



Colorímetro portátil de bajo costo

Clave de registro: CIN2018A20094

Institución: 6779 - COL INDOAMERICANO, S.C.

Área: Ciencias Fisicomatemáticas y de las Ingenierías

Disciplina: Física

Tipo investigación: Desarrollo Tecnológico

Integrantes:

- Báez Guzmán Sofía Alejandra
- Caneda Rios Estefanía
- Pérez Corona Jessica Monserrat

Asesor:

- Karen Ailed Neri Espinoza
- Carla Kerlegand Bañales

Tlalnepantla de Baz, Estado de México 14 de Febrero de 2018

Índice

Resumen ejecutivo.....	3
Introducción.....	5
Fundamentación teórica.....	6
Metodología.....	9
Resultados.....	14
Conclusiones.....	17
Aparato crítico.....	18
Anexo.....	18

Resumen Ejecutivo

Lo que se busca en este trabajo es responder a las varias solicitudes del uso de un colorímetro de bajo costo para personas que necesiten hacer uso del mismo, con una accesibilidad mayor que los ya comercializados, sumando a esto, que es portátil lo que hace su uso más fácil y para su aplicación en cualquier lado; al usar los 4 focos-sensores buscamos que sea eficaz y a la vez barato para que refacciones y mantenimiento se consiga en un presupuesto semejante e incluso menor.

Construir un colorímetro de bajo costo aplicando el principio de funcionamiento del espectrofotómetro, que facilite varios procesos desde el aprendizaje de las personas que padecen daltonismo hasta una solución viable y económica a varias industrias.

Esperamos que con este dispositivo que hemos construido basándonos en modelos ya creados de manera que sea más accesible por el precio y tamaño; mejorando no solo la calidad de aprendizaje de aquellas personas que padecen daltonismo, sino también facilitando los procesos que se llevan a cabo en industrias como de alimentos o automotriz.

Hemos conocido las diferentes aplicaciones de un colorímetro, buscando principalmente economizar la construcción de este. Considerando el beneficio que nuestro dispositivo puede brindar, por ejemplo, en la calidad de vida de una persona con daltonismo, así como en los distintos procesos en los que un colorímetro puede participar.

Nuestro principal hallazgo, fue saber que encontramos las funciones del colorímetro, ya que se usa en muchas industrias importantes como la alimenticia y automotriz, al adentrarnos más al tema, hallamos que tiene una utilidad bastante amplia, desde poder detectar la glucosa en la sangre, igual el color en los autos, saber la caducidad de algún alimento, y cosas más simples aun como para una persona en su día a día, que padezca daltonismo, poder elegir ropa o entre manzanas verdes, amarillas o rojas.

Relacionado a lo anterior, de igual manera que todos los experimentos, hubo errores; pero de la vida hemos aprendido a aprender de los mismos, en este punto es en donde pedimos recomendaciones a cerca de cómo resolver las fallas y como mejorarlo, una de las principales recomendaciones fue aislar los sensores en una caja negra para que los mismos tuvieran mejor recepción del color que le estemos aplicando.

Resumen

Este proyecto fue hecho para la determinación del tono del color, así como sus aplicaciones en las distintas industrias y en la vida cotidiana. El objetivo principal es reducir los costos de producción de este producto haciéndolo de esta manera de más fácil acceso. Para así poder cumplir otro de nuestros objetivos el cual es facilitar la vida de las personas que padecen daltonismo o los procesos que se llevan a cabo en distintas industrias. Hemos utilizado distintas herramientas y piezas, un arduino, un sensor de color, una placa protoboard, etc.; de igual manera buscando que sean económicas y duraderas. Codificando una placa Arduino haciendo que cuatro focos sensores (sensor de color TCS3200) detecten en alguna superficie el espectro de la luz (colores); de esta manera detectara la tonalidad de la superficie reflejándose este en el celular a través de una aplicación conectado al arduino por medio de un bluetooth, que nos ayudara en las diferentes utilidades que se han investigado. Buscando siempre la manera de que los sensores tengan un rango más preciso aislando los sensores con una caja negra para que el color que detecte sea el que realmente estamos poniendo y no los rayos de luz externos. Una de sus ventajas es que es portátil lo que le facilita al consumidor que pueda utilizarlo en cualquier lugar, utilizando solamente una batería portátil para que tenga energía para funcionar. Con este prototipo conocimos las distintas aplicaciones que puede tener un colorímetro buscando la manera de economizar su producción.

Abstract

This project was created for the determination of color tone, as well as its applications in different industries and in everyday life. The main objective is to reduce the production

costs of this product by making it easier to access. In order to fulfill another of our objectives which is to facilitate the life of people suffering from color blindness or the processes that are carried out in different industries. We have used different tools and pieces, an arduino, a color sensor, a protoboard plate, etc. .; in the same way looking for them to be economic and lasting. Coding an Arduino board by having four sensor spotlights (color sensor TCS3200) detect the spectrum of light (colors) on some surface; in this way it will detect the tonality of the surface reflecting this in the cell phone through an application connected to the arduino through a bluetooth, that will help us in the different utilities that have been investigated. Always looking for the way that the sensors have a more precise range isolating the sensors with a black box so that the color that detects is the one that we are really putting and not the external light rays. One of its advantages is that it is portable, which makes it easier for the consumer to use it anywhere, using only a portable battery so that it has power to operate. With this prototype we know the different applications that a colorimeter can have looking for the way to economize its production.

Introducción

La determinación del tono del color es parte de distintos procesos como por ejemplo en la transparencia de piedras preciosas; para medir la exactitud, calidad y estado de los componentes electrónicos; en la identificación de características de la pasta de papel y tintas de impresión.

Aproximadamente el 4% de la población varonil mexicana padece daltonismo, es decir, poco más de 2 millones en México padecen de este trastorno visual que se caracteriza por nula habilidad de edificar cierto tipo de colores o confundirlos con otros, en especial el rojo y el verde.

Como una de sus aplicaciones típicas son los mostradores de comida en restaurantes y hoteles, diseña la iluminación local en los mostradores hasta 10 veces más intensa que en la zona de consumo, para realzar los alimentos. Y comprueba la uniformidad de la iluminación, tanto en intensidad como en color, desplazando el CL-200A alrededor del mostrador de alimentos.

Cuando se trata de alimentos, el color y la apariencia son las primeras impresiones más importantes, incluso hasta antes de que el sentido olfativo se despierte con un aroma agradable.

En la práctica actual entre la industria alimenticia, las dos técnicas principales para la medición del color que se utilizan son: Colorimetría y espectrofotometría.

La colorimetría es la técnica que cuantifica el color mediante la medición de color de tres componentes de colores primarios de luz que son vistos por el ojo humano, específicamente, el rojo, el verde y el azul (también referidos en inglés como Red, Green, Blue "RGB"). Esta medición de color "tri-estímulos" proporciona datos sobre la cantidad de los tres componentes que están presentes en la luz reflejada, o transmitida (típicamente los líquidos) por un producto alimenticio. Estos datos pueden utilizarse, por ejemplo, para ajustar los componentes del color de alimentos preparados o bebidas para mejorar la receta "al ojo," para medir el "cocido" en un producto horneado, y, en los alimentos frescos, para determinar los factores tales como grados de maduración y el deterioro en relación con los ciclos de transporte, almacenamiento, conservación, sabor y ciclo de eliminación.

Los instrumentos de medición de luz y visualización son cruciales para el funcionamiento de la industria automotriz. Tanto la iluminación interior y exterior del vehículo deben ser evaluadas para lograr uniformidad y precisión.

El daltonismo ocurre cuando hay un problema con los pigmentos en los conos y estos encuentran en la retina. No hay cura conocida para este trastorno, en cambio, sabemos que hay otras opciones pero son de mayor costo, es por eso que optamos por el uso del colorímetro, ya que es una opción más económica y de fácil acceso a la mayoría de la población en México.

Como objetivo principal lo que buscamos al realizar este prototipo es, poder realizar un colorímetro de menor costo, refiriéndose a menor costo, que al construirlo sus piezas fueran económicas y que se pudiesen encontrarlas en varios lugares. De igual manera,

nuestro objetivo, fue fabricarlo de manera que sea portátil, haciéndolo más útil y funcional en la vida cotidiana.

Fundamentación Teórica

Como ya se ha mencionado el colorímetro se puede utilizar en diversos campos por ejemplo el colorímetro para la industria alimenticia, es importante para controlar el color en los alimentos con el objetivo de conquistar al consumidor también a través de la vista; por otro lado también es utilizado en laboratorios para el análisis de muestras fisiológicas, basándose en el principio que cada compuesto químico absorbe o emite energía.

Tomando como referencia México en este caso nuestro prototipo es semejante a otros ya comercializados por grandes industrias especializadas en esto poniendo de ejemplo a Konica Minolta con sus ya diversos colorímetros, teniendo el nuestro una ventaja dirigida a los consumidores no a las industrias.

Un colorímetro es el dispositivo que permite la cuantificación de un [color](#) y permite su comparación con otro. Una vez hecha la cuantificación, el valor numérico asignado al color estudiado permitirá su adecuada clasificación en la escala de colores.

Dicha cuantificación se da como una respuesta espectral directamente proporcional a los coeficientes de distribución (funciones de igualación de color) que, de conseguirse una duplicación exacta de estas funciones, la respuesta de la primera fotocélula proporcionará el valor triestímulo X, la de la segunda el valor triestímulo Y y la de la tercera el valor triestímulo Z.

El tipo de colorímetro más utilizado para prácticas de laboratorio por su costo y fácil acceso a los componentes es el colorímetro de filtros triestímulos, considerado un computador analógico fotoeléctrico con una salida que se corresponde con los tres sumatorios o integrales que definen los valores triestímulo, intentando modificar la

función de respuesta espectral de la fotocélula mediante un filtro coloreado de vidrio o gelatina, colocado justo enfrente de la superficie fotosensible de la célula.

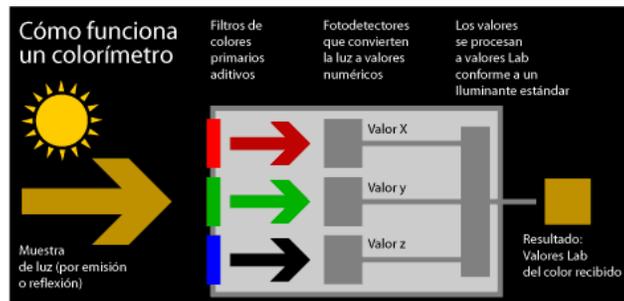


Ilustración 1. Principio de Funcionamiento del Colorímetro.

La energía radiante reflejada en el objeto pasa a través de uno de los tres filtros triestímulos (filtros) e incide en la fotocélula, provocando una respuesta proporcional al valor triestímulo correspondiente de la combinación objeto-fuente.

SENSOR DE COLOR TCS3200

Es un sensor óptico que permite detectar el color de un objeto ubicado en frente de él. Podemos conectarlo este sensor con facilidad a un autómatas o procesador como Arduino. Internamente, el TCS3200 está formado por una matriz de fotodiodos de silicona junto con un conversor de frecuencia, en un único integrado CMOS.

La matriz dispone de 8 x 8 fotodiodos de 110 μm , de los cuales 16 tienen filtros azules, 16 verdes, 16 rojos, y 16 no tienen filtro. Los fotodiodos están distribuidos de forma que minimizan el efecto la incidencia no uniforme de la luz.

La salida del TCS3200 es una onda cuadrada del 50% duty, cuya frecuencia es proporcional a la intensidad luminosa. La tensión de alimentación del sensor es de 2.7V a 5.5V.

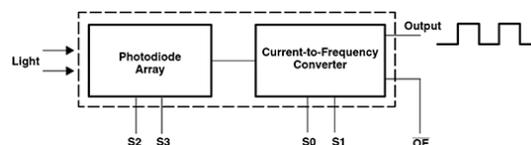


Ilustración 2. Principio de Funcionamiento de sensor TCS3200.

LED RGB

Es en realidad la unión de tres LEDs de los colores básicos, en un encapsulado común, compartiendo el Ground (cátodo es otro nombre más para el negativo).

En función de la tensión que pongamos en cada pin podemos conseguir la mezcla de color que deseemos con relativa sencillez.

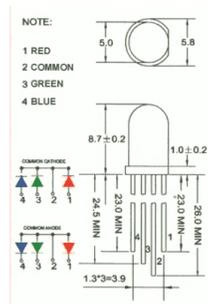


Ilustración 3. Datasheet LED RGB.

Esperamos construir un colorímetro de bajo costo cuya función tenga diferentes aplicaciones en distintos ámbitos tanto laborales como personales. Haciendo de este dispositivo una alternativa de bajo costo y eficaz.

Metodología

Cómo se mencionó previamente, el TCS3200 detecta la luz de color con la ayuda de una serie de fotodiodos de 8 x 8 (divididos en 4 secciones de 16 c/1: con filtros rojos, azules, verdes y otros s/filtros) que son los responsables de detectar los colores.

Como cada 16 fotodiodos están conectados en paralelo, podemos representar un sistema de control a través de una tabla de verdad para seleccionar cuál de ellos será leído:

Tabla 1. Tabla de control de selección de fotodiodos.

Salida 1	Salida 2	Color
0	0	Rojo

0	1	Azul
1	0	s/filtro
1	1	Verde

Con dichas salidas de control podemos seleccionar cuál de ellos será leído.

Ahora bien, existe otra tabla de verdad para el escalamiento de frecuencia que permite optimizar dependiendo su objetivo, ya sea su comunicación con varios micro controladores o contadores; esta nueva tabla de verdad es producto del convertidor de corriente (primera tabla de verdad) a frecuencia (2da. Tabla de verdad) que posee el sensor.

La frecuencia se puede escalar a tres valores predeterminados diferentes de 100%, 20% o 2%, y cuyo modelo es el siguiente:

Tabla 2. Tabla de verdad escalada de frecuencia.

Salida 1	Salida 2	Color
0	0	0%
0	1	2%
1	0	20%
1	1	100%

Ya que conocemos la forma de operar de nuestro sensor, definimos al arduino como el micro controlador a utilizar por ser una placa que además de incorporar un micro controlador reprogramable y una serie de pines-hembra que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores, éste tiene un software gratis, libre y multiplataforma que debemos instalar en nuestro ordenador y que nos permite escribir, verificar y guardar en la memoria del micro controlador de la placa Arduino el conjunto de instrucciones que deseamos que este empiece a ejecutar (Óscar Torrente Artero, 2013).

Antes de elaborar el programa, mostramos el diagrama de flujo como el gráfico que nos conduce paso a paso la resolución del proceso:

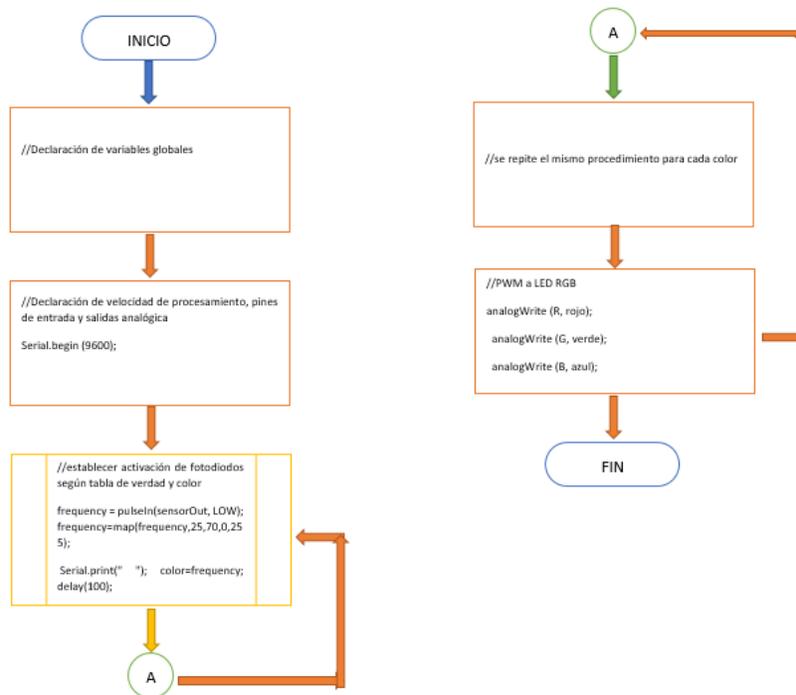


Ilustración 4. Diagrama de Flujo colorímetro

Ya que sabemos la lógica del proceso, implementamos el código en Arduino y que iremos desplegando secuencialmente cada parte del código para explicarlo:

```

const int s0 = 8;
const int s1 = 9;
const int s2 = 12;
const int s3 = 11;
const int out = 10;
int rojo = 0;
int verde = 0;
int azul = 0;

```

Primero, debemos definir los pines de control a los que está conectado el sensor y que van de S0-S3 (pines de 4-7 respectivamente), una variable para leer la respuesta del sensor como Out a través del pin 3 y tres variables en las que se guardará el valor de la frecuencia leída dependiendo del color correspondiente (rojo, verde o azul) y tres más definidos como las salidas de frecuencia en un valor proporcional en PWM y que compete al pin del LED RGB según su color (pines R,G y B con valores de 9-11 respectivamente por ser de salida PWM).

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(s0, OUTPUT);
  pinMode(s1, OUTPUT);
  pinMode(s2, OUTPUT);
  pinMode(s3, OUTPUT);
  pinMode(out, INPUT);
  digitalWrite(s0, HIGH);
  digitalWrite(s1, HIGH);
}

```

En la sección de configuración, definimos los cuatro pines de control como salidas donde, S0 y S1 corresponderán al escalamiento de frecuencia mientras que S2 y S3 al control de los fotodiodos.

Con S0 en alto y S1 en alto, podemos ver en nuestra tabla de verdad que dimos un escalamiento del 20% (se explicará en el análisis de resultados). Por otro lado, el pin de out se estable como entrada para la lectura de la respuesta generada por el componente de sensado.

Con el comando Serial.begin establecemos la comunicación serial micro controlador-computadora para mostrar los resultados en el Serial Monitor a una velocidad de 9600 bits.

```

void loop(){
  color();

  Serial.print("  ");
  Serial.print(rojo, DEC); |
  Serial.print("  ");
  Serial.print(verde, DEC);
  Serial.print("  ");
  Serial.print(azul, DEC);

  if (rojo < azul && verde > azul && rojo < 35)
  {
    if(rojo>7)
      Serial.println("  Rojo Intenso");
    else if(rojo=)
      Serial.println("  Naranja");
    else if(rojo==6)
      Serial.println("  Amarillo Mostaza");
    else
      Serial.println("  Familia de los rojos");
  }
  else if (azul < rojo && azul < verde && verde < rojo)
  {
    Serial.println("  Azul");
  }

  else if (rojo > verde && azul > verde )
  {
    if(verde>13)
      Serial.println("  Verde Fuerte");
  }
}

```

```

        else
            Serial.println(" Verde Claro");
    }
    else{
        Serial.println(" ");
    }
    delay(1000);

}

void color()
{
    digitalWrite(s2, LOW);
    digitalWrite(s3, LOW); |
    rojo = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
    digitalWrite(s3, HIGH);
    azul = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
    digitalWrite(s2, HIGH);
    verde = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
}

```

En la sección de bucle, comenzaremos leyendo los fotodiodos filtrados rojos, accionando los otros dos pines de control y siguiendo su tabla de verdad a través de las variables S2 y S3 (ambos en nivel lógico bajo).

Como se observa, el procedimiento es el mismo y se aplica para los otros dos colores, solo debiendo ajustar los pines de control para el color apropiado según su tabla de verdad.

Finalmente, el valor en frecuencia obtenido en cada uno de los colores, se envía al LED RGB para crear la combinación de colores necesario; esta señal se envía en un valor de PWM que, dependiendo su constante, es la cantidad de energía entregada.

Como diagrama esquemático del circuito, generamos el armado virtual a través de *fritzing*:

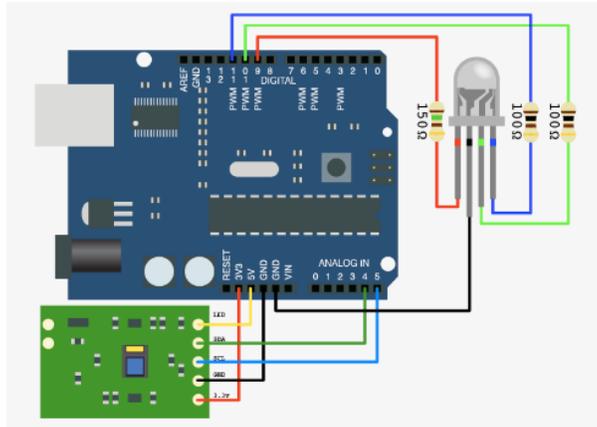


Ilustración 5. Armado Virtual del Colorímetro.

Resultados

Ya que hemos generado el armado virtual del circuito propuesto, lo implementamos de forma física para comprobar su correcto funcionamiento.

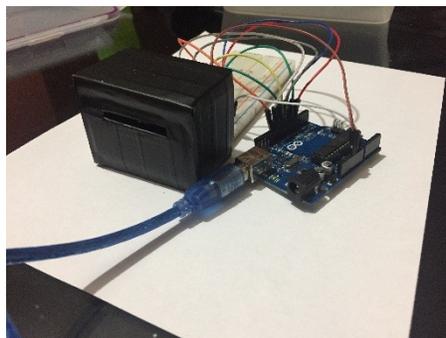


Ilustración 6. Prototipo terminado.

Para exponer el porqué de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la práctica, es importante retomar el principio de funcionamiento del sensor TCS3200, que opera bajo la conversión de intensidad de luz proporcional a su valor en frecuencia medida por una matriz de fotodiodos que nos permiten identificar los colores primarios: rojo, verde y azul, cada uno de ellos integrados por 16 fotodiodos y un filtro. El Datasheet del circuito integrado es como el que se muestra a continuación:

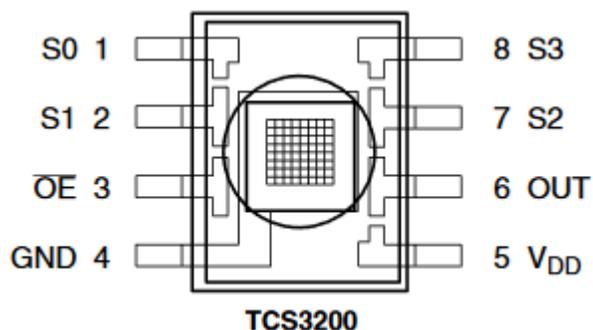


Ilustración 7. Datasheet sensor TCS3200.

Debido a que los fotodiodos no trabajan de manera simultánea, debemos generar la activación de cada color para la lectura que corresponde al espectro referido; dicha selección se obtiene a través de las variables de control de la tabla de verdad de nuestro apartado de desarrollo (tabla 1) que ofrece el fabricante, debiendo enviar un “1” o “0” digital (0 o 5 V analógico) a los pines S2 y S3 dependiendo el color que deseamos medir.

Una vez obtenida la lectura de la iluminación, la corriente se convierte a frecuencia en forma de onda cuadrada con un ciclo de trabajo del 50% donde, el valor leído por el detector se envía por su pin 6 (OUT) al pin de entrada del micro controlador en forma digital (0-255) en un valor proporcional a la intensidad leída. Como el sensor TCS3200 entrega frecuencia en la salida OUT, obtener desde un micro controlador el valor medido consiste en determinar dicha frecuencia. En general, para poder medir una frecuencia es necesario muestrear la señal al doble de la frecuencia según el teorema de Nyquist, aunque en este caso concreto se sabe que se trata de una onda cuadrada y se conoce su duty cycle, lo que simplificará notablemente su estimación a través de calcular el promedio del valor medido con el fin de compensar diferencias de color en la superficie de la muestra y para obtener resultados realistas. Ahora bien, para poder generar el valor en frecuencia, podemos modular su rango o escalado de la señal ya sea en 100, 20, 2 o incluso 0%, retomando la tabla 2 de desarrollo.

El fabricante nos menciona que dependiendo de la intensidad de la luz medida y del color (longitud de onda de la luz) es de 600 KHz. Para poder utilizar el micro controlador

a poca velocidad, es posible escalar la frecuencia en tres niveles, la normal (máxima) al 100%, una media al 20% y otra baja al 2%.

De ello podemos discernir que cuanto más señal, más preciso puede ser el sensor, sin embargo, el aumento de escalado también demanda más energía y tiempo de procesamiento y estabilidad del sensor, por lo que, considerando un rango del 20% de la señal, también entrega resultados rápidos y muy semejantes a los deseados, siempre y cuando se implemente un sistema aislado del sensor con el medio ambiente.

Ahora bien, para saber sí la combinación de los colores primarios nos dará el color leído, utilizamos un LED RGB de 4 pines (3 de ellos corresponden a su respectivo color primario y uno a tierra), cuyos valores en frecuencia guardados en una variable, habrán de ser enviados al mismo tiempo al diodo para generar el color deseado (el valor en rojo leído al pin rojo del LED RGB y así sucesivamente); debemos de destacar que para la obtención de los colores, cada uno de ellos está representado por unidades llamadas mili candelas, que nos permiten saber la intensidad a la que veremos el color, y que se representa a través del siguiente gráfico:

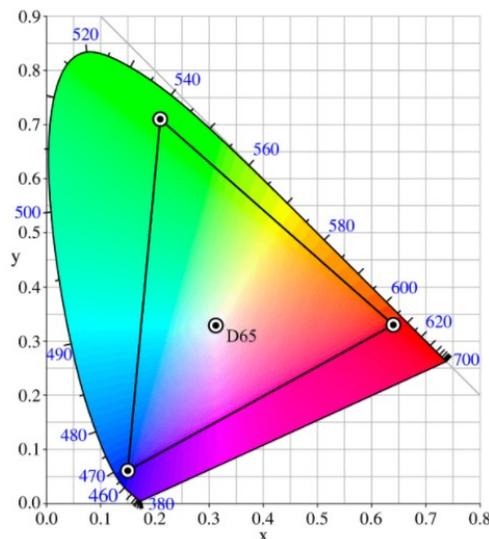


Ilustración 8. Escala frecuencia vs longitud de onda para colores.

Donde los números en azul corresponden a la longitud de onda y los valores en la escala son análogos al valor en frecuencia; como se observa, los valores generalmente

trabajan dentro del triángulo del espectro de colores primarios y se operaría bajo un sistema de coordenadas en tres planos para conseguir el color que esperamos; existen ya herramientas tan simples como Paint o más complejas como Photoshop que te ofrecen la facilidad de manipular este gráfico y te determinan las variables en cada color.

Este gráfico sería muy útil si pretendemos caracterizar los colores de forma manual, pero como el principio de operación de nuestro fotómetro está en la selección de frecuencias y adecuación al color leído de forma automática, este gráfico es representativo para saber los rangos en los que oscilan los colores deseados.

Finalmente, en comparación con un “Handheld alta Precise Color Meter colorimeter jz-350 pantalla LCD Lab LCH” el cual tiene un costo de \$38,357.00 pesos en AmazonMéxico, el nuestro ha tenido un costo final de \$555.00 pesos, tomando esto como una gran diferencia de precio, cumpliendo de igual manera nuestro objetivo de hacer más accesible a nuestro colorímetro, en cuestión de costo y de una manera simple.

Conclusiones

De esta práctica pudimos implementar el diseño básico de un colorímetro y conocer su principio de operación que, aunque se escucha demasiado fácil, en realidad trajo muchas complicaciones en su desarrollo dadas algunas variantes de carácter interno como la programación del micro controlador cuyos valores de lectura en PWM no eran correctamente leídos dado que no se había realizado un mapeo previo para determinar el rango de valores mínimo y máximo y que coincidieran con el escalado en frecuencia propuesto, así como algunos factores externos como la luz ambiente, debiendo ser muy cuidadosos al montar el sistema de aislamiento que nos ofreciera una lectura más veraz de las muestras.

De igual manera, logramos la disminución del precio, ya que las piezas fueron más baratas, concluyendo y comprobando que, si es posible tener la tecnología deseada a un precio razonable, y que nos servirá en nuestro día a día.

Aparato crítico

Fuentes Biblioheroerográficas:

- Capilla, P. (2002). Fundamentos de colorimetría. Valencia: INO Reproducciones,pp.131-136.
- Corona, L. (2014). Sensores y actuadores . México: Grupo Editorial Patria,pp.150-155.
- Loi, G. (2016). Arduino. Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes. Barcelona: Ediciones ENI,pp.9-12.
- Olsen, E. (1990). Métodos ópticos de análisis. Barcelona: Reverté,pp.113.
- Tipler, P. (2003). Física para la ciencia y la tecnología (Vol. II). Barcelona: Reverté,pp.927-930.

Fuentes Mesográficas:

- MedlinePlus. (6 de Noviembre de 2017). Daltonismo. Recuperado el 23 de Noviembre de 2017, de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001002.htm>
- Nedelkovski, D. (Agosto de 2016) Arduino Color Sensing Tutorial – TCS230 TCS3200 Color Sensor. Recuperado de <http://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-color-sensing-tutorial-tcs230-tcs3200-color-sensor/>
- Konica Minolta. (17 de Agosto de 2017). Control De Color En La Industria Alimenticia. Obtenido de <https://www.konicaminolta.com/mx-es/index.html>
- Pomares, J. (12 de Julio de 2009). Manual de Arduino. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11833/1/arduino.pdf>

Anexo

```
const int s0 = 8;
const int s1 = 9;
const int s2 = 12;
const int s3 = 11;
const int out = 10;

int rojo = 0;
int verde = 0;
int azul = 0;

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(s0,OUTPUT);
  pinMode(s1,OUTPUT);
  pinMode(s2,OUTPUT);
  pinMode(s3,OUTPUT);
  pinMode(out,INPUT);
  digitalWrite(s0,HIGH);
  digitalWrite(s1,HIGH);
}

void loop(){
  color();
}
```

```

Serial.print(" ");
Serial.print(rojo, DEC);
Serial.print(" ");
Serial.print(verde, DEC);
Serial.print(" ");
Serial.print(azul, DEC);

if (rojo < azul && verde > azul && rojo < 35)
{
  if(rojo>7)
  Serial.println(" Rojo Intenso");
  else if(rojo=)
  Serial.println(" Naranja");
  else if(rojo==6)
  Serial.println(" Amarillo Mostaza");
  else
  Serial.println(" Familia de los rojos");
}
else if (azul < rojo && azul < verde && verde < rojo)
{
  Serial.println(" Azul");
}

```

```
else if (rojo > verde && azul > verde )
```

```
{
```

```
  if(verde>13)
```

```
    Serial.println(" Verde Fuerte");
```

```
  else
```

```
    Serial.println(" Verde Claro");
```

```
}
```

```
else{
```

```
  Serial.println(" ");
```

```
}
```

```
  delay(1000);
```

```
}
```

```
void color()
```

```
{
```

```
  digitalWrite(s2, LOW);
```

```
  digitalWrite(s3, LOW);
```

```
  rojo = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
```

```
  digitalWrite(s3, HIGH);
```

```
  azul = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
```

```
  digitalWrite(s2, HIGH);
```

```
verde = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);  
}
```