

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Eléctrica

IE0308 – Laboratorio Eléctrico I

II ciclo 2019

Anteproyecto del proyecto final

Vúmetro con un cubo led 3x3x3  
al ritmo de la música

Pablo Gómez Acuña B73201

Belinda Brown Ramírez B61254

Grupo 04, mesa 02

Profesor: Diego Dumani

Fecha de entrega  
28 de octubre del 2019

# Índice

<b>1. Objetivos</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos Generales . . . . .	1
1.2. Objetivos específicos . . . . .	1
<b>2. Nota Teórica</b>	<b>2</b>
2.1. Resistencia . . . . .	2
2.2. Diodo led . . . . .	2
2.3. Transistor NTE196 . . . . .	2
2.4. Arduino . . . . .	3
2.5. Componentes . . . . .	3
2.6. Cubo de LEDs . . . . .	5
<b>3. Lista de equipos y componentes</b>	<b>5</b>
3.1. Equipos . . . . .	5
3.2. Componentes . . . . .	5
<b>4. Diseño</b>	<b>6</b>
<b>5. Procedimiento</b>	<b>8</b>
5.1. Construcción del cubo led 3x3x3 . . . . .	8
5.2. Vúmetro y programación . . . . .	9
<b>6. Anexos</b>	<b>11</b>

## Índice de figuras

1.	Esquemático de diodo led . . . . .	2
2.	Transistores BJT . . . . .	2
3.	Curva del BJT . . . . .	3
4.	Esquemático Arduino Uno . . . . .	3
5.	Diseño vúmetro . . . . .	6
6.	Conexión a la placa de arduino . . . . .	7
7.	Esquemático completo . . . . .	8
8.	Hoja de fabricante del NTE196 . . . . .	11
9.	Especificaciones del NTE196 . . . . .	12
10.	Especificaciones del diodo LED . . . . .	13

# Índice de tablas

1.	Especificaciones técnicas Arduino Uno . . . . .	4
2.	Pines de funciones generales de Arduino Uno . . . . .	4
3.	Pines de funciones específicas Arduino Uno . . . . .	5
4.	Tabla con los componentes utilizados de la bodega . . . . .	5

# **1. Objetivos**

## **1.1. Objetivos Generales**

- Implementar un vúmetro con un cubo de leds 3x3x3.

## **1.2. Objetivos específicos**

- Construir un cubo de leds 3x3x3.
- Diseñar un vúmetro con el fin de encender los leds al ritmo de la música.
- Desarrollar la programación adecuada con el fin de tomar el voltaje de corte como parámetro.

## 2. Nota Teórica

### 2.1. Resistencia

Con el fin de explicar todos los componentes a utilizar en este laboratorio, los resistores o comúnmente llamados resistencias son los componentes que se utilizan con mayor frecuencia en la implementación de distintos equipos electrónicos, con el fin de distribuir adecuadamente la tensión y la intensidad de corriente eléctrica a todos los puntos necesarios.[5] Su resistencia genera una respuesta lineal, debido a que la ecuación matemática entre la tensión y la intensidad de corriente y la tensión entre los dos puntos genera la ley de Ohm[3]:

$$V = R * I \quad (1)$$

$$R = \frac{V}{I} \quad (2)$$

### 2.2. Diodo led

Se define diodo como aquel dispositivo electrónico que tiene la capacidad de propiciar el paso de la corriente en un solo sentido.[4] Es decir, si se conecta de manera en la que el sentido de la corriente es contrario al sentido en el que el diodo permite pasar corriente se asimila como el comportamiento que posee un interruptor en este caso cerrado. El diodo led, presenta las características de los diodos pero con la propiedad adicional de emitir luz. [2]

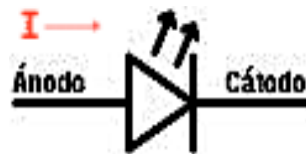


Figura 1: Esquemático de diodo led

### 2.3. Transistor NTE196

En este caso, se requiere utilizar un transistor NTE196 pero en términos generales pertenece a los transistores BJT (Bipolar Junction Transistor) el cual se puede definir como una fuente de corriente controlada por corriente. De acuerdo a su creación existen dos tipos configuración NPN o PNP los cuales se muestran en la figura 2.[1]

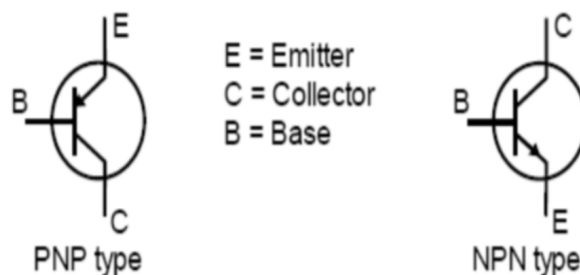


Figura 2: Transistores BJT

El punto de operación del transistor BJT es el que se muestra en la figura 5.[1]

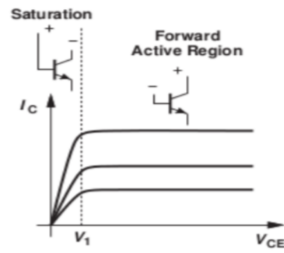


Figura 3: Curva del BJT

Las especificaciones del transistor NTE196 se encuentran en los anexos.

## 2.4. Arduino

Con lo que respecta a la placa de Arduino Uno, es un microcontrolador de código abierto y está construida junto a una serie de pines y componentes los cuales pueden ser programados en Arduino IDE (Entorno de desarrollo integrado) para que controlen ciertas entradas.[6]

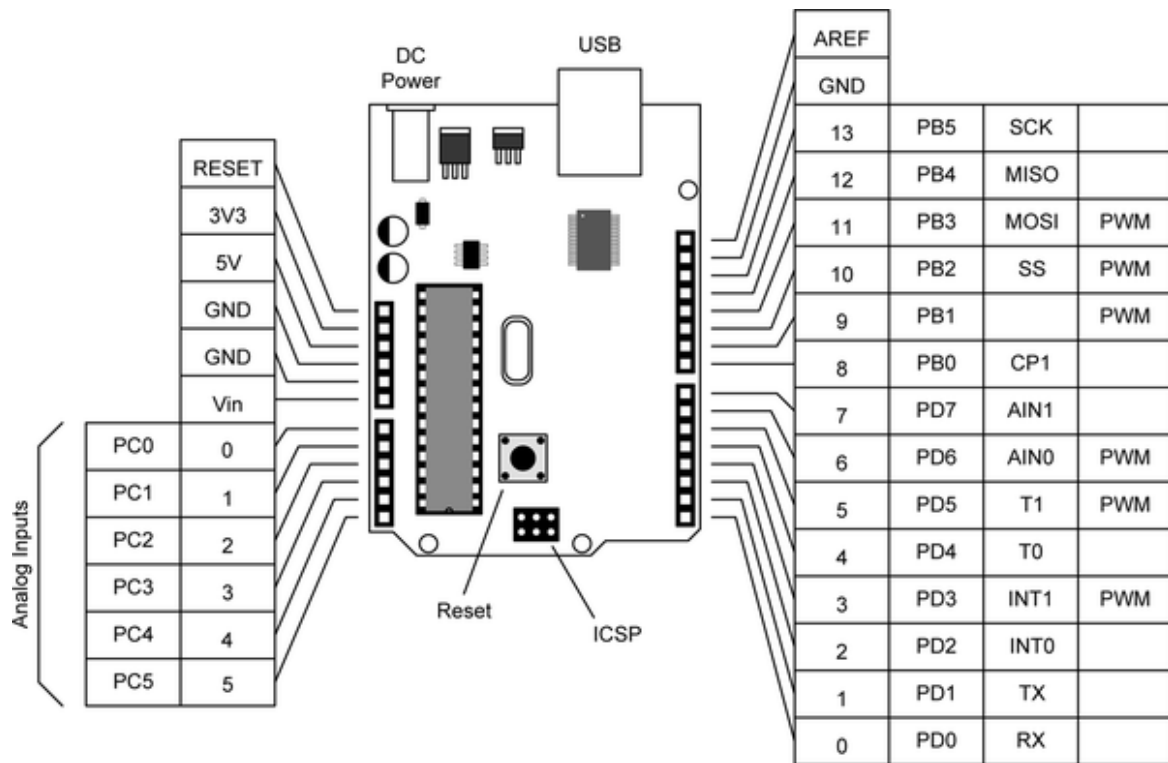


Figura 4: Esquemático Arduino Uno

## 2.5. Componentes

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas:[6]:

Especificación	Valor
Microcontrolador	Microchip ATmega328P
$V_{funcionamiento}$	5 V
$V_{entrada}$	7 V a 20 V
Pines de E/S digitales	14
Pines de E/S <i>digitales</i> <sub>salidaPWM</sub>	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente $DC_{PindeE/S}$	20 mA
Corriente $CC_{Pinde3,3V}$	50 mA
Memoria Flash	32 KB menos 0.5 KB de arranque
Velocidad del reloj	16 MHz

Tabla 1: Especificaciones técnicas Arduino Uno

En la siguiente tabla se muestran las funciones generales de pines:[6]:

Arduino Uno	
Pin	Especificación
LED	Lo controla el pin digital 13, en alto está encendido
VIN	Voltaje de entrada de la placa se utiliza como fuente de alimentación externa
5 V	Emite 5 V en la placa
3V3	Emite 3.3 V en la placa
GND	Pines de tierra del sistema
IOREF	Voltaje de referencia con la que funciona el microcontrolador
Reset	Se utiliza para agregar un botón de reseteo a los aislantes que bloquean el que está en el arduino

Tabla 2: Pines de funciones generales de Arduino Uno

En la siguiente tabla se muestran las funciones de específicas de pines:[6]:



Arduino Uno	
Pin	Especificación
Serie/UART	Son los pines 0 (RX) y 1 (TX). Funcionan para recibir (RX) y transmitir (TX) datos en serie TTL
Interruptores externos	Son los pines dos y tres, se configuran con el fin de activar una interrupción en un valor bajo, un borde ascendente o descendente, o un cambio de valor.
PWM	Es la modulación de ancho de pulso, corresponde a los pines 3, 5, 6, 9, 10 y 11.
SPI	Corresponde a la interfaz periférica en serie, pines: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).
TWI	Por sus siglas en inglés interfaz de dos cables, serían pin A4 o SDA y pin A5 o SCL
AREF	Se entiende como la referencia analógica, funciona como referencia para las entradas analógicas.

Tabla 3: Pines de funciones específicas Arduino Uno

## 2.6. Cubo de LEDs

# 3. Lista de equipos y componentes

## 3.1. Equipos

- Osciloscopio
- Multímetro
- Generador de señales
- Fuente DC

## 3.2. Componentes

En la siguiente tabla se muestran los componentes a utilizar[5]:

Valor	Componente	Cantidad
220	Resistencia	9
10k	Resistencia	3
Blaco de 5mm	LED	27
Placa	Arduino UNO	1
NTE196	Transistor	3

Tabla 4: Tabla con los componentes utilizados de la bodega

## 4. Diseño

Con lo que respecta al diseño, se investigó en modelos ya utilizados y en la documentación adjunta en la bibliografía de modo que al ser 3 niveles se diseño un nivel el cual se debe replicar tres veces en donde la configuración entre los pines viene en el esquemático y lo que va a variar es la programación en el ambiente de Arduino IDLE debido a esto se requiere realizar varias pruebas experimentales una vez montado el diseño.

De acuerdo con las especificaciones del diodo LED a utilizar se requiere un voltaje de 5.5 V y al menos una corriente de 16mA, utilizando un voltaje de entrada de 12 V obtenemos por LCK.

$$-12 + V_{LED} + R_{pin-ánodo} * 16mA = V_{CE_{sat}} \quad (3)$$

$$R_{pin-ánodo} = 625 \Omega \quad (4)$$

Debido a esto, obtenemos que la la resistencia a colocar entre el pin del arduino y el diodo led a encender es de:

$$R_{pin-ánodo} \leq 625 \Omega \quad (5)$$

Por lo que:

$$R_{pin-ánodo} = 200 \Omega \leq 625 \Omega \quad (6)$$

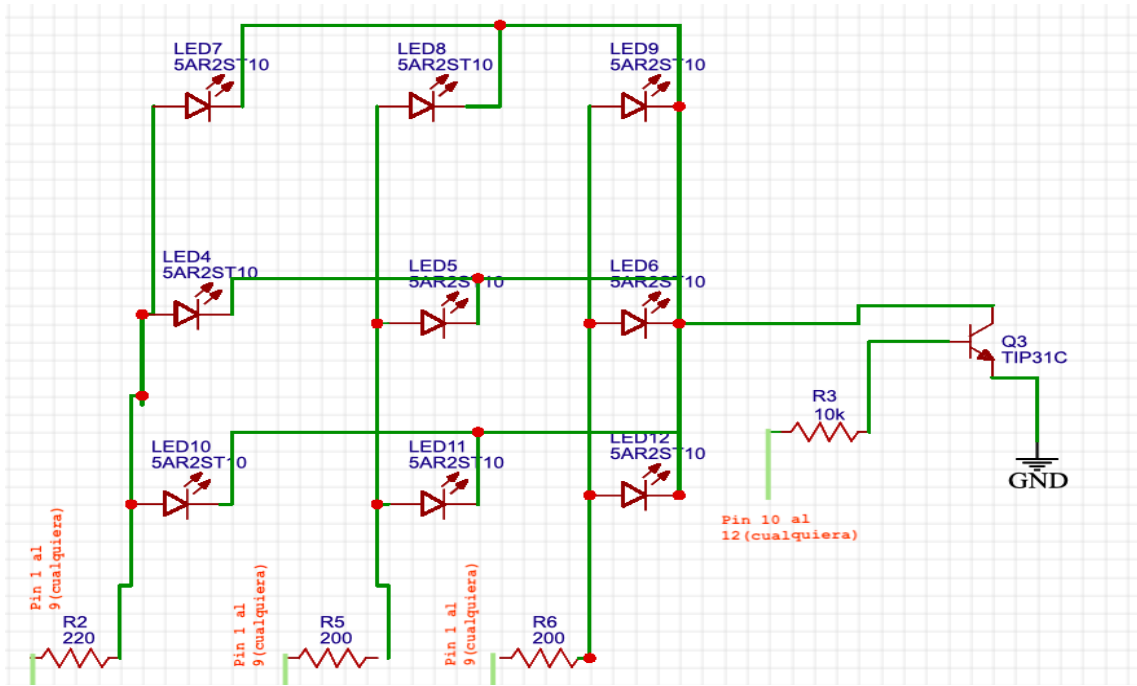


Figura 5: Diseño vúmetro

Por otro lado, de acuerdo a las especificaciones del transistor se requiere una corriente de base menor a 1 mA, con un LCK contemplando el  $V_{BE_{ON}}$ , tenemos que :

$$-12V + R_{pin-base_{NTE196}} * I_B = 3V \quad (7)$$

$$R_{pin-base_{NTE196}} = 15 k\Omega \quad (8)$$

Dado esto, podemos decir que:

$$R_{pin-base_{NTE196}} \leq 15 k\Omega \quad (9)$$

Por lo que:

$$R_{pin-base_{NTE196}} = 10\text{ k}\Omega \leq 15\text{ k}\Omega \quad (10)$$

Se modeló la conexión mediante el programa de Fritzing, donde el potenciómetro simula tres resistencias de  $10\text{ k}\Omega$ , el cual se muestra en la figura 6.

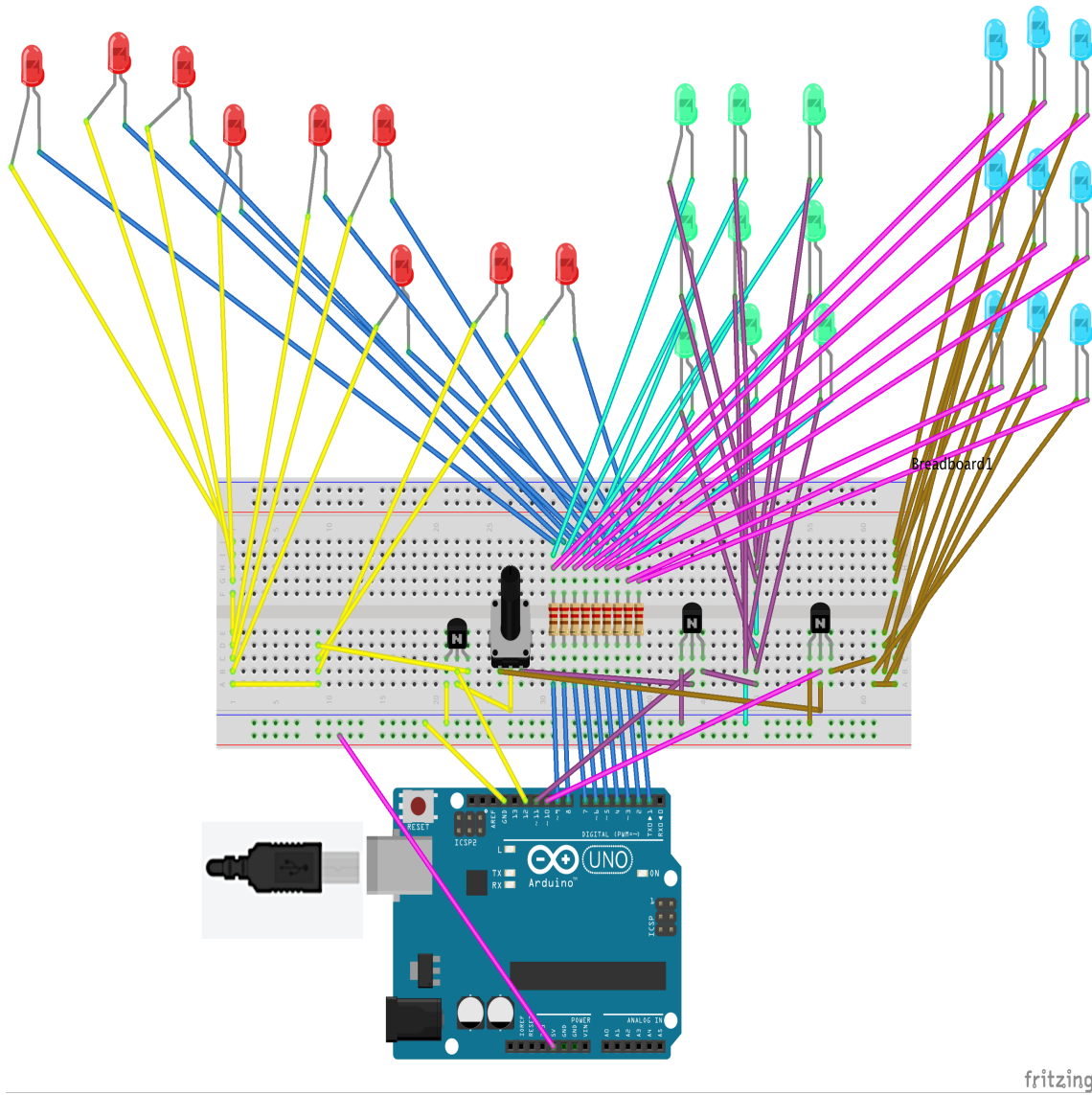


Figura 6: Conexión a la placa de arduino

Finalmente, el modelo junto con el esquemático del cubo de LEDs  $3 \times 3 \times 3$  se vería como se muestra en la figura 7.



- Debido a que es un cubo 3x3x3 se requiere repetir el paso anterior dos veces con el fin de tener 3 niveles.
- Se procede a conectar los tres niveles de modo que todos los ánodos se conectan de manera vertical, es decir, como si fueran columnas.

## **5.2. Vúmetro y programación**

- Se requiere conectar el circuito diseñado.
- Luego, es necesario realizar la programación necesaria en el ambiente de Arduino IDE con el fin de que se enciendan al ritmo de la música.

## Referencias

- [1] J Boxal. *Arduino Workshop: A Hands-On Introduction with 65 Projects*. No Starch Press, 2013.
- [2] R Lenk. C, Lenk. *Practical Lighting Design with LEDs*. Mohamed E. El-Hawary, 2011.
- [3] G McComb. *Digital Electronics With Leds*. Maker Media., 2018.
- [4] F Mims. *Transistor projects*. RadioShack, 1975.
- [5] P Montier. *LED for Lighting Applications*. Wiley, 2009.
- [6] A Smith. *Introduction to Arduino*. Cake made by Lisa Smith and family, 2011.

## 6. Anexos



### NTE196 (NPN) & NTE197 (PNP) Silicon Complementary Transistors Audio Power Output and Medium Power Switching

#### Description:

The NTE196 (NPN) and NTE197 (PNP) are silicon complementary transistors in a TO220 type package designed for use in general purpose amplifier and switching applications.

#### Features:

- DC Current Gain Specified to 7 Amps:  $h_{FE} = 2.3 \text{ Min @ } I_C = 7 \text{ A}$
- Collector-Emitter Sustaining Voltage:  $V_{CEO(sus)} = 70 \text{ V Min}$
- High Current-Gain Bandwidth Product:  
 $f_T = 4 \text{ MHz Min @ } I_C = 500 \text{ mA (NTE196)}$   
 $= 10 \text{ MHz Min @ } I_C = 500 \text{ mA (NTE197)}$

#### Absolute Maximum Ratings:

Collector-Emitter Voltage, $V_{CEO}$	70V
Collector-Base Voltage, $V_{CB}$	80V
Emitter-Base Voltage, $V_{EB}$	5V
Collector Current, $I_C$	
Continuous	7A
Peak	10A
Base Current, $I_B$	3A
Total Power Dissipation ( $T_C = +25^\circ\text{C}$ ), $P_D$	40W
Derate Above $25^\circ\text{C}$	0.32W/ $^\circ\text{C}$
Operating Junction Temperature Range, $T_J$	$-65^\circ$ to $+150^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range, $T_{stg}$	$-65^\circ$ to $+150^\circ\text{C}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case, $R_{thJC}$	3.125 $^\circ\text{C/W}$

#### Electrical Characteristics: ( $T_C = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>OFF Characteristics</b>						
Collector-Emitter Sustaining Voltage	$V_{CEO(sus)}$	$I_C = 100 \text{ mA}, I_B = 0$ , Note 1	70	—	—	V
Collector Cutoff Current	$I_{CEO}$	$V_{CE} = 60 \text{ V}, I_B = 0$	—	—	1.0	mA
		$V_{CE} = 80 \text{ V}, V_{EB(off)} = 1.5 \text{ V}$	—	—	100	$\mu\text{A}$
	$I_{CEX}$	$V_{CE} = 80 \text{ V}, V_{EB(off)} = 1.5 \text{ V}, T_C = +150^\circ\text{C}$	—	—	2.0	mA
Emitter Cutoff Current	$I_{EBO}$	$V_{BE} = 5 \text{ V}, I_C = 0$	—	—	1.0	mA

Note 1. Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300 \mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2\%$ .

Figura 8: Hoja de fabricante del NTE196

**Electrical Characteristics (Cont'd):** ( $T_C = +25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
<b>ON Characteristics (Note 1)</b>						
DC Current Gain	$h_{FE}$	$I_C = 2\text{A}, V_{CE} = 4\text{V}$	30	—	150	
		$I_C = 7\text{A}, V_{CE} = 4\text{V}$	2.3	—	—	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C = 7\text{A}, I_B = 3\text{A}$	—	—	3.5	V
Base-Emitter ON Voltage	$V_{BE(on)}$	$I_C = 7\text{A}, V_{CE} = 4\text{V}$	—	—	3.0	V
<b>Dynamic Characteristics</b>						
Current-Gain Bandwidth Product NTE196	$f_T$	$I_C = 500\text{mA}, V_{CE} = 4\text{V}, f_{test} = 1\text{MHz},$ Note 2	4	—	—	MHz
NTE197			10	—	—	MHz
Output Capacitance	$C_{ob}$	$V_{CB} = 10\text{V}, I_E = 0, f = 1\text{MHz}$	—	—	250	pF
Small-Signal Current Gain	$h_{fe}$	$I_C = 500\text{mA}, V_{CE} = 4\text{V}, f = 50\text{kHz}$	20	—	—	

Note 1. Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300\mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2\%$ .

Note 2.  $f_T = |h_{fe}| \cdot f_{test}$

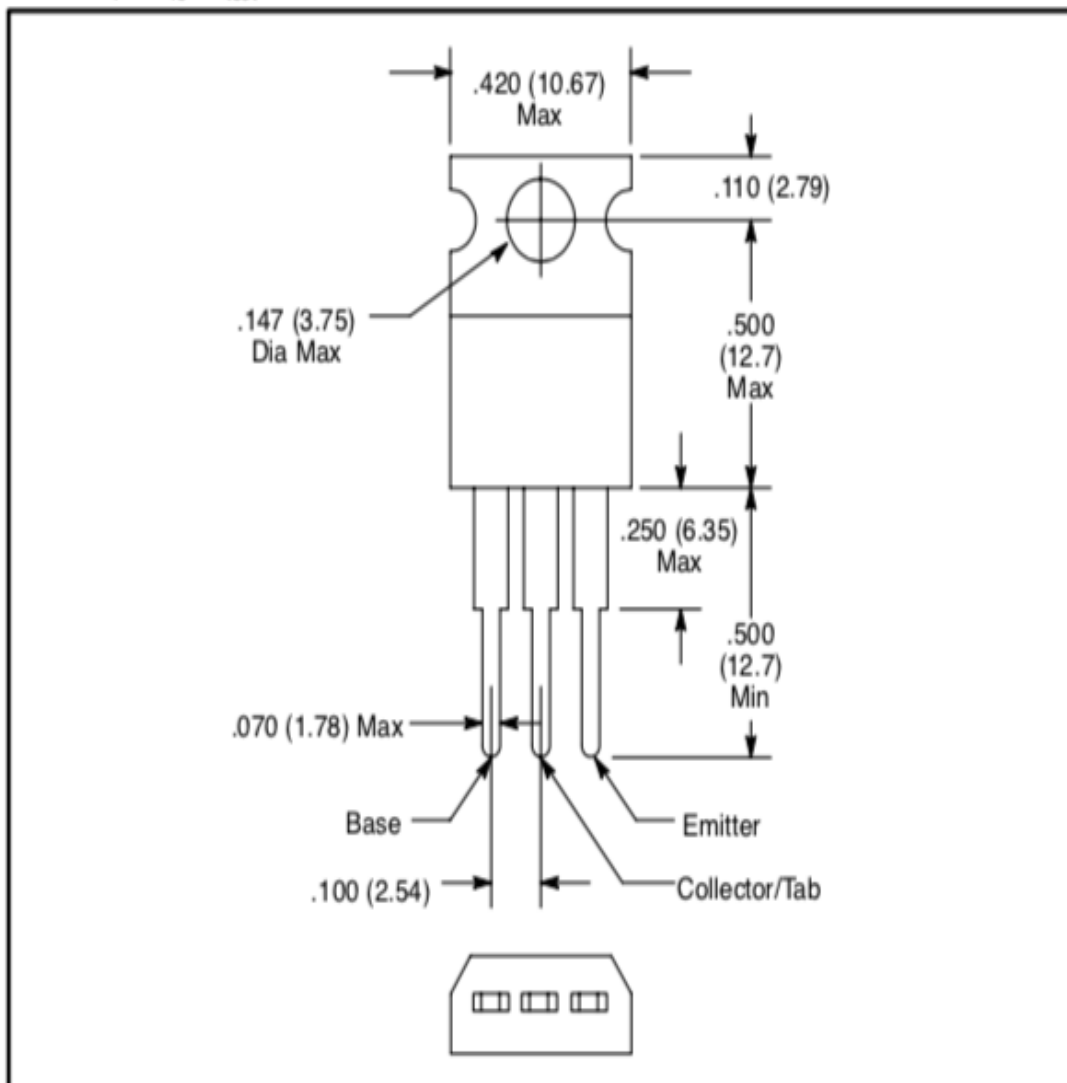


Figura 9: Especificaciones del NTE196



## CURRENT REGULATIVE LED

# CRLED

- CRLED is LED which supplies constant current to keep LED Intensity Consistency even when power supply voltage fluctuations or load impedance fluctuations occur.
- CRLED is used with current stabilization and current limiting

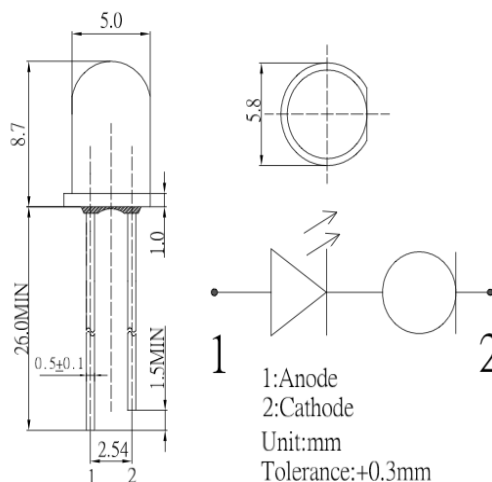
### ■Features

- High Luminous LEDs
- 5mm Round Standard Directivity
- Superior Weather-resistance
- UV Resistant Epoxy
- Water Clear Type

### ■Applications

- Electronic Signs And Signals/ Small Area Illuminations
- Back Lighting/ Toys/ Other Lighting

## ■Outline Dimension

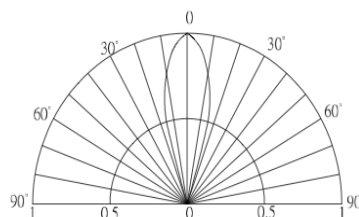


## ■Absolute Maximum Rating

(Ta=25°C)

Item	Symbol	Value	Unit
DC Forward Voltage	V <sub>F</sub>	20	V
Power Dissipation	P <sub>D</sub>	350	mW
Operating Temperature	T <sub>opr</sub>	-30 ~ +85	°C
Storage Temperature	T <sub>stg</sub>	-40 ~ +100	°C
Lead Soldering Temperature	T <sub>sol</sub>	260°C/5sec	-

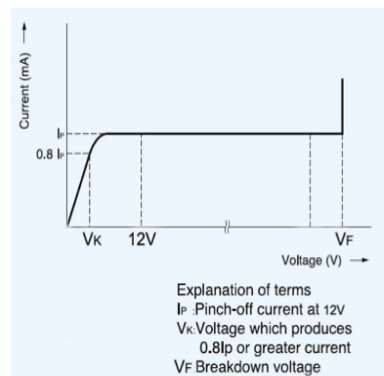
## ■Directivity



## ■Electrical -Optical Characteristics

(Ta=25°C)

Item	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Control Voltage	V <sub>F</sub>	-	5.5	-	20	
DC Forward Current	I <sub>F</sub>	V <sub>F</sub> =12V	-	16	-	mA
DC Reverse Current	I <sub>R</sub>	V <sub>R</sub> =8V	-	-	10	μA
Chromaticity Coordinates*	x	V <sub>F</sub> =12V	-	0.27	-	
	y	V <sub>F</sub> =12V	-	0.28	-	
Luminous Intensity*	I <sub>v</sub>	V <sub>F</sub> =12V	-	10000	-	mcd
50% Power Angle	2θ <sub>1/2</sub>	V <sub>F</sub> =12V	-	30	-	deg



\*1 Tolerance of dominant wavelength is ±1nm

\*2 Tolerance of luminous intensity is ±15%

LED & Application Technologies



<http://www.optosupply.com>

VER A.0

Figura 10: Especificaciones del diodo LED