÓMALA*: Consistente en una anomalía en la percepción del rojo, verde o azul, por lo que existen tres tipos así:

1. Protanomalía: Baja sensibilidad al rojo.
2. Deuteranomalía: Baja sensibilidad al verde.
3. Tritanomalía: Baja sensibilidad a colores en el rango del azul - amarillo.

**DICROMATISMO:** Debido a la ausencia de un tipo de cono, se clasifica en:

1. Protanopía: Ausencia de fotorreceptores retinales del color rojo.
2. Deuteranopía: Ausencia de fotorreceptores retinales del color verde.
3. Tritanopía: Ausencia de fotorreceptores retinales del color azul.

Existen cerca de 20 métodos para clasificar y determinar las deficiencias visuales del color, siendo el plato pseudoisocromático de Ishihara el de mayor uso, pero con ninguno de estos métodos es posible determinar el tipo de daltonismo, es decir a que colores se es ciego, y qué grado de ceguera hacia éstos se tiene. Por tal motivo dos investigadores en Brasil (Universidad de Penambuco) han desarrollado dos herramientas computacionales para asistir a los daltónicos. La primera, determina el tipo de daltonismo y evalúa su gravedad. La segunda se basa en la lógica difusa e implementa un método para simular la forma en que los daltónicos ven los colores rojo y verde, para generar casos ficticios de daltonismo [5].

Con la Lógica Difusa adaptaron, en este estudio, el método Ishihara, para identificar específicamente en que color o colores un usuario presenta discapacidad, y lo más importante, en qué grado la padece. De igual forma desarrollaron la herramienta de prueba llamada DALTONTest, que permite simular los casos más comunes de dicromatismo; la protanopía y la deuteranopía, además de revelar las posibles formas en que se manifiesta. Es de anotar que dicha herramienta presenta un diagnóstico estimado sobre el daltonismo sufrido por el usuario, conteniendo tres factores: El grado de daltonismo, el grado de protanomalia y el grado de deuteranomalia. Gracias a este simulador es posible comprender mejor los problemas que deben afrontar las personas que padecen de daltonismo.

Aún cuando el avance en el procesamiento digital de imágenes ha sido enorme, no es fácil simular moderadas o intermedias formas de daltonismo, las cuales son más comunes que los de dicromatismo. Pero como la cantidad de población que la padece no es muy alta, resulta poco atractiva para desarrollar herramientas de corrección, por lo cual esta herramienta de simulación de casos sintéticos resulta importante para desarrollarlas.

También es importante considerar la forma en que el daltonismo llega a afectar el diario vivir de las personas que tienen esta discapacidad, cómo los lleva a desarrollar estrategias para compensar su discapacidad en las tareas cotidianas, en el trabajo y al conducir, de igual forma, como el tipo de iluminación en el ambiente donde se

encuentra un daltónico llega a influir de manera significativa en la percepción de los colores, causando incluso un cambio en el diagnóstico del tipo de anomalía, cuando es sometido a pruebas de diagnóstico con diferentes tipos de fuentes de luz [6].

En cuanto a “la solución más empleada frente a las dificultades experimentadas por los sujetos con la visión del color anómala es la de preguntar o pedir ayuda, ya sea a un familiar, amigo, conocido o a la persona que le acompañe en ese momento. En muchas circunstancias, también, el sujeto opta por abstenerse de realizar la tarea, ya sea por imposibilidad o por aburrimiento o pereza”, aun cuando nos parece que no se ha tenido en cuenta que el individuo podría no realizar la tarea por vergüenza o pena porque no quisiera ser objeto de burlas. Y es por esto que cobra mucha importancia el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas, como la que se propone en este proyecto, que puedan ser de utilidad para las personas con protanopía, de forma que los haga un poco menos “dependientes” de sus familiares, amigos o desconocidos, a la hora de tomar una decisión que implique la escogencia de un artículo u objeto donde el factor preponderante es el color, pues se ha demostrado que “los individuos con defectos en la visión del color tienen más dificultades realizando algunas tareas que los individuos sin tales afectaciones, resultando más complejas para los dicrómatas que para los tricrómatas anómalos” [6].

## 4.2. ANTECEDENTES HISTORICOS

1794, Jhon Dalton describe su propia ceguera al color, al igual que su hermano, él confundió escarlata con verde y rosa con azul. Dalton supuso que su humor vítreo fue teñido azul, absorbiendo selectivamente longitudes de onda más largas [7].

1917, el Doctor Shinobu Ishihara, profesor de la Universidad de Tokio, que fue el primero en publicar sus ensayos, las cartas de Ishihara es un examen para el daltonismo (deficiencias del rojo-verde). Recibió el nombre de su diseñador [8]

1949, Farnsworth describe la prueba de visión o test de colores, donde un grupo de instrumentos coloreados con pigmentos especiales con una saturación y luminosidad constante, que permiten una clasificación exacta del tipo de defecto al color [9]

1980, Anomaloscopio de Nagel, instrumento útil para distinguir una visión tricrómata normal de una deficiencia rojo-verde. Esto se consigue a través del valor necesario para igualar un espectro amarillo con una mezcla de longitudes de onda rojo-verde. Estas pruebas requieren un equipamiento complicado y suelen utilizarse de manera experimental en trabajos de investigación básica para realizar el diagnóstico definitivo del tipo y grado de alteración cromática [10]

Actualmente se emplean exámenes oftalmológicos, los cuales se hacen para revisar la visión y la salud de los ojos y exámenes de visión Cromática, que verifica la capacidad para distinguir entre diferentes colores y consiste en una tarjeta de muestra de puntos multicolores (test Ishihara) [11]

## **4.2. ANTECEDENTES LEGALES**

### **4.2.1. LEY 1680 DEL 20 NOVIEMBRE 2013**

"Por la cual se garantiza a las personas ciegas y con baja visión, el acceso a la información, a las comunicaciones, al conocimiento y a las tecnologías de la información y de las comunicaciones" [12]

### **4.2.2. LEY 100 DE 23/12/1993**

Por el cual se crea el Sistema de Seguridad Social Integral y se dictan otras disposiciones [13]

### **4.2.3. NORMATIVIDAD DALTONISMO**

Según consultas realizadas en bases a nivel nacional y mundial, INCI (Instituto Nacional para Ciegos), Asociación de Daltónicos y otras fuentes de información, NO se encuentra una normativa legal aplicable para este tipo de condición física, las leyes anteriormente expuestas hacen parte de una generalidad de garantías para la visión pero en ninguna de ellas refiere puntualmente al Daltonismo.

## **4.3. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Verdmell, una herramienta para daltónicos; La disfunción en la percepción de los colores, conocida popularmente como daltonismo, constituye una alteración para la que no se han desarrollado demasiadas soluciones de diseño satisfactorias. Esta situación, unida al hecho de que yo también soy daltónico, me llevó a dedicar mi proyecto a tratar de averiguar de qué manera el diseño podría echar una mano a quienes padecen de tal disfunción [14]

El proyecto ColorPicker ayuda a personas con daltonismo, Participantes mexicanos en Imagine Cup 2013 de la Universidad Iberoamericana diseñaron un proyecto basado en una aplicación que ayuda a las personas con daltonismo a diferenciar colores. La app está diseñada para todas las edades (niños, jóvenes y adultos). De acuerdo con datos del equipo ColorPicker, el daltonismo afecta a aproximadamente 200 millones de personas en el mundo [15]

Avances en daltonismo [iPhone]. Hace un tiempo escribí sobre qué es el daltonismo. Mucha gente llegó buscando información y ayuda en cuanto al tratamiento de la discromatopsia y hasta ahora era poco lo que les podía recomendar (más allá de lentes especiales que aumentan el contraste entre colores). Ahora, de mano de los smartphones existe una curiosa aplicación que podría ser útil en alguna situación (tal vez en pocas... pero bue). Se trata de una app para iPhone llamada Dankam que utiliza realidad aumentada (AR) para ayudar a los daltónicos a diferenciar colores **[16]**

Un adolescente hace más accesible la red para personas con daltonismo,El daltonismo es un defecto genético que ocasiona dificultad para distinguir colores. Existen diferentes tipos de daltonismo relacionados con los colores que se distinguen claramente y los que no. En general, la mayoría de las personas que sufren este trastorno pueden navegar por la vida diaria sin ningún problema y muchos incluso no lo notan en mucho tiempo. Sin embargo, la presentación por colores, común en la web, desnuda una imposibilidad que no debería presentarse. Es decir, para entender la información que se encuentra en muchos mapas, diagramas o esquemas es fundamental distinguir colores. ¿Tendríamos que conformarnos con una web que no fuera accesible para el mayor número de personas posible? **[17]**

Un argentino desarrolla la primera app de “Google Glass” para daltónicos,Google Glass promete un extenso horizonte de aplicaciones para los desarrolladores. Una de esas es Color Picker, una aplicación para daltónicos creada por Jonathan Brizio, un joven cordobés de 22 años.

El programa permitirá apuntar hacia un objeto y, mediante comandos de voz, pedirle a las gafas que reconozca el color, cuyo nombre se desplegará en pantalla. “La idea surgió por un colega que sufre de este problema genético. Después de enterarse del desarrollo que estamos realizando, nos prometió hacer de tester una vez que la aplicación sea lanzada en este dispositivo“, indicó Brizio a RedUSERS, agregando que están programando la app nativa para Android **[18]**

## **5. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación adoptado para el desarrollo de este proyecto es experimental, puesto que analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una variable independiente (el color) sobre una variable dependiente (Frecuencia).

## **6. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **6.1. SELECCIÓN DEL SENSOR DE COLOR**

El sensor escogido para el desarrollo del dispositivo fue el TCS230, que básicamente es un conversor de luz de color a frecuencia, que combina fotodiodos de silicio y un conversor de corriente a frecuencia en un circuito integrado CMOS. Es de resaltar que fue necesario importarlo ya que no se encontró con ninguno de los principales proveedores de electrocomponentes del país.

### **6.2. ETAPA DE LECTURA DE FRECUENCIA DEL COLOR**

Se hizo el montaje en protoboard y se programó el PIC 16F873A para que a través de un display mostrara la frecuencia correspondiente para cada color "observado" por el sensor. Como muestras de los diferentes tipos de color (Rojo, Cian y Magenta) se tomó la decisión de obtenerlos de la Internet e imprimirlos en papel de calidad fotográfico, ya que encontrar las muestras de éstos en papelerías, misceláneas, cacharrerías y otro tipo de establecimientos no era sencillo y tomaba demasiado tiempo, de igual forma era necesario que la muestra del color tuviera características reflectantes para que el sensor pudiera tener una señal de retorno efectiva.

## DIAGRAMA ELECTRÓNICO DEL DISPOSITIVO

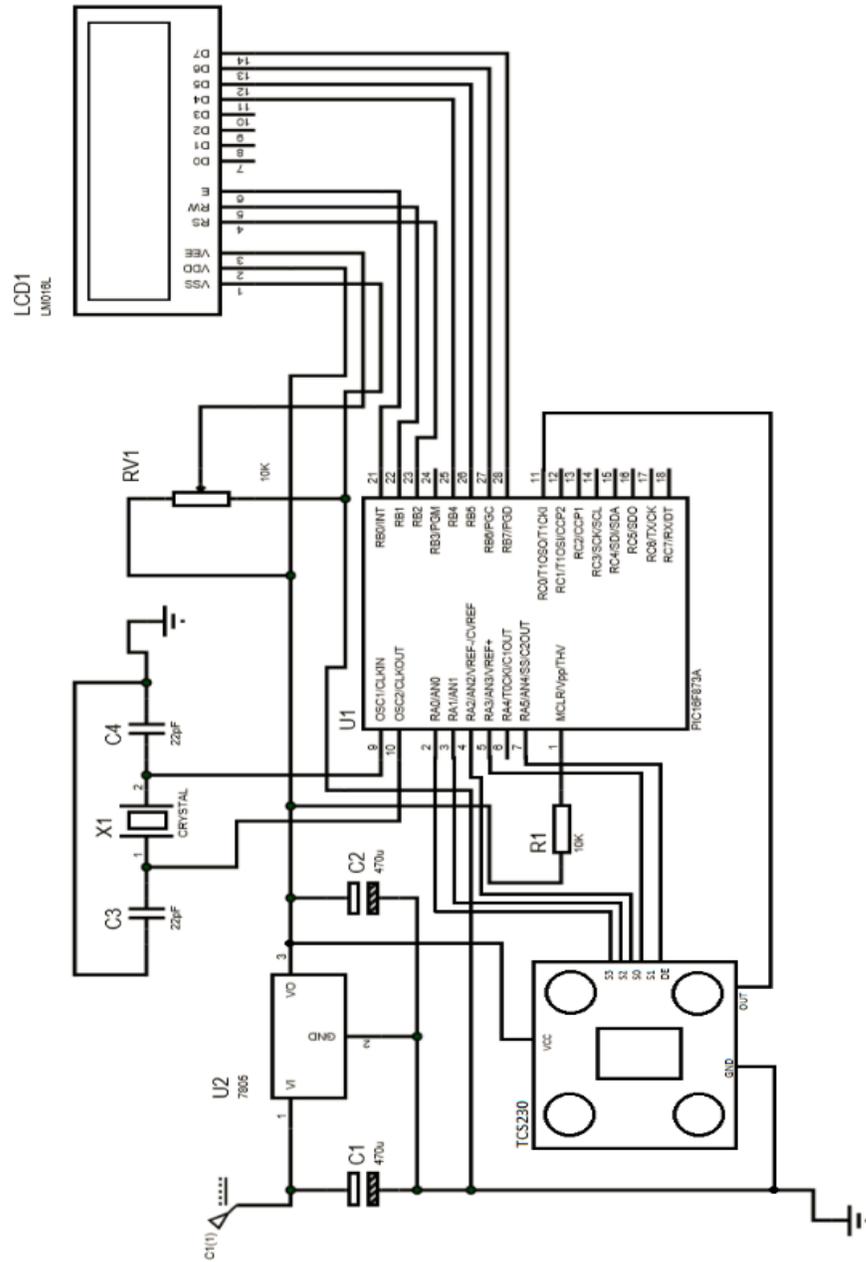


Figura 1. Diagrama electrónico del dispositivo, extraído de Software Proteus.

El siguiente es el código usado para obtener la frecuencia correspondiente a cada color y mostrarlo a través del display.

```
#include "D:\Sensor3\color.h"
#ZERO_RAM

#define LCD_ENABLE_PIN PIN_B0
#define LCD_RS_PIN PIN_B1
#define LCD_RW_PIN PIN_B2
#define LCD_TYPE 2
#include <lcd.c>
void main()
{
  int32 freq;
  lcd_init();
  setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
  setup_adc(ADC_OFF);
  setup_spi(SPI_MASTER|SPI_L_TO_H|SPI_CLK_DIV_4);
  setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
  setup_timer_1(T1_EXTERNAL|T1_DIV_BY_1);
  setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
  setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
  setup_vref(FALSE);

  // TODO: USER CODE!!
  output_low(pin_A0);
  output_low(pin_A1);
  output_high(pin_A2);
  output_high(pin_A3);
  output_low(pin_A5);
  repita:
  set_timer1(0);
  setup_timer_1(T1_EXTERNAL|T1_DIV_BY_1);
  delay_ms (1000);
  setup_timer_1(T1_disabled);

  freq=get_timer1();

  lcd_putc("V");
  printf(lcd_putc, "Freq = %5.2LU Hz\n",freq);
  delay_ms (20);
  lcd_gotoxy(1,2);
```

### 6.3. PARAMETRIZACIÓN DE LA FRECUENCIA SEGÚN EL COLOR

Ya con las muestras de cada color y con el PIC programado para que mostrara la frecuencia correspondiente para cada uno de ellos, a través del display, se tomaron varias lecturas haciendo un barrido sobre la muestra y con éstas se pudo establecer en qué rango de frecuencias el sensor detectaba un color específico. En vista que el rango de detección de frecuencias del sensor era amplio se decidió utilizar no solamente el color rojo y sus derivados secundarios (Cian y magenta), para ello se imprimieron quince (15) muestras más para determinar si el dispositivo podría reconocer colores de la gama del azul e incluso de la gama del verde. Una vez terminado el barrido sobre los demás colores, Se organizaron, compilaron y registraron en la siguiente tabla todos los datos de frecuencia obtenidos.

#### REGISTRÓ DE FRECUENCIAS MEDIDAS PARA CADA COLOR.

COLOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	NEGRO	REY	PINO	ESMERALDA	AGUACATE	INDIGO	GRANATE	OLIVA	BORGONIA
FRECUENCIAS MEDIDAS	2868	3115	3496	3867	4610	5399	6280	6623	11680
	2878	3095	3484	3782	4597	5376	6272	6607	11608
	2850	3140	3496	3777	4605	5382	6245	6671	11637
	2820	3146	3502	3796	4597	5404	6208	6708	11621
	2832	3107	3466	3810	4566	5407	6321	6729	11652
	2844	3132	3503	3826	4604	5397	6206	6666	11614
	2867	3134	3504	3841	4593	5350	6256	6671	11638
2874	3138	3501	3871	4582	5388	6276	6632	11591	
RANGO DEL COLOR	2800~2900	3000~3200	3400~3550	3750~3900	4550~4650	5300~5500	6150~6350	6550~6800	11550~11750
COLOR	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	CIAN	CELESTE	BERMELLON	CARMESI	MENTA	ROJO	ESCARLATA	MAGENTA	BLANCO
FRECUENCIAS MEDIDAS	13029	16875	18965	21672	24715	29028	35180	35930	53176
	13084	16939	19007	21693	24782	29112	35246	35988	53207
	13113	16918	18963	21699	24747	29104	35262	35936	50020
	13068	16898	18976	21750	25021	29174	35328	36007	53213
	13013	16901	18995	21786	25230	29437	35360	36420	53028
	13080	16892	18877	21734	25236	29165	35333	35903	53232
	13118	16933	18997	21680	25187	29085	35251	35967	43428
13040	17030	18994	21746	24782	29001	35194	35930	53600	
RANGO DEL COLOR	13000~13200	16800~17050	18800~19050	21600~21900	24500~25500	28900~30000	35000~35500	35800~37000	40000~54000

**Tabla 1.** Registró de frecuencias medidas para cada color. Tomadas por el grupo de trabajo del proyecto.

#### 6.4. ETAPA DE VISUALIZACIÓN.

Con los rangos de frecuencia establecidos para cada uno de los colores y con una mayor cantidad de colores por reconocer, ya que fue posible parametrizar quince colores más de los tres que se tenía presupuestado, se creó el resto de instrucciones del código para que se mostrara el nombre del color y la frecuencia del mismo, en un display de dos líneas por dieciséis caracteres.

Es de anotar que del rango de frecuencia para cada color, en el momento de crear el límite para el reconocimiento del mismo, éste se amplió un poco para garantizar que no hubiese ambigüedades a la hora de visualizarlo.

A continuación se muestra el resto de las instrucciones del código para determinar qué color es y visualizarlo en el display ya mencionado.

```
if(freq<2950)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: NEGRO");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<3300)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: REY");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<3650)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: PINO");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<4200)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: ESMERALDA");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<5000)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: AGUACATE");
```

```

delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<5800)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: INDIGO");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<6450)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: GRANATE");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<9000)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: OLIVA");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<12500)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: BORGONIA");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<14500)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: CIAN");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<18000)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: CELESTE");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<20000)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: BERMELLON");

```

```

delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<23000)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: CARMESI");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<27000)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: MENTA");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<32500)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: ROJO");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<35900)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: ESCARLATA");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
if(freq<38500)
{
printf(lcd_putc,"COLOR: MAGENTA");
delay_ms (20);
{goto repita;}}
ELSE
{
printf(lcd_putc,"COLOR: BLANCO");
delay_ms (20);;
{goto repita;}}
}}}}}}}}}}}}}}}}

```

## 7. RESULTADOS

El funcionamiento del dispositivo para el reconocimiento de los colores seleccionados ha sido muy aceptable, máxime que de tres colores; rojo, cian y magenta, que se tenía proyectado identificar, se logró incorporar quince colores más que se encuentran no solo dentro del rango de los rojos; granate, borgoña, bermellón, carmesí y escarlata; sino que también están en el rango del azul; rey, índigo, celeste y menta; y del rango del verde; pino, esmeralda, aguacate y oliva; así como el negro y el blanco que se encuentran en los extremos opuestos de la frecuencia del color.

El resultado final fue un aparato de 13 cm x 6.8 cm x 8.5 cm de alto y pesa 215.7 g con una batería de nueve voltios (9 v) instalada, es de anotar que también puede ser operado con un adaptador de nueve voltios (9 v). En la parte superior del dispositivo se colocó un display de dos líneas con 16 caracteres cada una, en el extremo opuesto se ubicó el sensor del color, con el propósito de poner el dispositivo sobre el color que se desea identificar, ya que en las pruebas iniciales con el montaje en protoboard las muestras del color se estaban colocando sobre el sensor y de esta forma era muy inestable la frecuencia leída ya que dependía mucho del tipo de luz que hubiera en el medio que lo rodeara, luz día, fluorescente, halógena, etc., en cambio con el sensor en la base del aparato éste mismo actúa como un bloqueador de cualquier tipo de luz incidente.

## **8. CONCLUSIONES**

Con el desarrollo de este proyecto se demuestra que es posible construir un dispositivo para el reconocimiento de los diferentes tonos del color, pero no solo de dieciocho sino de muchos más, aquellos más comunes, que por una u otra causa no son reconocidos por las personas que padecen alguno de los tan diversos tipos de daltonismo. Se hace inminente el desarrollo de nuevos sensores del color con un tamaño mucho menor y que no solamente identifique aquellos colores reflectivos sino que tengan la capacidad de reconocer los colores mates o semimates con un alto grado de precisión, pues consideramos que para que un dispositivo como este sea aceptado por las personas con daltonismo, deberá ser pequeño y fácil de portar.

## **9. RECOMENDACIONES**

Para nuestros colegas y otros profesionales que se interesen en el desarrollo de un dispositivo con las mismas o similares características les recomendamos considerar el tamaño del sensor, el cual podrá reducir su tamaño y costo gracias a la nanotecnología así como el uso de baterías tipo botón o mejor aún celdas solares, todo con el propósito que a la hora de estructurar todos los elementos que integran el dispositivo en una carcasa o estuche, éste sea lo más pequeño, liviano y por ende atractivo para los consumidores, si es que el propósito es comercializarlo. Otro aspecto que se podría considerar es el de realizar pruebas con personas con daltonismo para medir el verdadero impacto e interés hacia este tipo de tecnología.

## 10. REFERENCIAS

- [1] Pimentel Filho, C.A.F., Montalvão, J., Rehem Neto, A. (2006), “Um estudo de segmentação de imagens baseado em textura”, In: III Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, Curitiba, v. 01, p. 12-12.
- [2] S. Poret, R. D. Jony, and S. Gregory, “Image processing for colour blindness correction,” Science and Technology for Humanity, 2009 IEEE Toronto International conference, Toronto, Canada, 26 – 27 september 2009.
- [3] Martalucía Tamayo Fernández y Jaime Bernal Villegas, “Alteraciones visuales y auditivas de origen genético” Pág. 100.
- [4] Bruni, L.F., Cruz, A.A.V. (2006), “Chromatic sense: types of defects and clinical evaluation tests”, In: Arquivos Brasileiros de Oftalmologia, São Paulo, v. 69, n. 5.
- [5] Jinmi Lee Escola, Wellington Pinheiro dos Santos. (2010), “Fuzzy-Based Simulation of Real Color Blindness”. Politécnica de Pernambuco Universidade de Pernambuco Recife, PE - Brazil [jinmilee@gmail.com](mailto:jinmilee@gmail.com).
- [6] Coca Torrents, Isaura. (2012) “Evaluación de las estrategias de adaptación a disfunciones de la visión del color”, Universitat Politècnica de Catalunya.
- [7] David M. Hunt, \*Kanwaljit S. Dulai, James K. Bowmaker, Jhon Dalton (1995) “The Chemistry of John Dalton’s Color Blindness” Science, Vol 267.
- [8] S. Ishihara, (1917) Tests for colour-blindness (Handaya, Tokio, Hongo Harukicho,
- [9] Colblindor <http://www.color-blindness.com/farnsworth-munsell-100-hue-color-vision-test/>
- [10] “Los avances y la actualidad sobre el daltonismo” 31 de mayo 2013, <http://cmc1bccf.blogspot.com/2013/05/anomaloscopia.html>
- [11] Franklin W. Lusby, MedlinePlus. Actualizado 2 de Julio de 2013
- [12] INCI, Instituto Nacional para Ciegos (2013)

- [13] INCI, Instituto Nacional para Ciegos (1993)
- [14] Oriol Nicolás, Rober Pallas (2008), Elisava Escuela Superior de Diseño e Ingeniería. Barcelona
- [15] mayo 29, 2013, "Proyecto ColorPicker"  
[http://elevemosms.azurewebsites.net/post/El-proyecto-ColorPicker-ayuda-a-personas-con-daltonismo.aspx#.U-BiR\\_mSxyU](http://elevemosms.azurewebsites.net/post/El-proyecto-ColorPicker-ayuda-a-personas-con-daltonismo.aspx#.U-BiR_mSxyU)
- [16] Dr. Lisandro M. Carnielli Médico,  
<http://www.drngen.com.ar/2011/01/avances-daltonismo-ayuda/>
- [17] El Becario | Internet, <http://codigoespagueti.com/noticias/internet-daltonismo/>
- [18] Alejandro D'Agostino, Martes 30 de Julio de 2013.  
<http://www.redusers.com/noticias/un-argentino-desarolla-la-primer-app-de-glass-para-daltonicos/>

## 11. ANEXOS

### 11.1. MANUAL DE USUARIO



**Figura 2.** Dispositivo Biomédico para reconocimiento del color (DRC)

#### 11.1.1. PRÓLOGO

---

Antes de realizar cualquier trabajo con el Dispositivo Biomédico para reconocimiento de color rojo y sus derivados secundarios (Cian y Magenta), lea detenidamente las instrucciones de uso y siga fielmente las indicaciones.

El incumplimiento de las indicaciones y medidas de seguridad del presente manual anula el derecho a garantía.

#### 11.1.2. VOLUMEN DE ENTREGA

---

Descripción	Cantidad	Control
Dispositivo biomédico para reconocimiento del color rojo y sus derivados secundarios (Cian y Magenta).	1	✓
Cable de conexión a red.	1	✓
Manual de Instrucciones de uso.	1	✓

**Tabla 2.** Contenido de entrega del DRC

### 1.1.1.3. INTRODUCCIÓN

---

El dispositivo biomédico para reconocimiento del color rojo (DRC, Dispositivo Rojo del Color) y sus derivados secundarios (cian y magenta), se considera un dispositivo de apoyo para aquellas personas con protanopía, ausencia de fotorreceptores retinales del color rojo.

Las características estándar del dispositivo biomédico incluyen: Funcionamiento mediante pilas o corriente alterna (adaptador de corriente alterno incluido).

### 1.1.1.4. DATOS TÉCNICOS

---

En la siguiente tabla podrá ver los datos técnicos de DRC

Características de Funcionamiento	Valor
Rango de Temperatura de funcionamiento	2°C – 40°C
Rango de lectura (Hz)	2800 – 5400 Hz
Tiempo de estabilización	3 segundo
Requerimiento de energía	-Adaptador AC (Suministrado) -Pila cuadrada 9v (Suministrada)
Dimensiones	13 cm x 6.8 cm x 8.5 cm
Peso neto (g)	215.7 g
Aplicado para colores	Total (18 Colores ) Rojo, cian, magenta, granate, borgoña, bermellón, carmesí, escarlata, rey, índigo, celeste, menta, pino, esmeralda, aguacate, oliva, negro, blanco.

**Tabla 3.** Datos técnicos Dispositivo de reconocimiento del color (DRC)

### 1.1.1.5. ANTES DE LA UTILIZACIÓN

---

Desempaque revise que el envío esté completo. Informe a su distribuidor si faltan partes. El paquete del dispositivo biomédico para reconocimiento del color contiene:

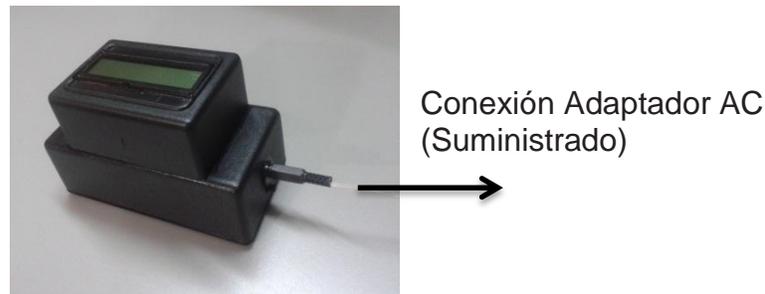
- ❖ Dispositivo biomédico para reconocimiento de color
- ❖ Adaptador de corriente alterna
- ❖ Manual de instrucciones

### 1.1.1.6. CONEXIÓN DE ENERGÍA

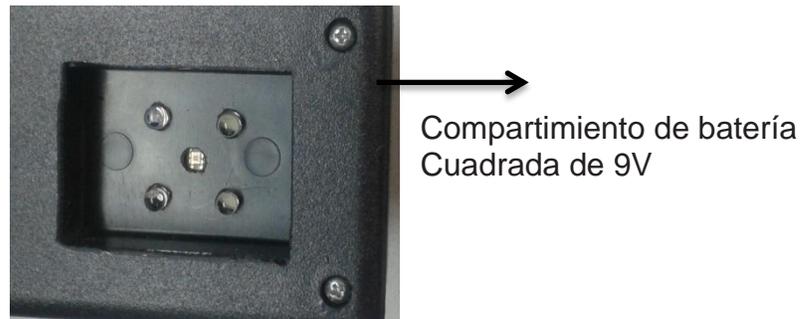
---

Desempaque revise que el envío esté completo. Informe a su distribuidor si faltan partes.

El paquete del dispositivo biomédico para reconocimiento del color contiene:



**Figura 3.** Conexiones a la red.

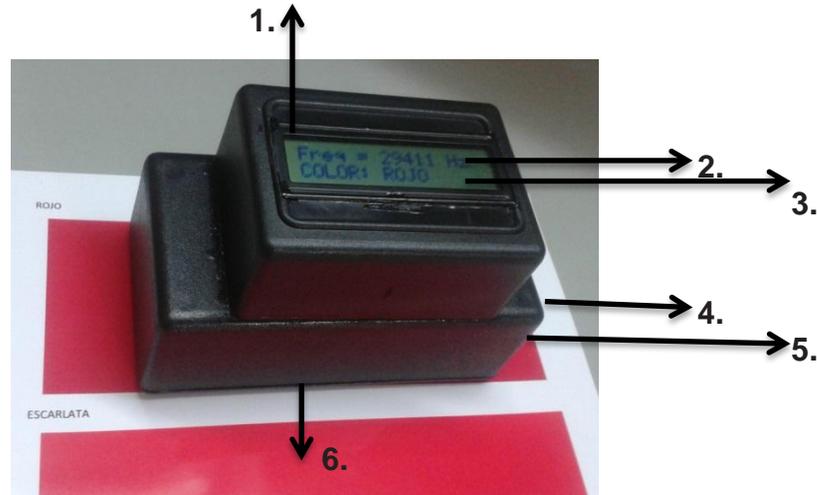


**Figura 4.** Portable, conexión de pila

**NOTA:** Para instalación de baterías, retire los cuatro tornillos con un destornillador de estrella e instale una pila cuadrada de 9V, siguiendo la polaridad que indica el compartimento.

### 1.1.1.7. PANEL DE CONTROL

En el panel de control se encuentra la descripción de los indicadores del dispositivo biomédico para reconocimiento del color (DRC)



**Figura 5.** Repaso de controles y funciones de lectura

No.	Designación	Función
1	Display	Display de visualización
2	Frecuencia	Indicación de rango de Frecuencia (Hz) del color detectado
3	Color	Indicación escrita del color detectado
4	Enchufe de entrada de corriente	Conector para el adaptador de corriente alterna
5	ON/OFF	Encendido y apagado del (DRC)
6	Sensor	Compartimiento de sensor para detección del rojo y sus derivados.

**Tabla 3.** Panel de Control

### 1.1.1.8. OPERACIÓN

---

Energice el dispositivo biomédico para reconocimiento de color rojo y sus derivados (Cian y Magenta)

- ❖ Dispositivo portable: Encienda el interruptor en la parte posterior del aparato. Batería interna suministrada.
- ❖ Dispositivo Fijo: Conecte el Adaptador suministrado AC a toma regulada con puesta a tierra de 120V.

Situé el (DRC) sobre el color a identificar. El dispositivo arroja en 3 segundo la frecuencia y la identificación del color mediante display de visualización. (Figura 6.)



**Figura 6.** Puesta en funcionamiento del (DRC)

NOTA: Tras el encendido del dispositivo este empieza a emitir detección de color de manera constante, el cambio de una muestra con respecto a otra lo hace el (DRC) automáticamente.

### **1.1.1.9. MANTENIMIENTO**

---

Para asegurar el buen funcionamiento del (DRC), mantenga su carcasa exterior limpia. Si es necesario, puede utilizar un trapo humedecido con un detergente suave.

Desconecte el adaptador de corriente alterna cuando no esté en uso. Retire las pilas si va a almacenar el dispositivo biomédico para reconocimiento de color rojo y sus derivados secundarios (Cian y Magenta) por un período largo.

### **1.1.1.10. DETERMINACIÓN DE PROBLEMAS**

---

**Tabla 4.** Determinación de problemas del (DRC)

<b>Síntoma</b>	<b>Causa probable</b>	<b>Solución</b>
No hay lectura.	1. Adaptador de corriente no conectado. 2. Pilas gastadas.	1. Conectar el adaptador de corriente alterna. 2. Cambiar las pilas.
Lectura de Frecuencia incorrecta.	1. Condiciones ambientales no aptas (Filtración de Luz) 2. Pilas gastadas.	1. Verifique que el Sensor se encuentre aislado de la luz. 2. Cambiar las pilas.