



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Tecnológico de Hermosillo

Materia: Robótica

Profesor: Medina Gil Lamadrid, Jesús Iván

7 de marzo de 2025

Unidad 1: Morfología del robot **Tipos de Sensores**

Equipo 6



Hernandez Dominguez ,
Olinsser Alexander
121330599@hermosillo.tecnm.mx



Medina de la Rocha,
Iliana
121330629@hermosillo.tecnm.mx



Mesta Valdez,
Itzel
121330635@hermosillo.tecnm.mx



Santacruz López,
Luisa Fernanda
121330691@hermosillo.tecnm.mx

I. INTRODUCCIÓN

Los sensores son herramientas que detectan y responden a algún tipo de información del entorno físico. Existe una amplia gama de sensores utilizados en la vida diaria, que se clasifican según las cantidades y características que detectan. En este reporte se analizará y profundizará los dos tipos de sensores según su aplicación y tipo de detección: Sensores Internos y Sensores Externos

II. Sensores Internos

II-A. Sensores de Posición

II-A1. Lineales y Rotativos: Los sensores de posición lineal incluyen:

- **Encóder incremental:** Este tipo de sensor convierte el movimiento en una serie de pulsos eléctricos que indican cambios en la posición, pero no su valor absoluto. Requiere un punto de referencia para determinar la posición inicial y utiliza dos señales desfasadas (A y B) para detectar dirección y velocidad. Estos constan, en su forma más simple, de un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí; de un sistema de iluminación en el que la luz es colimada de forma correcta, y de un elemento fotorreceptor (Figura 1). El eje, cuya posición se quiere medir, va acoplado al disco transparente. Con esta disposición, a medida que el eje gire se irán generando pulsos en el receptor cada vez que la luz atraviese cada marca. Llevando una cuenta de estos pulsos será posible conocer la posición del eje.

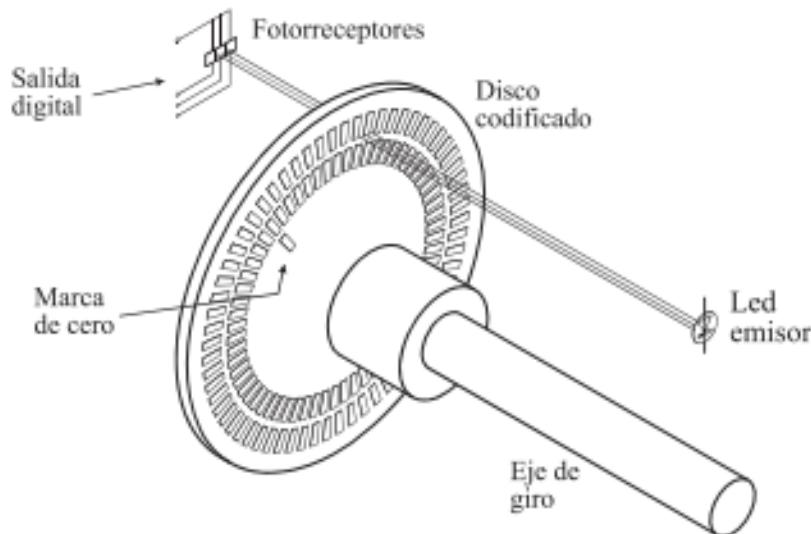


Figura 1: Disposición de un codificador óptico (encóder) incremental.

- **Encóder absoluto:** A diferencia del incremental, el encoder absoluto proporciona la posición exacta en todo momento, incluso después de un apagado. Funciona mediante un disco codificado con un patrón único para cada posición, permitiendo lecturas precisas sin necesidad de reiniciar.

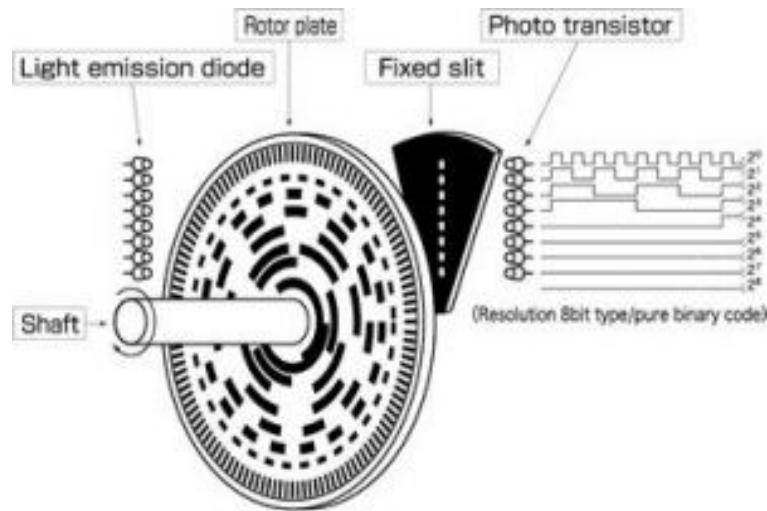
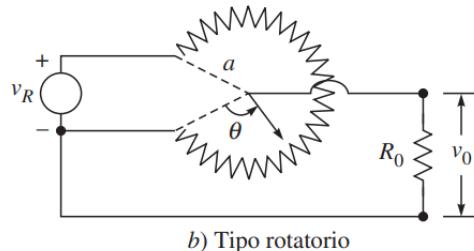
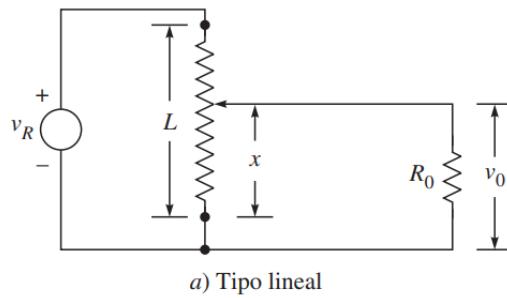


Figura 2: Estructura simplificada del encóder absoluto.

- **Potenciómetro:** Es un dispositivo de resistencia variable que expresa desplazamientos lineales o angulares en términos de voltaje, tal como se muestra en las figuras 3a) y b), respectivamente. Consiste en una clavija deslizante que hace contacto con un elemento resistivo; conforme se mueve este punto de contacto, la resistencia entre el contacto deslizante y las conexiones de los extremos del dispositivo cambia en proporción al desplazamiento, x y para potenciómetros lineales y angulares, respectivamente.



v_R : Voltaje de referencia; v_0 : Voltaje medido
 L, x, R_0, a, θ : Otros parámetros físicos

Figura 3: Potenciómetros.

- **LVDT:** El transformador diferencial lineal variable (LVDT) es un sensor de desplazamiento altamente preciso y confiable. Funciona con una señal de corriente alterna (CA), generando un voltaje proporcional al desplazamiento del núcleo móvil dentro de un campo magnético. Su estructura incluye un núcleo central rodeado por bobinas secundarias y una bobina primaria que crea el campo magnético. A medida que el núcleo se mueve, la señal de salida cambia de manera

lineal con el desplazamiento. También existe el transformador diferencial rotativo (RVDT), que opera con el mismo principio pero para movimientos angulares. Su principio de funcionamiento es basado en la inducción electromagnética. En el esquema de la Figura 4, se observa un núcleo ferromagnético móvil que se desplaza dentro de un conjunto de bobinas:

- **Bobina primaria (L_p):** Recibe una señal de excitación en corriente alterna (CA) y genera un campo magnético.
- **Bobinas secundarias (L_{s1} y L_{s2}):** Están ubicadas a ambos lados del núcleo y captan la variación del flujo magnético cuando el núcleo se mueve.
- **Núcleo móvil:** se mueve dentro de las bobinas y altera la relación de inductancias.

El desplazamiento del núcleo altera la relación de inductancias entre las bobinas secundarias, modificando así la amplitud y fase de la señal de salida. Esto permite determinar la posición del núcleo con alta precisión.

Si el núcleo está en el centro, las señales en las bobinas secundarias son iguales y opuestas, generando una salida cero. Cuando el núcleo se desplaza, una de las bobinas capta más flujo que la otra, lo que genera un voltaje proporcional al movimiento.

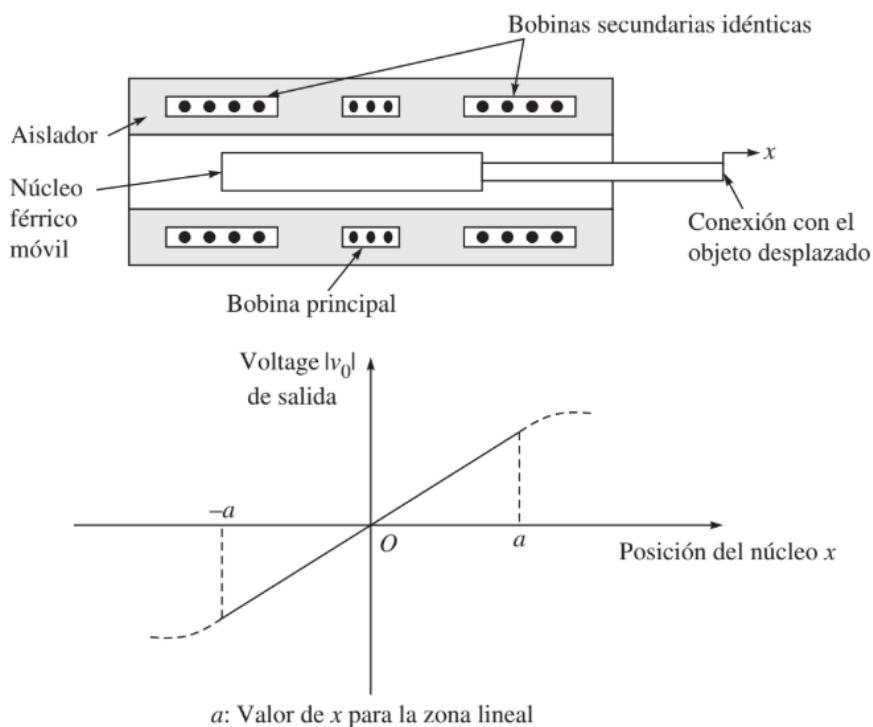


Figura 4: Esquema de funcionamiento de un LVDT.

- **Résolver:** Los résolvers proporcionan señales análogas como salida. Éstos consisten en un eje (flecha) giratorio (rotor) y una carcasa estacionaria (estator). Sus señales tienen que convertirse a la forma digital por medio de un convertidor analógico a digital antes de que la señal sea introducida a la computadora. Su funcionamiento se basa en la conversión de la posición angular del rotor en señales eléctricas proporcionales al ángulo de giro.

Los resolvers se utilizan para medir el ángulo de un eje en aplicaciones donde los encoders no son viables debido a condiciones extremas como temperatura, vibraciones o interferencias electromagnéticas. Funcionan aplicando una señal de referencia de corriente alterna (CA) al rotor, lo que induce tensiones en las bobinas del estator dispuestas a 90° entre sí. Estas señales de salida tienen amplitudes proporcionales al seno y coseno del ángulo del rotor, lo que permite determinar la posición angular con alta precisión.

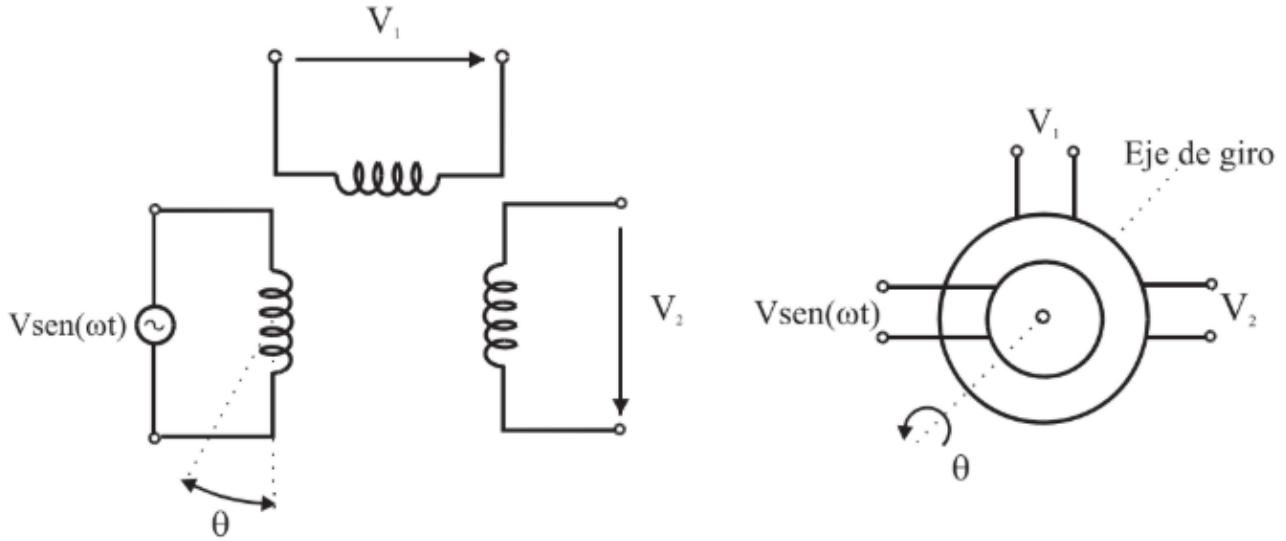


Figura 5: Esquema de funcionamiento de un resolver.

La imagen Figura 5 muestra el esquema de funcionamiento de un resolver, un sensor electromecánico utilizado para medir la posición angular de un eje. En el diagrama se observa un rotor, que es la parte móvil del dispositivo y está conectado al eje de giro, y un estator, que es la parte fija y contiene dos bobinas ubicadas en cuadratura, es decir, dispuestas a 90° entre sí. La señal de referencia, representada como $V_{\text{sen}}(\omega t)$, se aplica a la bobina del rotor, lo que genera un acoplamiento electromagnético con las bobinas del estator. Este acoplamiento hace que las bobinas del estator induzcan voltajes proporcionales al ángulo θ del rotor. Las ecuaciones que describen el comportamiento del resolver son:

$$V_1 = V \sin(\omega t) \sin(\theta) \quad (1)$$

$$V_2 = V \sin(\omega t) \cos(\theta) \quad (2)$$

Esto significa que la señal de salida en el estator depende del seno y el coseno del ángulo de giro del rotor, lo que permite calcular con precisión su posición angular mediante la relación entre ambas tensiones.

II-B. Sensores de Velocidad

La captación de la velocidad se hace necesaria para mejorar el comportamiento dinámico de los actuadores del robot. La velocidad de movimiento de cada actuador (que tras el reductores la velocidad de la articulación) se realimenta normalmente a un bucle de control analógico implementado en el propio accionador del elemento motor. No obstante, en ocasiones en las que el sistema de control del robot lo exija, la velocidad de giro de cada actuador es llevada hasta la unidad de control del robot.

Los sensores de velocidad incluyen:

- **Todos los sensores de posición**
- **Tacómetro:** Estos sensores pueden encontrar directamente la velocidad en cualquier momento y sin mucha carga computacional. Éstos miden la velocidad de rotación de un elemento. Hay varios tipos de tacómetros en uso, pero un diseño sencillo se basa en la regla de Fleming, que declara que “el voltaje producido es proporcional al índice del acoplamiento inductivo”. Aquí un conductor (básicamente una bobina) se sujetó al elemento rotativo que gira en un campo magnético (estator). Conforme incrementa la velocidad del eje, el voltaje producido en

las terminales de las bobinas también aumenta. De otra manera, como se muestra en la figura 6, puede colocarse un imán sobre el eje rotativo y una bobina sobre el estator. El voltaje producido es proporcional a la velocidad de rotación del eje. Esta información se digitaliza mediante un convertidor analógico-digital y se introduce en la computadora.

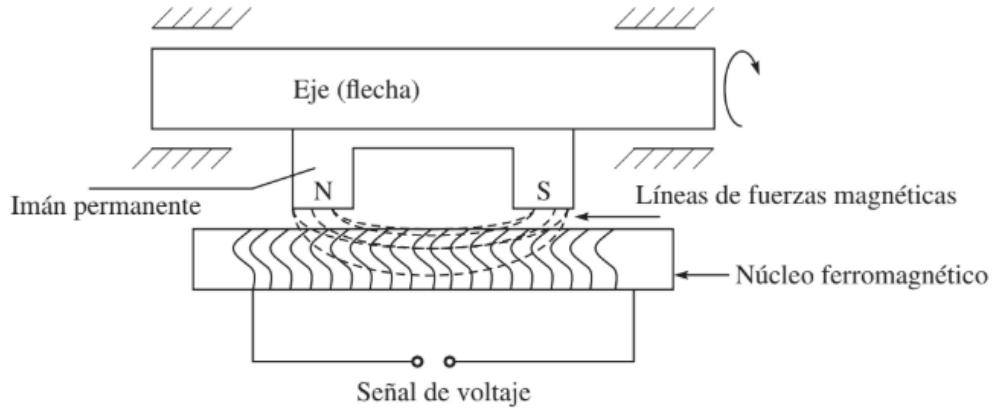


Figura 6: Diagrama Tacómetro

- **Sensor de efecto Hall:** El principio de este sensor es el siguiente: Si una pieza plana de material conductorivo llamada chip Hall se sujeta a una diferencia de potencial en sus dos lados opuestos como se indica en la figura 7, entonces el voltaje que se genera a través de las caras perpendiculares es cero. Pero si un campo magnético se induce en ángulos rectos al conductor, el voltaje se genera en las otras dos caras perpendiculares. Entre más alto sea el valor de campo, más lo será el nivel de voltaje. Si se utiliza un imán anular, el voltaje producido será proporcional a la velocidad de rotación del imán.

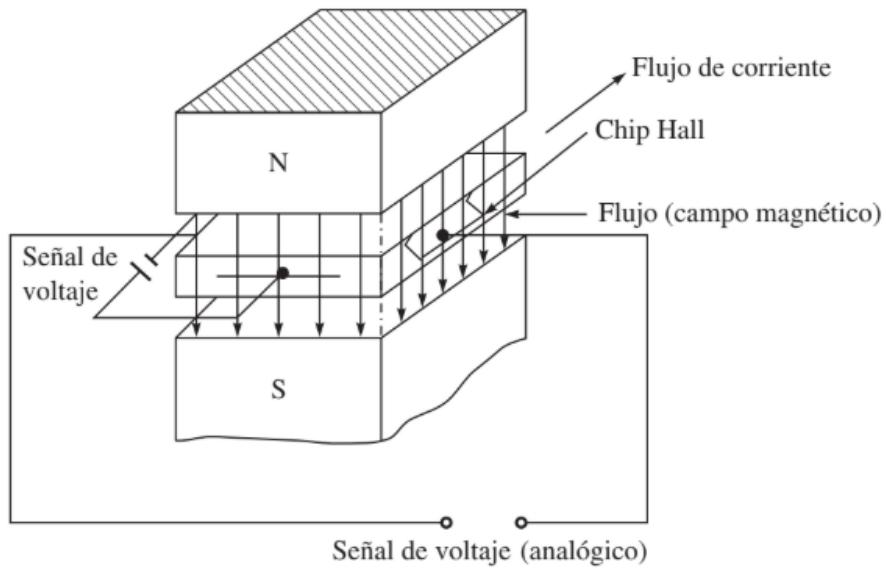


Figura 7: Sensor Hall

II-C. Sensores de Aceleración

La aceleración puede obtenerse a partir de los sensores de velocidad o calculando el cambio en la posición, pero este método es ineficiente y sobrecarga la computadora, afectando el rendimiento del

sistema. Una alternativa es medirla mediante la fuerza, aplicando la fórmula masa por aceleración. Las fuerzas se miden usando la fórmula de las galgas extensométricas, mediante la relación $F = \frac{\Delta RAE}{RC}$ y dividiéndola por la masa del objeto obtenemos la formula de la aceleración:

$$a = \frac{\Delta RAE}{RCm}$$

. Donde:

- F : fuerza
- ΔR : cambio de resistencia de la galga
- A : área
- E : módulo de elasticidad del material de la galga
- R : resistencia original de la galga
- C : constante de deformación de la galga

Este método es preferible, ya que evita la amplificación del ruido que ocurre al calcular la aceleración desde la velocidad, donde se requiere diferenciación. En cambio, la integración de la fuerza ayuda a suprimir el ruido en la señal. Los sensores de aceleración incluyen:

- **Todos los sensores de fuerza**

II-D. Sensores de Fuerza

- **Galgas extensométricas:** Este sensor interno tiene como principio que: “el alargamiento de un conductor aumenta su resistencia eléctrica”, debido a 2 razones principales:
 - Incremento de la longitud del conductor.
 - Decremento en el área del conductor.

De esta forma, se pueden detectar las variaciones, ya que una resistencia normal para galgas es de 50 a 100 ohmios.

Cuando el objeto al que está adherida la galga se deforma (por tensión o compresión), la longitud y la sección transversal del material de la galga cambian, lo que modifica su resistencia eléctrica. Esta variación de resistencia se mide con un circuito en puente de Wheatstone y se convierte en una señal eléctrica proporcional a la deformación.

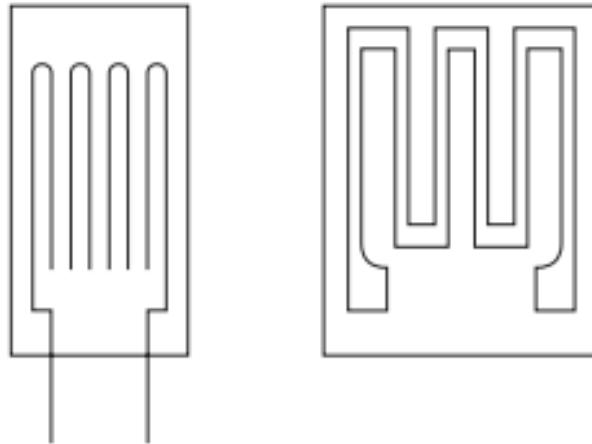


Figura 8: Galgas extensométricas

- **Interruptores de efecto Hall:** Los interruptores de efecto Hall son sensores electrónicos que detectan la presencia de un campo magnético y generan una señal de salida en respuesta.

Cuando un material conductor o semiconductor, como el silicio, se somete a un campo magnético perpendicular a la dirección de la corriente que circula a través de él, se genera una diferencia de potencial (voltaje Hall) en dirección perpendicular a ambos.

Los interruptores de efecto Hall utilizan este principio para detectar campos magnéticos y generar una señal de encendido o apagado.



Figura 9: Interruptor de efecto Hall

- **Interruptores piezoelectricos:** Este sub tipo de sensor interno de fuerza utiliza el principio del efecto piezoelectrico, el cual señala que: “cuando cristales elásticos asimétricos se deforman mediante una fuerza, se desarrollará un potencial eléctrico dentro de la red cristalina deformada”. Cuando se aplica una presión sobre la superficie del interruptor, el material piezoelectrico dentro del dispositivo genera una pequeña carga eléctrica. Esta señal es procesada y utilizada para activar o desactivar un circuito, funcionando como un interruptor táctil sin desgaste mecánico.



Figura 10: Interruptor piezoelectrico

III. SENSORES EXTERNOS

III-A. Sensores de Contacto

- **Interruptores de límite:** El interruptor de límite es un sensor mecánico que se activa al ser presionado, generalmente mediante un brazo mecánico, y puede operar con contacto directo o mediante un imán. Existen en configuraciones normalmente abiertas (NO) y normalmente cerradas (NC), permitiendo o interrumpiendo el flujo de corriente según su activación. También pueden tener uno o varios polos para controlar distintos circuitos. Aunque son fiables, presentan desventajas como desgaste mecánico y menor velocidad en comparación con sensores sin contacto. Se utilizan en robots para detectar posiciones extremas y detener actuadores, evitando daños en la estructura mecánica.

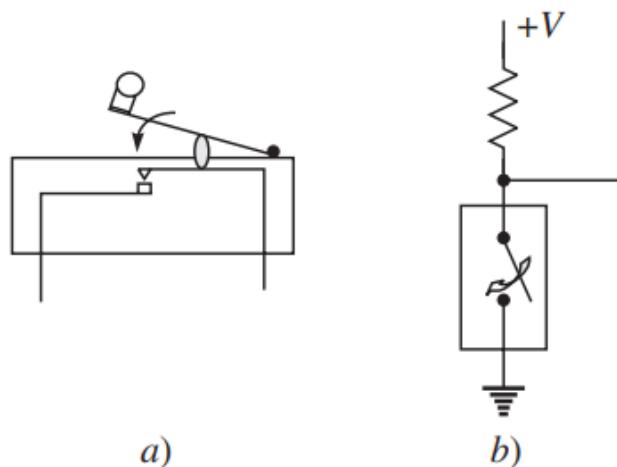


Figura 11: Interruptor de límite

- **Interruptores neumáticos:** Un interruptor neumático es un tipo de dispositivo de commutación que utiliza aire para funcionar. Cuando se comprime, el interruptor neumático envía un soplo o una bocanada de aire a lo largo de un tubo de PVC hasta un interruptor de aire. El movimiento del aire activará el interruptor de aire, que creará el circuito eléctrico y activará un dispositivo. Los interruptores neumáticos son muy populares y forman parte de nuestra cartera de productos. Debido a que los interruptores neumáticos son necesarios en muchas aplicaciones e industrias.



Figura 12: Interruptor neumático

- **Sensores piezoeléctricos:** Un sensor piezoeléctrico es un dispositivo basado en la teoría del efecto piezoeléctrico, el cual es utilizado para medir presión, aceleración, tensión o fuerza; transformando las lecturas en señales eléctricas. Para obtener propiedades piezoeléctricas, el material debe someterse a un fuerte campo eléctrico para secuenciar las cargas. Siendo eliminado el campo eléctrico, la carga se liberará y cuando se aplique presión, la carga se reorganizará para provocar la carga deseada.

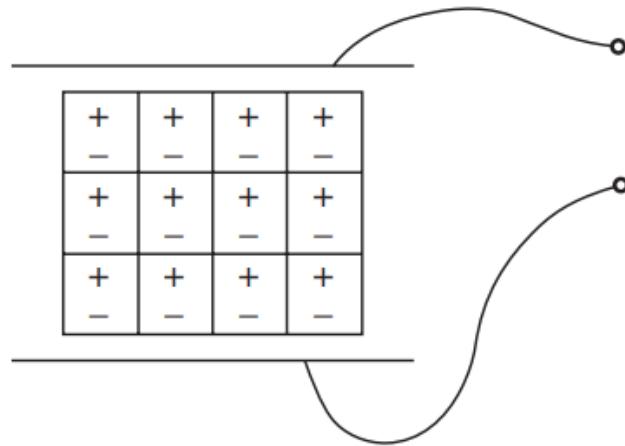


Figura 13: Sensor Piezoeléctrico

- **Transductores de presión:** Un transductor de presión convierte la presión en una señal de salida eléctrica. La señal eléctrica puede ser digital o analógica y es utilizada por otros dispositivos como controladores, alarmas y otros sistemas de circuito cerrado. Los transductores de presión se utilizan ampliamente en diversas aplicaciones residenciales y comerciales como bombas, vehículos, aeronaves, etc., donde se requiere la medición de presión. Estos dispositivos son cruciales para garantizar la seguridad y eficiencia en los sistemas al proporcionar datos de presión precisos y en tiempo real.



Figura 14: Transductor de presión

III-B. Sensores sin Contacto

- **Sensores de proximidad:** Los sensores de proximidad permiten detectar la presencia o ausencia de objetos sin contacto físico. Se dividen en inductivos y capacitivos.

1. Sensor de proximidad inductivo: Diseñado para detectar objetos metálicos mediante un campo magnético generado por un oscilador.

-Compuesto por cuatro elementos: bobina y núcleo ferroso, circuito oscilador, circuito detector y circuito de salida de estado sólido.

- Funciona detectando cambios en la amplitud del oscilador cuando un objeto entra o sale del campo magnético.
- Tiene un rango de detección típico de 10-15 mm, aunque algunos alcanzan hasta 100 mm.
- Factores mecánicos y ambientales pueden afectar su precisión.

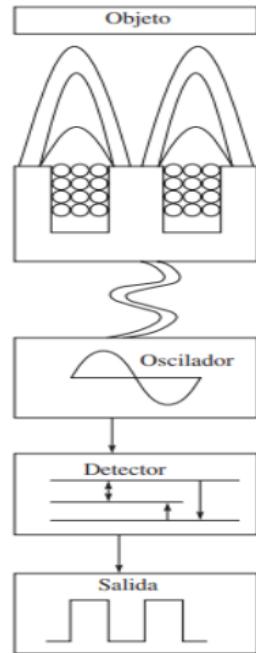


Figura 15: Sensor de proximidad inductivo

2. Sensor de proximidad capacitivo: Similar al inductivo, pero funciona con la capacidad dieléctrica, permitiendo detectar tanto objetos metálicos como no metálicos.

- Compuesto por los mismos cuatro elementos del sensor inductivo.
 - Puede detectar objetos ligeros, pequeños y a través de barreras no metálicas (vidrio, plástico).
 - Presenta ventajas como alta velocidad de comutación, larga vida útil y señal sin rebotes.
 - Limitaciones: afectado por humedad y vaho, y requiere un ajuste de sensibilidad para optimizar su rango de detección.
 - Posee mayor alcance que los sensores inductivos y su detección depende del área del plato sensor.
- Estos sensores se utilizan ampliamente en la automatización industrial para detectar objetos sin contacto, mejorando la eficiencia y precisión en diversas aplicaciones.

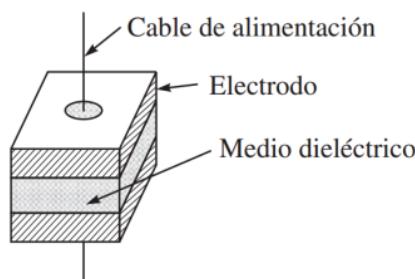


Figura 16: Sensor de proximidad capacitivo

- **Sensores de efecto Hall:** El sensor de efecto Hall es un dispositivo electrónico utilizado para

medir campos magnéticos, aprovechando el fenómeno físico conocido como el efecto Hall. Este sensor detecta la presencia, intensidad y dirección de un campo magnético, generando una señal de salida proporcional a la variación del campo. Los sensores de efecto Hall se utilizan principalmente para aplicaciones de posicionamiento, velocidad y control de motores, al detectar la posición de un imán o la rotación de ejes. Son muy útiles en sistemas de retroalimentación, ya que proporcionan una medición precisa sin contacto directo, lo que los hace ideales para entornos en los que se requiere alta fiabilidad y durabilidad. Además, su capacidad para operar en condiciones difíciles, como altas temperaturas o ambientes polvorrientos, los convierte en una opción valiosa en la automatización y control robótico.



Figura 17: Sensor de efecto Hall

Ofrecen varias ventajas, como su inmunidad al ruido eléctrico y al polvo, su fiabilidad debido a la ausencia de partes móviles, y su durabilidad gracias a su diseño en estado sólido. Además, son capaces de funcionar en condiciones extremas, sin sufrir rebotes de contacto, lo que les proporciona una larga vida útil. Estos sensores se aplican en áreas como servomotores, sensores de proximidad y velocidad, sistemas de inyección automovilísticos, control de acceso y medición de potencia y campo magnético, siendo esenciales en la automatización industrial y el control de movimiento.

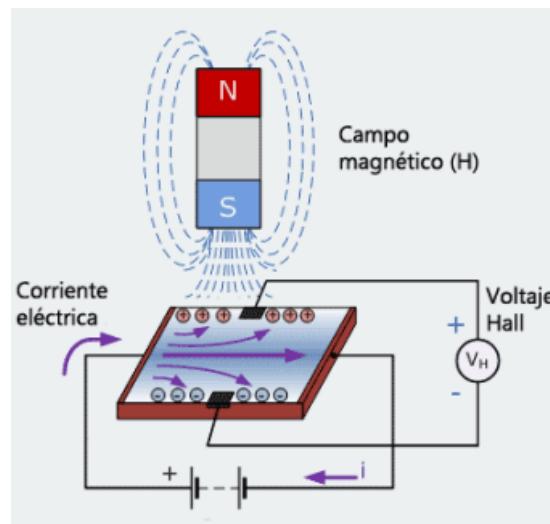


Figura 18: Principios básicos de los sensores de efecto Hall

- **Sensores de microondas:** Los sensores de microondas emplean la frecuencia de microondas para detectar movimiento mediante la emisión de impulsos y el análisis de su reflejo en objetos en movimiento, basándose en el efecto Doppler.

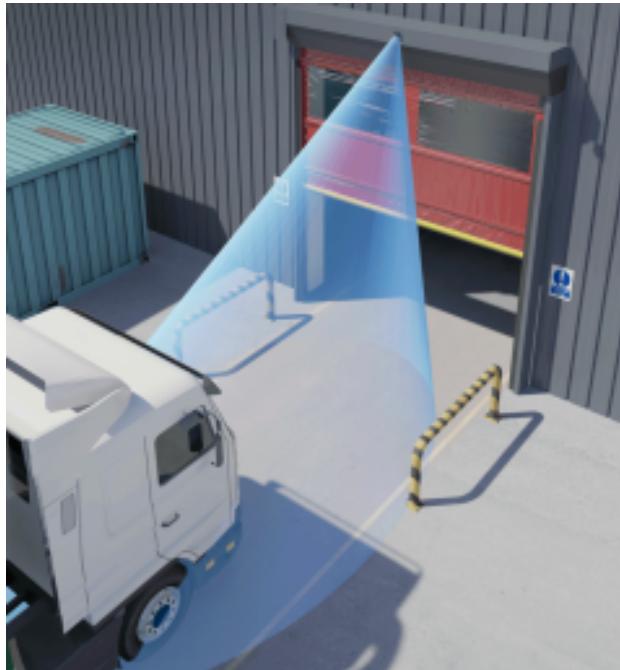


Figura 19: Sensor de microondas

Tipos de Sensores de Microondas:

1. Radar de Onda Continua (CW): Emite señales continuas y detecta cambios en el patrón de reflexión para identificar movimiento.
2. Radar de Impulsos: Envía impulsos de microondas y mide el tiempo de retorno para determinar la distancia del objeto.
3. Radar Doppler: Mide el cambio en la frecuencia de la onda reflejada para detectar movimiento.
4. Sensores Biestáticos: Separan la unidad emisora y la receptora, mejorando la precisión y reduciendo falsas alarmas.
5. Sensores Monostáticos: Integran emisor y receptor en una sola unidad, ofreciendo mayor compactación.

Los sensores de microondas son fundamentales en la seguridad perimetral debido a su amplia cobertura, lo que los hace ideales para proteger grandes áreas como aeropuertos y bases militares. Son efectivos en la reducción de falsas alarmas al diferenciar entre intrusos humanos y movimientos de animales o vegetación. Además, funcionan en condiciones climáticas adversas como lluvia, niebla o nieve, y se integran con sistemas de CCTV para activar grabaciones ante detección de movimiento. Su diseño discreto dificulta su evasión por parte de intrusos, y su versatilidad permite combinarlos con otros sistemas de seguridad, ofreciendo una protección confiable y efectiva.

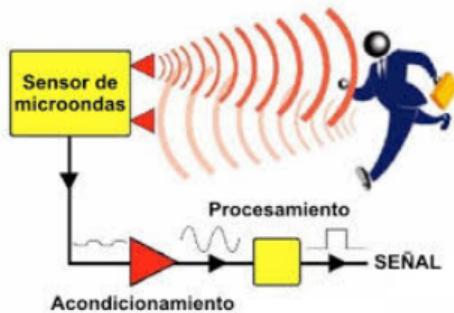


Figura 20: Principios básicos de sensores de microondas

- **Sensores ultrasónicos:** Los sensores ultrasónicos son dispositivos avanzados que utilizan ondas sonoras de alta frecuencia para detectar objetos y medir distancias con gran precisión. Su función es esencial en la robótica, ya que permiten que las máquinas perciban su entorno, facilitando una detección confiable y precisa de obstáculos.

La capacidad de detección y evitación de objetos es crucial para la navegación y operación eficiente de los robots, especialmente en aplicaciones críticas como vehículos autónomos y robots médicos. Sin estos sistemas, los robots podrían enfrentar dificultades para reconocer su entorno, lo que podría generar accidentes o fallos en su desempeño. Para mejorar estas capacidades, los ingenieros emplean tecnologías avanzadas como visión por computadora, aprendizaje automático y sensores ultrasónicos, optimizando así la seguridad, eficiencia y automatización en diversas industrias. Los sensores ultrasónicos, como el HC-SR04, funcionan emitiendo ondas sonoras de alta frecuencia que rebotan en los objetos, permitiendo calcular con precisión la distancia. Son especialmente útiles en entornos desafiantes, como áreas con polvo o humo, donde otros sensores pueden fallar. Sin embargo, pueden experimentar interferencias, que se resuelven mediante técnicas como el salto de frecuencia.



Figura 21: Sensor Ultrasónico

Cálculo de distancia con sensores ultrasónicos:

El sensor ultrasónico mide la distancia de un objeto mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia} = (\text{Tiempo de eco} \times \text{Velocidad del sonido en el aire}) / 2$$

Este método garantiza mediciones exactas y es especialmente útil en entornos donde otros sensores, como los infrarrojos, pueden no ser efectivos.

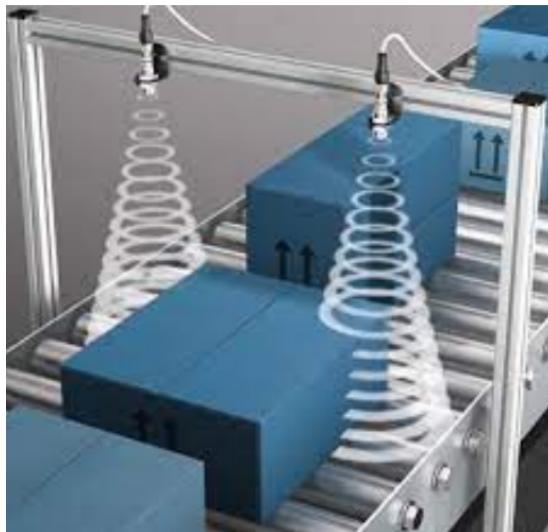


Figura 22: Sensor Ultrasónico

- **Sensores láser:** Un sensor láser es un dispositivo que utiliza tecnología láser para medir distancias, detectar objetos o mapear entornos. Funciona emitiendo un haz de luz láser que se refleja en los objetos cercanos y regresa al sensor, lo que permite calcular la distancia entre el sensor y el objeto mediante el tiempo que tarda la luz en regresar. Los sensores láser son ampliamente utilizados en aplicaciones como la navegación autónoma de robots, mapeo en 3D, detección de obstáculos y sistemas de localización. Su alta precisión y capacidad para operar en entornos complejos los hacen esenciales en la robótica avanzada, especialmente en robots móviles y vehículos autónomos.

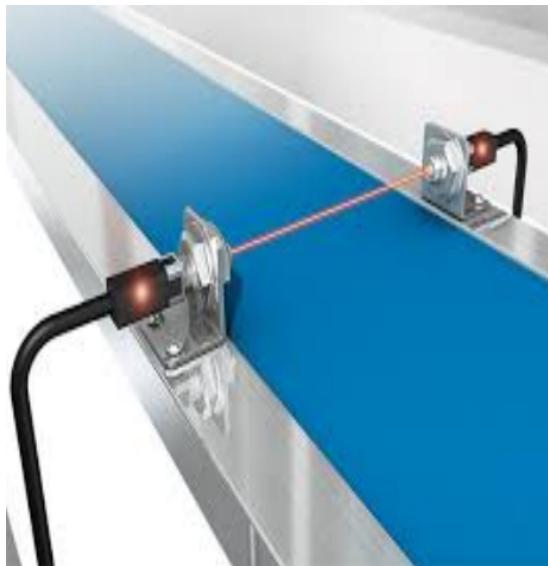


Figura 23: Sensor láser

Los láseres son ampliamente utilizados en robótica, especialmente en sensores de medición láser. Su implementación permite a los robots lograr un posicionamiento, control y detección de seguridad de alta precisión, lo que contribuye significativamente a mejorar la productividad y la calidad del producto.

- **Sensores de visión:** Un sensor de visión es un dispositivo tecnológico utilizado para capturar imágenes y procesarlas, con el objetivo de interpretar información visual en el entorno de un

sistema o robot. Estos sensores funcionan mediante cámaras o sistemas ópticos avanzados que analizan imágenes y extraen datos relevantes, como la forma, el color, la posición o el movimiento de los objetos en su campo de visión. Son fundamentales para tareas como la inspección, la detección de fallos, la navegación autónoma y la manipulación precisa de objetos, mejorando la flexibilidad, precisión y eficiencia en sistemas automatizados y robots.

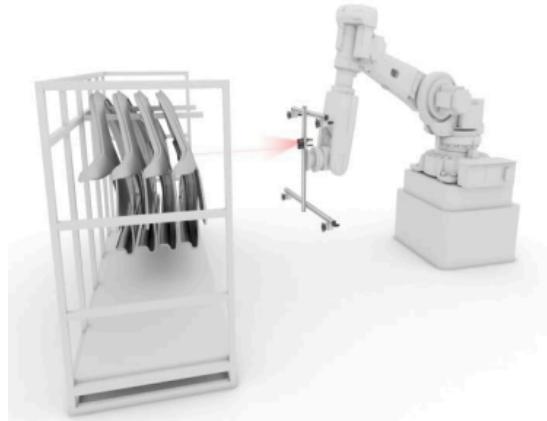


Figura 24: Sensor de visión

Los sensores de visión están diseñados para adaptarse a diversas variaciones ambientales, permitiendo su uso en celdas preconfiguradas sin la necesidad de ajustes costosos. Entre sus funcionalidades destacan el aumento de la flexibilidad, la posibilidad de ejecutar múltiples tipos de inspección en una sola imagen, la generación de datos detallados para mejorar la calidad y los procesos, y la capacidad de ajustarse a desalineaciones en el manejo de objetos. Entre sus principales beneficios se incluye la identificación de características difíciles de detectar por otros sensores, mejorando el brillo, contraste e iluminación de las imágenes a través de filtros y sistemas de iluminación ajustables, y gestionando desalineaciones e irregularidades sin importar la velocidad o posición de los objetos. Además, su configuración y programación son más sencillas gracias a las comunicaciones integradas por Ethernet, lo que facilita la comunicación de los resultados con otros sistemas.



Figura 25: Sensor de visión

IV. Giroscopio

Un giroscopio es un dispositivo utilizado para medir o mantener la orientación y la velocidad angular de un objeto. Su principio de funcionamiento se basa en la conservación del momento angular, lo que le permite detectar cambios en la orientación sin depender de referencias externas. Se emplea en diversas aplicaciones, incluyendo sistemas de navegación inercial, estabilización de vehículos y tecnología aeroespacial.

IV-A. Tipos de Giroscopios

Existen varios tipos de giroscopios, cada uno con un principio de funcionamiento distinto:

IV-A1. Giroscopios Mecánicos: Son compuestos por un rotor que gira rápidamente dentro de un marco o montura. Al girar, el rotor mantiene su orientación debido a la inercia, lo que permite detectar cambios en la posición angular. Se utilizan en aplicaciones como submarinos, aviones y sistemas de estabilización.

IV-A2. Giroscopios Ópticos: No tienen partes móviles y funcionan con principios ópticos basados en interferencia de luz. Incluyen los giroscopios de fibra óptica (FOG) y los giroscopios láser de anillo (RLG). Son altamente precisos y se usan en sistemas de navegación de alta precisión, como aeronaves y satélites.

IV-A3. Giroscopios MEMS (Sistemas Microelectromecánicos): Son dispositivos miniaturizados que utilizan la vibración de estructuras internas para detectar cambios en la orientación. Estos se encuentran en teléfonos móviles, drones y dispositivos electrónicos portátiles debido a su pequeño tamaño, bajo costo y eficiencia.

IV-B. Funcionamiento del Giroscopio

El principio fundamental del giroscopio es la conservación del momento angular, lo que significa que un objeto en rotación mantiene su orientación a menos que una fuerza externa actúe sobre él. Cuando se intenta cambiar la dirección del eje de rotación, el giroscopio responde con un fenómeno llamado precesión, moviéndose en un eje perpendicular a la fuerza aplicada.

En términos matemáticos, la velocidad de precesión se expresa como:

$$\omega_p = \frac{\tau}{L} \quad (3)$$

donde:

- ω_p es la velocidad de precesión,
- τ es el torque aplicado,
- L es el momento angular del sistema.

En términos prácticos, los giroscopios pueden medir la velocidad angular al detectar la desviación de su rotor o elementos internos con respecto a su posición inicial. En los sistemas ópticos y MEMS, esta medición se realiza mediante sensores electrónicos que convierten las variaciones en señales eléctricas para su procesamiento.

IV-C. Aplicaciones del Giroscopio

Los giroscopios tienen una amplia gama de aplicaciones en diferentes industrias:

- **Navegación inercial:** En aviones, barcos y submarinos, los giroscopios permiten mantener la orientación sin depender de señales externas como el GPS.
- **Tecnología aeroespacial:** Se emplean en satélites y naves espaciales para el control de actitud y estabilización.
- **Electrónica de consumo:** Se encuentran en teléfonos inteligentes, consolas de videojuegos y cámaras para detectar movimientos y mejorar la experiencia del usuario.

- **Vehículos autónomos y drones:** Ayudan a mantener la estabilidad y orientación durante el movimiento.

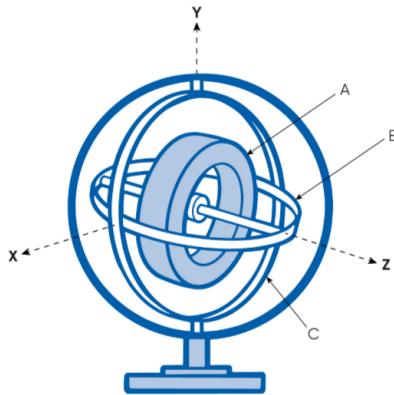


Figura 26: Giroscopio

V. Acelerómetro

Un acelerómetro es un sensor diseñado para medir la aceleración de un objeto, es decir, la variación de su velocidad en función del tiempo. Además de cuantificar la aceleración, estos dispositivos pueden determinar la velocidad y el desplazamiento mediante la integración de la señal de aceleración. Son fundamentales en aplicaciones que requieren monitoreo de vibraciones, análisis de movimiento y detección de impactos.

V-A. Tipos de Acelerómetros

V-A1. Acelerómetros Piezoelectrinos: Utilizan materiales piezoelectrinos que generan una carga eléctrica proporcional a la fuerza de aceleración aplicada. Son ideales para mediciones dinámicas debido a su amplio rango de frecuencia y estabilidad a largo plazo. Sin embargo, no pueden medir aceleraciones estáticas o de muy baja frecuencia.

V-A2. Acelerómetros MEMS (Sistemas Microelectromecánicos): Estos dispositivos están acoplados a corriente continua (CC) y pueden responder a frecuencias tan bajas como 0 Hz, permitiendo la medición de aceleraciones estáticas o de frecuencia muy baja. Son comunes en aplicaciones de monitoreo de condiciones y mantenimiento predictivo.

V-A3. Acelerómetros Piezorresistivos: Funcionan basándose en cambios de resistencia en galgas extensométricas cuando se aplica una aceleración. Son adecuados para medir aceleraciones de alta magnitud y ofrecen un amplio ancho de banda, siendo útiles en aplicaciones como pruebas de choque y seguridad automotriz.

V-B. ¿Cómo Funciona un Acelerómetro?

El principio de funcionamiento de un acelerómetro varía según su tipo, pero en general se basa en la detección de fuerzas iniciales.

- En un **acelerómetro piezoelectrónico**, un material piezoelectrino genera una carga eléctrica proporcional a la aceleración aplicada. La señal generada es procesada para determinar la magnitud y dirección de la aceleración.
- En los **acelerómetros MEMS**, un minúsculo sistema mecánico con microestructuras móviles detecta cambios en la posición de una masa interna debido a la aceleración. Esto causa variaciones en la capacitancia, que se convierten en señales eléctricas proporcionales a la aceleración.

- En los **acelerómetros piezoresistivos**, la aceleración cambia la resistencia de una galga extensométrica, que a su vez altera la señal eléctrica proporcionalmente a la fuerza experimentada por el sensor.

En términos matemáticos, la aceleración (**a**) de un cuerpo de masa m puede calcularse a partir de la segunda ley de Newton:

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

Donde **F** es la fuerza aplicada. Los acelerómetros utilizan este principio para convertir la aceleración en una señal eléctrica que puede ser interpretada por un sistema de control o monitoreo.

V-C. Aplicaciones de los Acelerómetros

- **Monitoreo de Condiciones y Mantenimiento Predictivo** Los acelerómetros detectan vibraciones en maquinaria industrial, permitiendo identificar desgastes o fallas potenciales antes de que ocurran interrupciones significativas.
- **Dispositivos Electrónicos Portátiles** Integrados en smartphones y dispositivos vestibles, los acelerómetros detectan la orientación y el movimiento del dispositivo, habilitando funciones como la rotación automática de la pantalla y el conteo de pasos.
- **Sistemas de Seguridad Automotriz** En vehículos, estos sensores detectan cambios bruscos en la aceleración, activando sistemas de seguridad como los airbags durante colisiones.
- **Aplicaciones Médicas** Se utilizan en dispositivos como marcapasos para monitorear la actividad física del paciente y ajustar la estimulación cardíaca según sea necesario.



Figura 27: Acelerómetro con salida lateral industrial de uso general

VI. Magnetómetro

Un magnetómetro es un instrumento pasivo que mide las variaciones en el campo magnético terrestre. En la exploración oceánica, se utiliza para identificar sitios de patrimonio cultural, como restos de naufragios de barcos y aviones, así como para caracterizar formaciones geológicas en el fondo marino.

VI-A. ¿Cómo Funciona un Magnetómetro?

El magnetómetro opera midiendo las variaciones en el campo magnético terrestre mediante distintos principios de detección. Su funcionamiento se basa en la detección de fuerzas magnéticas generadas por materiales ferromagnéticos, permitiendo identificar objetos y anomalías en el entorno.

VI-A1. Principio de Funcionamiento:

- El núcleo terrestre genera un campo magnético debido a la circulación de metales líquidos en su interior.
- Cuando un magnetómetro se desplaza, registra las variaciones en la intensidad magnética.
- Al detectar objetos metálicos, el sensor capta anomalías magnéticas y las representa en un gráfico de datos.

VI-B. Tipos de Magnetómetros

Existen distintos tipos de magnetómetros según su método de detección:

- **Magnetómetros de Protones:** Miden la frecuencia de precesión de protones en un campo magnético.
- **Magnetómetros de Efecto Hall:** Detectan cambios de voltaje en respuesta a campos magnéticos.
- **Magnetómetros SQUID:** Utilizan superconductores para detectar variaciones magnéticas extremadamente pequeñas.

VI-C. ¿Para qué Sirve un Magnetómetro?

El magnetómetro tiene diversas aplicaciones en múltiples campos, entre ellas:

VI-C1. Exploración Oceánica y Arqueología Submarina:

- Detecta naufragios, anclas y artefactos metálicos sumergidos.
- Identifica estructuras enterradas en el lecho marino sin necesidad de excavación.

VI-C2. Geofísica y Exploración Geológica:

- Permite localizar depósitos minerales, como magnetita y hematita.
- Ayuda en la detección de fallas geológicas y estructuras volcánicas.

VI-C3. Navegación y Orientación:

- Se emplea en sistemas de navegación de submarinos y aeronaves.
- Integrado en dispositivos electrónicos como teléfonos móviles y drones para determinar la dirección magnética.

VI-C4. Seguridad y Defensa:

- Se usa para detectar submarinos y minas marinas en operaciones militares.
- Aplicado en aeropuertos y controles de seguridad para identificar objetos metálicos ocultos.

VI-C5. Investigación Astronómica y Espacial:

- Permite el estudio del campo magnético de planetas y lunas.
- Se utiliza en misiones espaciales para medir la magnetosfera terrestre y detectar anomalías magnéticas en otros cuerpos celestes.



Figura 28: Magnetómetro

VII. LiDAR

El LiDAR (acrónimo de Light Detection and Ranging) es una tecnología de teledetección que utiliza pulsos de luz láser para medir distancias y movimientos precisos en un entorno en tiempo real. Esta técnica permite generar mapas topográficos detallados y modelos 3D de alta precisión, siendo esencial en aplicaciones como la navegación de vehículos autónomos y la evaluación de riesgos naturales.

VII-A. ¿Cómo funciona LiDAR?

El sistema LiDAR funciona midiendo el tiempo que tarda un pulso de luz láser en viajar desde el sensor hasta un objeto y regresar. Dado que la velocidad de la luz es constante, este tiempo de recorrido permite calcular la distancia con gran precisión.

VII-A1. Componentes Principales:

- **Escáner láser:** Emite pulsos de luz infrarroja.
- **Sensor LiDAR:** Recoge los pulsos reflejados en los objetos del entorno.
- **Procesador:** Calcula la distancia basada en el tiempo de retorno del pulso y genera una nube de puntos tridimensional.

El proceso se repite millones de veces por segundo, generando un mapa tridimensional detallado del entorno. Estos datos pueden ser usados en simulaciones, sistemas de navegación y modelado del terreno.

VII-B. ¿Para qué sirve LiDAR?

El LiDAR tiene una amplia gama de aplicaciones en diversas industrias:

VII-B1. Agricultura:

- Mide la topografía de los terrenos agrícolas.
- Permite estimar la biomasa de los cultivos y detectar propiedades del suelo.

VII-B2. Aeroespacial y Defensa:

- Se usa para mapear terrenos con alta precisión.
- Rastrea objetivos y apoya la planificación de misiones militares.

VII-B3. Automoción:

- Es clave en la navegación de vehículos autónomos.
- Mejora la seguridad mediante la detección y análisis del entorno en tiempo real.

VII-B4. Silvicultura:

- Permite mapear el dosel forestal con gran detalle.
- Ayuda en la gestión y conservación de recursos forestales.

VII-B5. Geología y Minería:

- Se usa para la cartografía de minas y yacimientos.
- Optimiza la planificación de operaciones mineras.

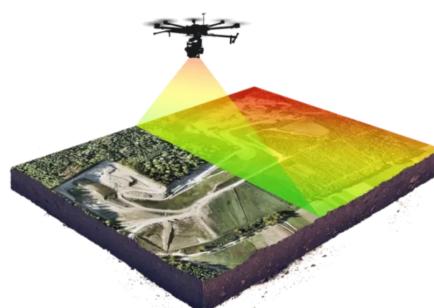


Figura 29: LiDAR

VIII. Conclusión

Los sensores son herramientas esenciales para que los robots y otros dispositivos puedan percibir y reaccionar a su entorno. En este reporte, se exploraron distintos tipos de sensores, tanto internos como externos, que ayudan a medir posición, velocidad, aceleración y fuerza. También se analizaron sensores más avanzados, como los giroscopios, acelerómetros, magnetómetros y el sistema LiDAR.

Cada sensor tiene una función importante. Los sensores de movimiento aseguran que los robots se desplacen con precisión, mientras que los de aceleración y fuerza ayudan a mejorar la estabilidad y seguridad. Por otro lado, sensores como el giroscopio, el magnetómetro y el LiDAR permiten a los robots y vehículos autónomos ubicarse y moverse en su entorno con mayor exactitud.

Gracias a estos avances, los sensores se han convertido en una parte clave de muchas industrias, como la robótica, la exploración espacial, la seguridad y el transporte. Su continuo desarrollo permite mejorar la tecnología y facilitar tareas en nuestra vida diaria. En el futuro, seguirán evolucionando y ayudando a crear sistemas más inteligentes y eficientes.

REFERENCIAS

- [1] N. I. of Biomedical Imaging and Bioengineering, “Sensores,” 2024, accedido el 13 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/sensores>
- [2] Senega, “Sensor de directindustry,” 2024, accedido el 13 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/senga/product-132572-2397272.html>
- [3] B. Ultrasonic, “How does a piezoelectric switch work?” 2024, accedido el 13 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://www.bjultrasonic.com/es/how-does-piezoelectric-switch-work/>
- [4] G. Gaming, “Lynx he switches,” 2024, accedido el 13 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://www.gloriousgaming.com/products/lynx-he-switches>
- [5] N. C. for Biotechnology Information, “Gyroscope research,” PMC, 2024, accedido el 15 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5677445/>
- [6] A. Navigation, “Gyroscope glossary,” 2024, accedido el 15 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://www.advancednavigation.com/glossary/gyroscope/>
- [7] T. Connectivity, “Vibration sensors,” 2024, accedido el 13 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://www.te.com/en/products/sensors/vibration-sensors.html>
- [8] Omega, “Acc320 accelerometer,” 2024, accedido el 15 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://mx.omega.com/pptst/ACC320.html>
- [9] A. Aerovisual, “Tipos de magnetómetros: Usos y características,” 2024, accedido el 15 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://av3aerovisual.com/tipos-de-magnetometros-usos-y-caracteristicas/>
- [10] NOAA, “Magnetometer technology,” 2024, accedido el 13 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://oceanexplorer.noaa.gov/technology/magnetometer/magnetometer.html>
- [11] IBM, “Tecnología lidar,” 2024, accedido el 15 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/lidar>
- [12] G. Detectors, “Magnasmart 3d magnetometer hi power,” 2024, accedido el 15 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://gdi-detectors.com/magnasmart-3d-magnetometer-hi-power/>
- [13] Flyability, “Lidar en drones,” 2024, accedido el 13 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://www.flyability.com/blog/lidar-drone>
- [14] Urany, “Principios básicos del sensor de efecto hall,” 2024, accedido el 17 de febrero de 2025.
- [15] Senstar, “Sensores de microondas,” 2024, accedido el 17 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://senstar.com/es/senstarpedia/sensores-de-microondas>
- [16] Vayuyaan, “Ultrasonic sensor in robotics,” 2024, accedido el 17 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://vayuyaan.com/blog/ultrasonic-sensor-in-robotics/>
- [17] Mesurex, “Mediciones de distancia en robots,” 2024, accedido el 17 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://mesurex.com/mediciones-de-distancia-en-tareas-de-posicionamiento-de-robots/>
- [18] O. Laser, “Application of lasers in robots,” 2024, accedido el 15 de febrero de 2025. [Online]. Available: <http://m.oem-laser.com/info/application-of-lasers-in-robots-91101752.html>
- [19] SensoPart, “Sensores de visión en robótica,” 2024, accedido el 15 de febrero de 2025. [Online]. Available: <https://info.sensopart.com/es/robotics/qanda>
- [20] S. K. Saha, *Introducción a la Robótica*. McGraw Hill, 2011.
- [21] A. Barrientos, L. F. Peñín, C. Balaguer, and R. Aracil, *Fundamentos de la Robótica*, segunda edición ed. McGraw Hill, 2007.