

Desarrollo de un sistema de visualización de persistencia de la visión mediante tiras Led Programables

Development of a persistence-of-vision display system using programmable led strips

Jahir Guerrero, Diego Sornoza, Jhonny Lopez, Bryan Proaño, Kleber Mora, Guillermo Tumalli

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Julio - diciembre, V°7-N°2; 2026

Recibido: 30-07-2026

Aceptado: 02-08-2026

Publicado: 31-12-2026

PAIS

- Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador
- Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador
- Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador
- Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador
- Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador
- Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador

INSTITUCION

- Universidad "UTE"
- Universidad "UTE"
- Universidad "UTE"
- Universidad "UTE"
- Universidad "UTE"
- Universidad "UTE"

CORREO:

- ✉ byron.guerrero@ute.edu.ec
- ✉ diego.sornoza@ute.edu.ec
- ✉ jhonny.lopez@ute.edu.ec
- ✉ bryan.proano@ute.edu.ec
- ✉ mdkd506766@ute.edu.ec
- ✉ guillermo.tumalli@ute.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0002-9744-0442>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-2120-6021>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0006-5701-7710>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0005-9670-943X>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0006-4737-4992>

FORMATO DE CITA APA

Guerrero, J., Sornoza, D., Lopez, J., Proaño, B., Mora, K. & Tumalli, G. (2026). Desarrollo de un sistema de visualización de persistencia de la visión mediante tiras Led Programables. Revista G-ner@ndo, V°7 (N°2). P. 2393 – 2403.

Resumen

El desarrollo de sistemas de visualización basados en la persistencia de la visión constituye una alternativa para representar información mediante un número reducido de diodos emisores de luz y un mecanismo rotativo. El objetivo de este trabajo fue implementar un prototipo funcional capaz de proyectar palabras de forma estable y legible mediante una tira de ocho LED RGB direccionables, un Arduino Nano, un sensor de efecto Hall y una estructura electromecánica. Se aplicó una metodología de investigación experimental y aplicada, organizada en cinco fases: investigación, diseño electrónico, diseño mecánico, construcción y programación, y validación. El circuito se modeló en Proteus; la placa PCB se organizó de forma compacta y la estructura se diseñó en SolidWorks, considerando el equilibrio del rotor. La programación se realizó en Arduino IDE para sincronizar el encendido secuencial de los LED con la señal de referencia generada por el sensor Hall. Las pruebas verificaron la velocidad de rotación, la sincronización, la legibilidad, el nivel de parpadeo, la estabilidad mecánica, la influencia de la iluminación ambiental y el funcionamiento eléctrico. El prototipo logró formar palabras visibles y relativamente estables, con un mejor desempeño en entornos de baja iluminación. Se concluyó que la calidad de la imagen depende de la coordinación entre la velocidad, la posición angular, los tiempos de activación y el equilibrio mecánico. El sistema demostró la viabilidad académica y tecnológica del principio POV, aunque requiere mejoras en el control de velocidad y en la resolución para aplicaciones de mayor exigencia.

Palabras clave: persistencia de la visión; LED RGB; Arduino Nano; sensor de efecto Hall; sistema rotativo.

Abstract

The development of display systems based on persistence of vision offers an alternative for representing information with a small number of light-emitting diodes and a rotating mechanism. The objective of this work was to implement a functional prototype capable of projecting words stably and legibly using a strip of eight addressable RGB LEDs, an Arduino Nano, a Hall effect sensor, and an electromechanical structure. An experimental and applied research methodology was used, organized into five phases: research, electronic design, mechanical design, construction and programming, and validation. The circuit was modeled in Proteus; the PCB was laid out in a compact layout, and the structure was designed in SolidWorks, accounting for the rotor's balance. Programming was done in the Arduino IDE to synchronize the sequential LED lighting with the reference signal generated by the Hall sensor. Tests verified the rotation speed, synchronization, legibility, flicker level, mechanical stability, the influence of ambient lighting, and electrical operation. The prototype successfully formed visible and relatively stable words, with improved performance in low-light environments. It was concluded that image quality depends on the coordination between speed, angular position, activation times, and mechanical balance. The system demonstrated the academic and technological feasibility of the POV principle, although it requires improvements in speed control and resolution for more demanding applications.

Keywords: persistence of vision; RGB LED; Arduino Nano; Hall-effect sensor; rotating system

Introducción

Los dispositivos de visualización electrónica se utilizan para presentar mensajes, símbolos e imágenes en entornos académicos, industriales y publicitarios. Las pantallas convencionales emplean matrices de numerosos puntos luminosos, lo que puede incrementar el número de componentes, el consumo energético y el espacio ocupado. Frente a esta condición, los sistemas de persistencia de la visión, conocidos como POV por sus siglas en inglés, aprovechan una característica de la percepción humana para generar imágenes aparentes con una sola fila de LED en movimiento.

La persistencia de la visión describe la conservación momentánea de un estímulo visual después de que este desaparece. Cuando varios destellos ocurren con suficiente rapidez y en posiciones sucesivas, el observador no los interpreta como eventos separados, sino como una figura continua. Este principio, relacionado con la percepción del movimiento en el cine y la animación, puede aplicarse a una estructura rotativa en la que los LED se encienden y apagan en instantes específicos de cada vuelta. (Persistencia de la visión explicada, s.f.)

En un visualizador POV, la calidad de la proyección depende de la relación entre la velocidad angular, la posición del rotor y el tiempo de activación de cada LED. Si el giro es insuficiente, se observa un parpadeo perceptible; si la velocidad cambia durante el funcionamiento, las letras pueden deformarse o desplazarse. También es necesario establecer un punto de referencia por revolución para que la secuencia luminosa siempre empiece desde una posición conocida. Para ello, los sensores de efecto Hall resultan útiles porque detectan la proximidad de un imán sin contacto mecánico. (CircuitosArduino, s. f.)

La tecnología LED direccionable facilita la construcción de estos sistemas, ya que cada punto luminoso puede controlarse de forma individual. A diferencia de una tira RGB convencional, una tira programable recibe datos digitales que determinan el color, el brillo y el momento de activación de cada LED. Esta característica permite codificar las letras como matrices binarias y enviarlas secuencialmente durante el giro. (GmbH, s. f.) El microcontrolador actúa como elemento central al leer la señal del sensor, ejecutar los patrones y coordinar los retornos necesarios. Blog UE, (2024)

Los antecedentes revisados muestran que los microcontroladores pueden emplearse tanto en letreros LED fijos como en dispositivos giratorios. Delgado Castro desarrolló un letrero dinámico programable mediante control electrónico, mientras que Himanshu Kashyap y colaboradores (2017) implementaron un visualizador tipo hélice con una aplicación para Android. Ambos trabajos evidencian la utilidad de la programación y de la comunicación digital para

actualizar los mensajes; sin embargo, en un sistema rotativo, la sincronización mecánica adquiere una importancia adicional.

El problema abordado en esta investigación se relaciona con la integración de componentes electrónicos, mecánicos y de programación en una estructura compacta y giratoria. El sistema debe mantener una alimentación estable, detectar la posición angular, alcanzar una velocidad adecuada y evitar vibraciones que afecten la lectura. Una distribución inadecuada del peso o una fijación deficiente puede provocar oscilaciones, reducir la nitidez e incluso comprometer la seguridad del prototipo.

El objetivo general fue implementar un prototipo funcional de visualización basado en la persistencia de imagen, utilizando LED RGB, un Arduino Nano y un sistema electromecánico rotativo para proyectar palabras de forma estable y legible. De manera específica, se investigó el fenómeno POV, se diseñaron el circuito electrónico y el algoritmo de sincronización, se construyó una estructura rotativa equilibrada y se validó la legibilidad bajo distintas condiciones de iluminación.

Como hipótesis de trabajo se planteó que una tira de LED direccionables, sincronizada mediante un sensor de efecto Hall y accionada a una velocidad rotacional estable, permitiría formar palabras reconocibles con un nivel reducido de parpadeo. (SEO, 2022) El estudio tiene un enfoque aplicado, porque transforma conocimientos de circuitos eléctricos, electrónica, programación, máquinas y herramientas en un prototipo verificable. Asimismo, constituye una base para futuras mejoras relacionadas con el control inalámbrico, una mayor resolución, la regulación automática de la velocidad y las aplicaciones de señalización dinámica.

Métodos y Materiales

El estudio correspondió a una investigación aplicada y experimental. Fue aplicada porque se orientó a resolver un problema concreto mediante la construcción de un dispositivo funcional, y experimental porque el desempeño se comprobó mediante pruebas, ajustes y observación directa. El proceso se desarrolló con un enfoque de ensayo y error controlado, registrando los cambios que mejoraban la estabilidad, la sincronización y la legibilidad.

Los principales materiales fueron un Arduino Nano, una tira de ocho LED RGB direccionables, un sensor de efecto Hall, un imán permanente, una batería LiPo, un regulador step-down, un interruptor, conductores, una placa PCB, un motor eléctrico, elementos de fijación y una estructura de soporte. Se utilizaron, además, un multímetro, herramientas de corte y montaje, equipo de soldadura y elementos de protección. El software empleado incluyó Proteus para el esquema electrónico y la placa, SolidWorks para el diseño mecánico y Arduino IDE para el desarrollo del programa.

En la fase de investigación se analizaron el principio de persistencia de la visión, los sistemas POV, la tecnología LED direccionable, el funcionamiento del Arduino Nano, las capacidades inalámbricas del ESP32, la detección magnética, la velocidad angular y el movimiento rotacional. Esta revisión permitió definir los requerimientos del sistema: respuesta rápida, referencia de posición por vuelta, alimentación regulada, estructura ligera y velocidad suficiente para reducir el parpadeo.

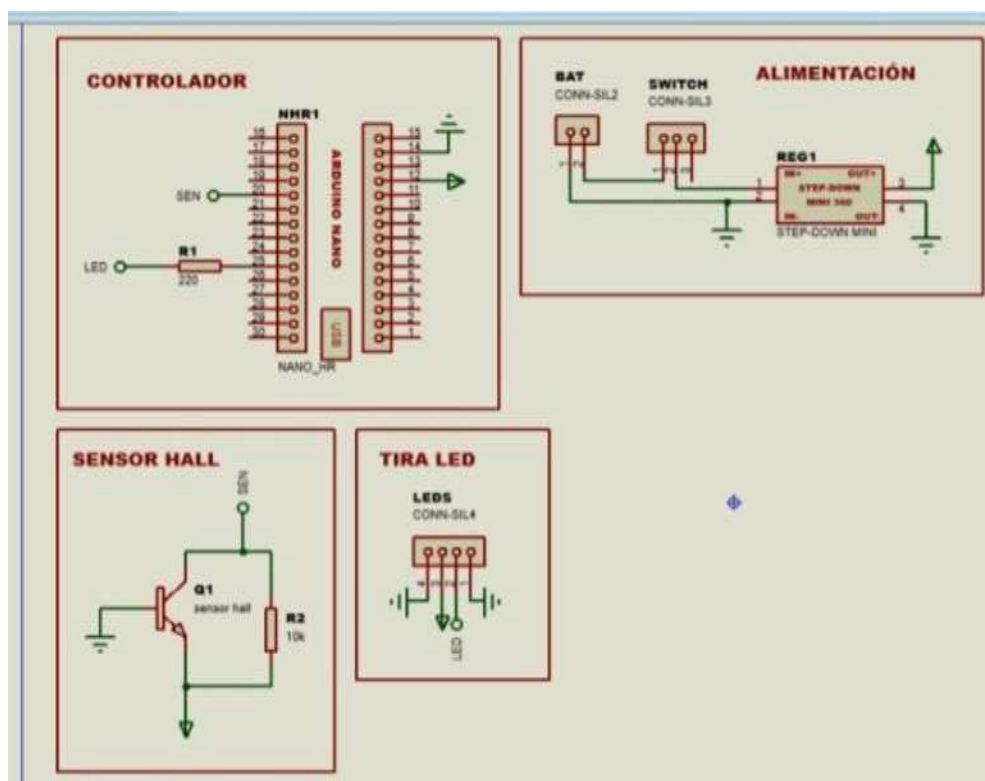
En la fase de diseño electrónico, se elaboró inicialmente un esquema general y luego se simplificó según las necesidades reales del prototipo. El diseño final integró el Arduino Nano, la tira LED, el sensor Hall, la batería, el interruptor y el regulador. El microcontrolador recibió la señal de referencia y transmitió los datos de control a la tira. Posteriormente, la placa PCB se organizó en forma alargada para adaptarse al brazo rotativo, reducir el cableado y mejorar la fijación.

En la fase de diseño mecánico se modelaron la base, el soporte vertical, el acoplamiento del motor y los puntos de fijación. Se priorizó la rigidez de la base y la distribución uniforme de la masa respecto al eje. El diseño tridimensional permitió anticipar interferencias, verificar la ubicación de la placa y estimar el espacio disponible antes de la fabricación. (Motor Eléctrico, s. f.)

Durante la construcción se ensambló la estructura, se instaló el motor y se fijaron los componentes al brazo. Se revisaron los tornillos, los soportes y las uniones para evitar desplazamientos durante el giro. La programación se basó en patrones de letras dispuestos en columnas. Cada detección del sensor Hall reiniciaba la secuencia; después, el Arduino activaba los LED correspondientes y aplicaba breves retiros entre columnas. Los tiempos se ajustaron progresivamente hasta obtener una imagen más estable.

La validación se realizó mediante observación directa y pruebas prácticas. Se evaluaron siete parámetros: velocidad de rotación, sincronización del sensor Hall, legibilidad del texto, nivel de parpadeo, estabilidad mecánica, influencia de la iluminación ambiental y funcionamiento eléctrico. Para cada criterio, se evaluó el comportamiento del prototipo a lo largo de varios ciclos de operación. No se utilizaron instrumentos de alta precisión para medir las revoluciones, por lo que los resultados se interpretaron principalmente de manera funcional y cualitativa.

Figure 1

Esquema electrónico final del sistema POV.

Análisis de Resultados

El diseño electrónico final permitió reducir el sistema a los componentes indispensables para el funcionamiento del prototipo. La organización de la placa en una geometría alargada facilitó su montaje en el brazo rotativo y redujo el número de conexiones sueltas. La vista tridimensional permitió verificar la posición de la tira LED, del Arduino Nano, de la batería y de los elementos de alimentación antes de la fabricación.

El montaje mecánico alcanzó la velocidad necesaria para producir el efecto visual. Durante las primeras pruebas se observaron vibraciones asociadas a la distribución desigual de la masa y a la fijación de algunos componentes. Después de ajustar los soportes y reubicar los elementos, el movimiento se volvió más estable. Este resultado confirmó que el balance del rotor no es un aspecto secundario, sino una condición directamente relacionada con la nitidez del texto.

La programación del Arduino Nano (*Nano | Arduino Documentation*, s. f.) permitió leer la señal del sensor de efecto Hall y utilizarla como referencia en cada vuelta. Al pasar el imán frente al sensor, el programa iniciaba la secuencia de columnas que formaban las letras. Los ajustes de tiempo redujeron el desplazamiento de la imagen y mejoraron la continuidad visual. Cuando la velocidad variaba, la palabra cambiaba de ancho o perdía su posición, lo que evidenciaba la necesidad de una relación constante entre las revoluciones y los retardos programados.

El sistema logró proyectar palabras visibles con una sola línea de ocho LED RGB. El observador percibió una figura más amplia que la dimensión física de la tira debido a la superposición temporal de los destellos. La proyección presentó mayor claridad en ambientes con poca iluminación, donde el contraste entre los LED y el fondo fue mayor. En condiciones de iluminación intensa, el texto siguió siendo perceptible, aunque con menor nitidez.

El funcionamiento eléctrico se mantuvo estable durante las pruebas de validación. El regulador proporcionó el nivel de tensión requerido por la electrónica y la batería permitió alimentar la parte giratoria. No se observaron interrupciones frecuentes en la secuencia una vez aseguradas las conexiones. La experiencia de montaje mostró que las soldaduras, los conectores y la fijación de los cables deben revisarse cuidadosamente, ya que cualquier contacto intermitente altera de inmediato la visualización.

Los siete parámetros establecidos en la validación fueron considerados cumplidos en su aspecto funcional. No obstante, el grado de cumplimiento no fue el mismo en todas las condiciones. La legibilidad y el parpadeo dependieron especialmente de la iluminación y de la estabilidad de la velocidad, mientras que la estabilidad mecánica dependió del equilibrio y de la rigidez de la estructura.

Table 1

Síntesis de la validación funcional del prototipo

Parámetro evaluado	Criterio de verificación	Método	Resultado
Velocidad de rotación	Giro suficiente para producir el efecto POV	Prueba a diferentes velocidades	Cumple
Sincronización Hall	Referencia detectada en cada vuelta	Observación de la posición del texto	Cumple
Legibilidad	Palabras reconocibles sin deformación importante	Lectura visual	Cumple
Parpadeo	Imagen percibida como continua	Observación durante el giro	Cumple
Estabilidad mecánica	Ausencia de vibraciones excesivas	Inspección de rotor, base y fijaciones	Cumple con ajustes

Iluminación ambiental	Texto visible en distintas condiciones	Comparación entre ambientes	Mejor en iluminación	baja
Funcionamiento eléctrico	Alimentación continua del sistema	Verificación encendido continuidad	de y Cumple	

Figure 2

Programación y pruebas del sistema mediante Arduino IDE.



Figure 3

Funcionamiento final del prototipo y formación de texto mediante el efecto POV



En relación con el objetivo general, el prototipo demostró que es posible proyectar palabras mediante la integración de una tira LED programable y de un sistema rotativo controlado. El primer objetivo específico se cumplió al identificar los fundamentos de la persistencia visual y sus aplicaciones. El segundo se alcanzó mediante el diseño electrónico y el algoritmo sincronizado con el sensor. El tercero se verificó mediante la construcción de una base y un brazo que soportaron el giro, y el cuarto mediante las pruebas de legibilidad e iluminación.

El resultado final puede considerarse un prototipo académico funcional más que un producto terminado. La resolución se limitó a ocho puntos verticales, por lo que las formas dependieron de matrices simplificadas. Además, al no existir un control de velocidad cerrado, los retardos se ajustaron para un régimen de giro aproximado. Estas limitaciones no impidieron demostrar el principio de funcionamiento, pero definen las mejoras necesarias para futuras versiones.

La incorporación del ESP32 (2025) se planteó como alternativa de comunicación inalámbrica para modificar el contenido desde un teléfono. Su integración completa permitiría separar la interfaz de usuario del controlador rotativo, almacenar distintos mensajes y ajustar parámetros sin necesidad de recargar el programa. Esta función representa una línea de continuidad del proyecto y no debe interpretarse como una característica plenamente validada en la versión actual.

Discusión

Los resultados coinciden con el principio descrito para los visualizadores POV: una fila de LED puede generar una imagen bidimensional aparente cuando los destellos se sincronizan con el movimiento. La experiencia confirmó que el fenómeno visual no depende únicamente de alcanzar una alta velocidad. La posición inicial, la regularidad del giro y la duración de cada columna influyen de forma conjunta en la estabilidad de la palabra

La función del sensor Hall fue comparable a la del sistema de sincronización de referencia utilizado en otros visualizadores rotativos. Su principal ventaja fue detectar el paso del rotor sin contacto físico, evitando el desgaste y permitiendo reiniciar la secuencia en cada revolución. Sin embargo, una sola referencia por vuelta no corrige las variaciones que se producen durante el resto del giro. Un sistema con medición continua de la velocidad o con varias referencias angulares permitiría recalcular los tiempos en tiempo real y reducir la deformación.

El comportamiento observado también confirma la importancia del diseño mecánico. Una estructura electrónica correctamente programada puede producir imágenes deficientes si el rotor está desbalanceado. Las vibraciones modifican la trayectoria de los LED y generan

desplazamientos visibles. Por esta razón, el balance dinámico, la reducción de masa y la alineación del eje deben considerarse desde el inicio, no únicamente como ajustes posteriores.

La mayor legibilidad en ambientes oscuros era esperable gracias al contraste de luz. Este aspecto limita la aplicación del prototipo en exteriores o en espacios muy luminosos. Para mejorar el desempeño, podrían utilizarse LED de mayor intensidad, control automático de brillo, una cubierta que reduzca la luz incidente o una frecuencia de actualización superior. También sería conveniente medir la iluminancia y establecer valores cuantitativos de legibilidad.

El trabajo de Kashyap y colaboradores mostró que una aplicación móvil puede mejorar la facilidad de uso de un visualizador de tipo hélice. En el presente prototipo, el ESP32 ofrece Wi-Fi y Bluetooth y puede emplearse para recibir mensajes desde un celular. No obstante, la comunicación inalámbrica debe implementarse sin introducir retrasos en la secuencia crítica de los LED. Una arquitectura apropiada consistiría en recibir y almacenar el mensaje antes del giro, mientras el Arduino ejecuta la visualización con tiempos deterministas.

Entre las limitaciones metodológicas se encuentra la ausencia de mediciones instrumentales de revoluciones por minuto, vibración, consumo eléctrico y tasa de error de lectura. La validación fue principalmente cualitativa y funcional. Por ello, las conclusiones demuestran la viabilidad del prototipo, pero no permiten comparar con precisión su rendimiento con el de otros dispositivos. Un estudio posterior debería utilizar un tacómetro, un acelerómetro y un luxómetro, y realizar pruebas con varios usuarios.

A pesar de estas limitaciones, el proyecto integró conocimientos de diversas asignaturas y arrojó un resultado observable. La construcción permitió relacionar circuitos eléctricos, electrónica, programación, diseño mecánico y maquinaria. Desde el punto de vista educativo, esta integración constituye uno de los principales aportes, pues transforma conceptos abstractos como la velocidad angular, la temporización y el control digital en un sistema físico cuyo comportamiento puede analizarse directamente.

Conclusiones

El prototipo demostró que el principio de persistencia de la visión puede utilizarse para formar palabras con una sola tira de ocho LED RGB direccionables. La coordinación entre el movimiento rotativo y la activación secuencial permitió obtener una proyección visible, especialmente en condiciones de baja iluminación. Por tanto, se cumplió el objetivo general de construir un sistema POV funcional y programable.

La integración del Arduino Nano y del sensor de efecto Hall fue determinante para establecer una referencia de posición y repetir la secuencia en cada vuelta. Las pruebas mostraron que la calidad de la imagen depende de cuatro factores relacionados: velocidad constante, temporización precisa, alimentación estable y balance mecánico. Una falla en cualquiera de ellos provoca desplazamiento, parpadeo, vibración o pérdida de legibilidad.

El sistema constituye una base viable para futuras mejoras, pero todavía requiere un control de velocidad con retroalimentación, una resolución mayor, mediciones cuantitativas y una integración completa del control inalámbrico. También se recomienda reducir la masa del rotor y reforzar las medidas de seguridad antes de realizar pruebas prolongadas o desarrollar una versión destinada a uso público.

Referencias Bibliográficas

Blog UE. (2024, mayo 6). Universidad Europea. <https://universidadeuropea.com/blog/que-esmicrocontrolador/>

CircuitosArduino, P. Stem. (s. f.). Persistence of Vision (PoV) Display Using Arduino. Instructables.

Recuperado 15 de julio de 2026, de <https://www.instructables.com/Persistence-of-Vision-PoV-Display-Using-Arduino/>

GmbH, E. (s. f.). Tecnología LED | ERCO Conocimientos luminotécnicos. Recuperado 15 de julio de 2026, de <https://www.erco.com/es/planificacion-de-iluminacion/conocimientosluminotecnicos/led/>

Himanshu Kashyap, Jain, A., Shukla, A. K., & Gururani, M. (2017). LED propeller display with android application. 2017 International conference of Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), 2, 219-222. <https://doi.org/10.1109/ICECA.2017.8212800>

Introducción a ESP32. (2025, marzo 15). ACEBOTT. <https://acebott.com/es/docs/getting-startedwith-esp32/>

Motor Eléctrico: Qué es, cómo funciona y sus partes. (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2026, de <https://www.fracttal.com/es/guias-mantenimiento/motor-electrico-que-es-comofunciona-partes>

Nano | Arduino Documentation. (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2026, de https://docs.arduino.cc/hardware/nano/?utm_source=chatgpt.com

Persistencia de la Visión Explicada: ¿Qué es la Persistencia de la Visión. (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2026, de <https://garagefarm.net/blog-es/persistence-of-vision-explained-what-is-persistence-of-vision>

SEO, E. (2022, febrero 16). Qué es una tira LED direccionable y cómo controlarla. Elstar. <https://www.elstarled.com/es/que-es-una-tira-led-direccionable-y-como-controlarla/>
