

Actuadores : Elementos que generan las fuerzas o pares necesarios para animar la estructura mecánica del robot.

2.1.1 Accionadores Eléctricos

Pueden incluirse en este apartado los solenoides o bobinas que producen el desplazamiento de un núcleo de hierro. Pero en general los actuadores eléctricos más utilizados son los motores.

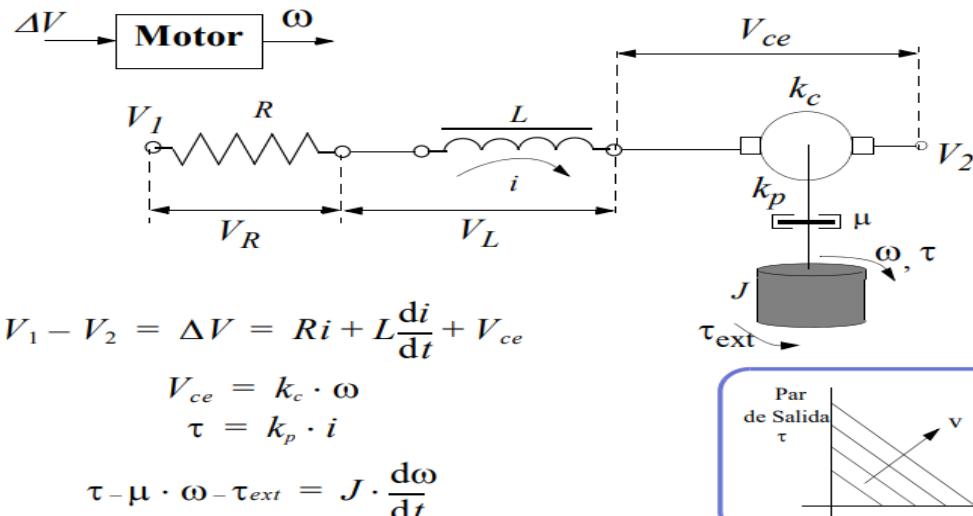
Motores de corriente continua con escobillas

Motores controlados por el inducido

- Principios Electromagnéticos
- Rotor (espiras que giran por fuerzas magnéticas), Comutador y Bobinas

Esquema eléctrico :

Esquema Eléctrico



Variando el voltaje se desplaza la recta!! -> Engranajes responsables de amplificar el pa de fuerzas a cambio de velocidad.

Motores controlados por la corriente de excitación (motor estator serie, paralelo, independiente)

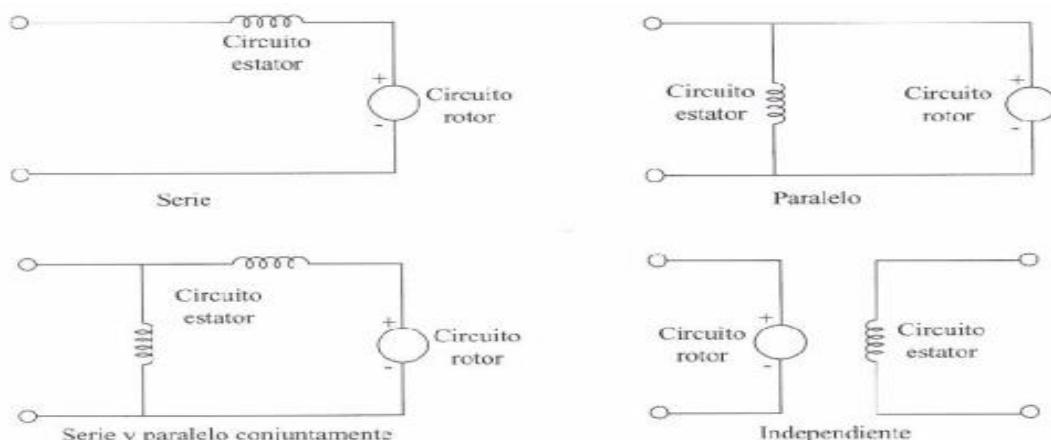
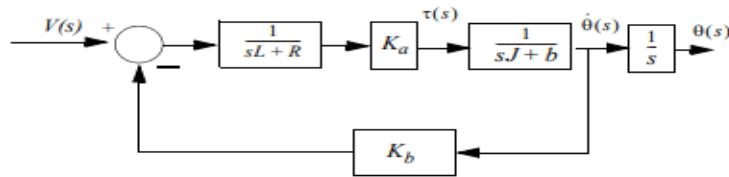
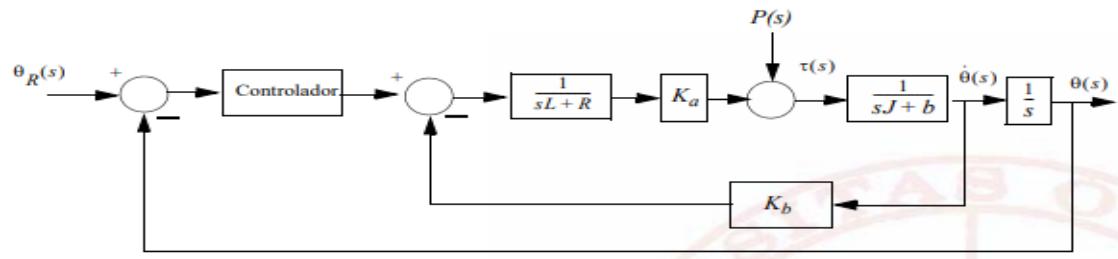


Figura 2.27: Configuraciones del estator y el rotor.

Motores controlados por el inducido: control de posición.

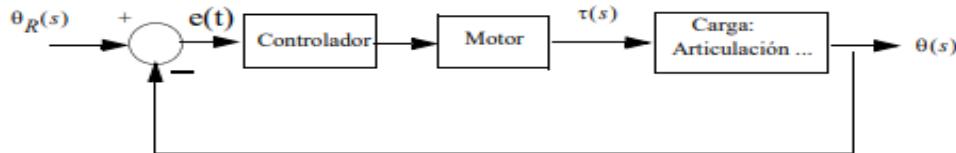


Modelo de motor en bucle abierto

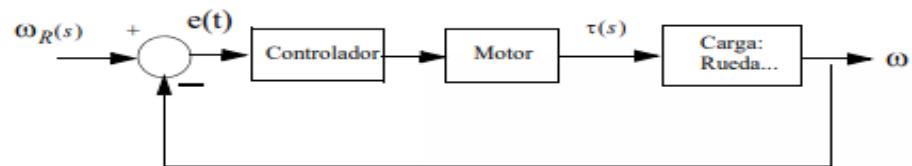


Control de Posición en bucle cerrado

Motores controlados por el inducido: control de posición y velocidad (Bucle cerrado)

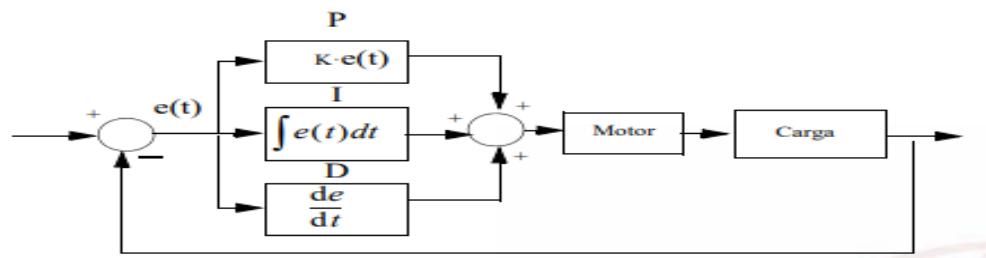
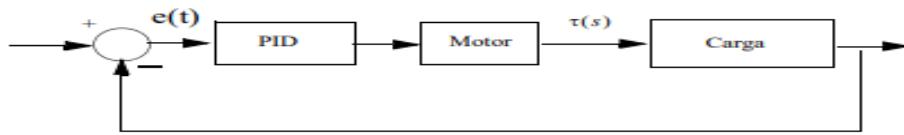


Control de Posición en bucle cerrado



Control de Velocidad en bucle cerrado

Motores controlados por el inducido: Estrategias de Control (Controlador PID)



Motores sin escobillas (drones modernos): En estos motores el circuito por donde pasa la corriente está situado en el estator y el imán permanente está en el rotor -> Grandes pares permiten alcanzar grandes velocidades en poco tiempo (menos mantenimiento y más ligeros)

Para conseguir el giro continuado, en el estator se realizan varios circuitos o bobinados que se excitan mediante circuitos conmutadores electrónicos. Estos motores están especialmente indicados para aplicaciones donde es necesario un bajo mantenimiento.

Motores paso a paso: **La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso por cada pulso que se le aplique.** Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° . Usos en sistemas donde el par es mucho mayor que la resistencia que se pretende vencer.

Por tanto, para producir un giro completo (360°) se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo (1.8°). Estos motores poseen la propiedad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres.

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) debe ser externamente manejada por un controlador.

PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

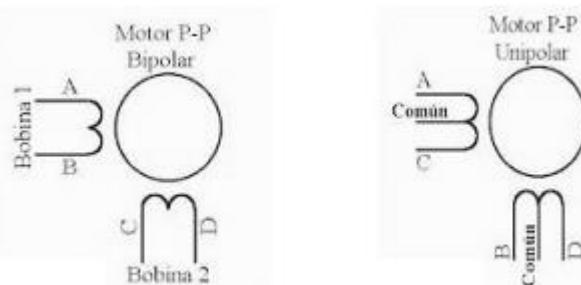
Los motores P-P se presentan en dos variedades, de imán permanente y de reluctancia variable (existen también motores híbridos, que son indistinguibles de los de imán permanente desde el punto de vista del controlador).

Reluctancia variable: Estos motores no contienen imanes permanentes, el rotor sólo consta de un material ferromagnético. El rotor forma un circuito magnético con el polo del estator. La reluctancia de un circuito magnético es el equivalente magnético a la resistencia de un circuito eléctrico. Cuando el rotor está alineado con el estator el hueco entre ambos es muy pequeño y en este momento la reluctancia está al mínimo.

Imán permanente: Básicamente, están constituidos por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes, y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator.

Híbridos: Combinan las características de los dos anteriores.

Tipos de motores P-P:



Bipolar: Estos tienen generalmente cuatro terminales para controlar la excitación de las bobinas. Requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.

Unipolar: Estos motores, dependiendo de su conexionado interno, suelen tener 6 o 5 terminales para controlar la excitación del estator. Este tipo de motores son más simples de controlar.

CONTROL MOTOR BIPOLEAR: En esta transparencia se aprecia un ejemplo de control de estos motores mediante el uso de un puente en H (H-Bridge). Será necesario un H-Bridge por cada bobina del motor, es decir que para controlar un motor Paso a Paso de 4 cables (dos bobinas), se han de usar dos H-Bridges iguales a los mostrados en la siguiente transparencia. En general es recomendable el uso de H-Bridge integrados como son los casos del L293 .

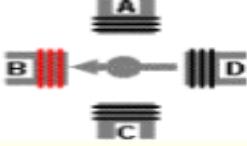
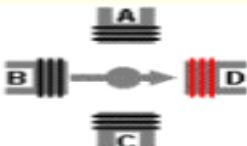
Cada inversión de la polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, cuyo sentido de giro está determinado por la secuencia seguida. A continuación, se puede ver la tabla con la secuencia necesaria para controlar motores paso a paso del tipo Bipolares:

CONTROL MOTOR UNIPOLAR: En la siguiente figura se aprecia un ejemplo de conexionado para controlar un motor paso a paso unipolar mediante el uso de un ULN2803, el cual es un array de 8 transistores tipo Darlington capaces de manejar cargas de hasta 500mA. Las entradas de activación (Activa A, B , C y D) pueden ser directamente activadas por un microcontrolador.

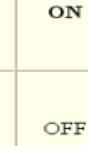
Secuencia Normal: Esta es la secuencia más usada y la que generalmente recomienda el fabricante. Con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtiene un alto torque de paso y de retención

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

Secuencia del tipo wave drive: En esta secuencia se activa solo una bobina a la vez. En algunos motores esto brinda un funcionamiento más suave. La contrapartida es que, al estar solo una bobina activada, el torque de paso y retención es menor.

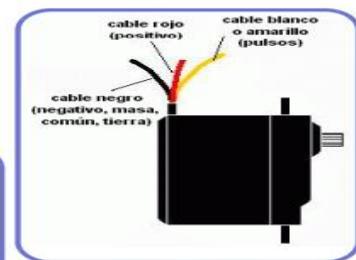
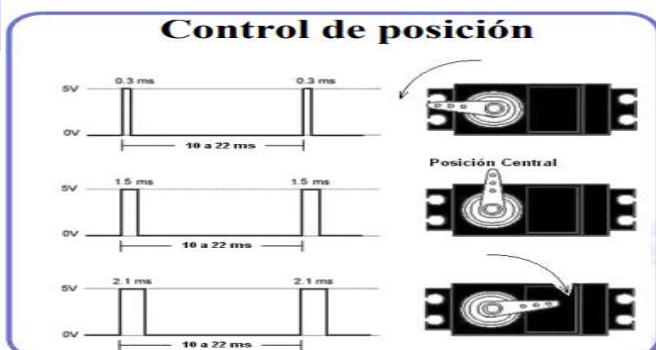
PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

Secuencia del tipo medio paso: En esta secuencia se activan las bobinas de tal forma de brindar un movimiento igual a la mitad del paso real. Para ello se activan primero 2 bobinas y luego solo 1 y así sucesivamente. Como vemos en la tabla la secuencia completa consta de 8 movimientos en lugar de 4.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	ON	ON	OFF	OFF	
3	OFF	ON	OFF	OFF	
4	OFF	ON	ON	OFF	
5	OFF	OFF	ON	OFF	
6	OFF	OFF	ON	ON	
7	OFF	OFF	OFF	ON	
8	ON	OFF	OFF	ON	

Servomotores de radiocontrol -> Controlador proporcional y un potenciómetro lineal (sensor) que permite orientarlos correctamente (señales de control -> ancho de pulso y periodo)

Servomotores de Radiocontrol



2.1.2 Accionadores Neumáticos e Hidráulicos Suelen Utilizarse cuando es necesaria una potencia mayor que la que puede suministrar un motor. El principio de accionamiento en ambos es igual. Existen dos tipos de cilindros: efecto simple y efecto doble Los actuadores hidráulicos permiten generar fuerzas mayores pero los neumáticos permiten trabajar a velocidades más altas (hidráulicos con menor velocidad de actuación, pero con más precisión al apenas comprimirse).

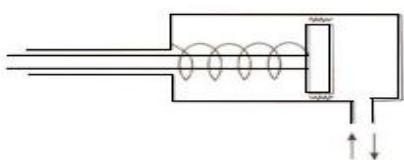


Figura 2.34: Cilindro de simple efecto.

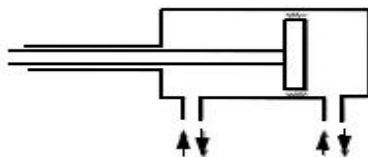


Figura 2.35: Cilindro de doble efecto.

El mayor problema con los accionadores neumáticos es la compresibilidad del aire, que hace complejo el control continuo de posición, suelen utilizarse mucho en pinzas o en robot de tipo 'coger' y 'poner'. En los actuadores hidráulicos es más fácil el control continuo de posición, pero presentan problema del mantenimiento para prevenir fugas del líquido.

Motores neumáticos o hidráulicos Es posible obtener movimientos rotacionales a partir de accionadores hidráulicos o neumáticos: Articulaciones neumáticas, Accionadores de aspas, Motores neumáticos

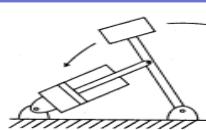
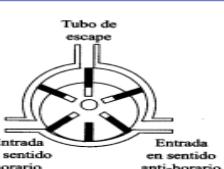


Figura 2.36: Cilindro prismático utilizado para generar movimiento rotacional.



a)



b)

Figura 2.37: a) Accionador de aspas de tipo rotacional. b) Ejemplo de un motor neumático.

Resumen actuadores:

Accionadores Eléctricos <i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Rápidos y precisos • Posibilidad de aplicar varias técnicas de control • Más económicos • Tiempos de respuesta rápidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Altas velocidades implican bajo par • Necesidad de engranajes • No adecuados en atmósferas inflamables • Sobrecalentamiento en condiciones de parada • Coste alto en motores grandes
Accionadores Neumáticos <i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Más económicos • Alta velocidad de accionamiento • No contaminan 	<ul style="list-style-type: none"> • Compresibilidad del aire: limita el control y la precisión • Mala precisión con cargas • Necesidad de instalación adicional
Accionadores Hidráulicos <i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Relación potencia-peso muy buena • Muy buen servo control • Trabajo en paro sin problemas • Adecuado en atmósferas inflamables 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación hidráulica costosa • Necesidad de mantenimiento, fugas de aceite • Problemas de miniaturización • Necesidad de instalación adicional

2.2.1. TIPOS DE SENSORES: Clasificación

¿Qué?:

- Sensores propioceptivos
 - medir valores internamente al sistema (robot),
 - p.ej. velocidad del motor, carga de las ruedas, rumbo del robot, estado de la batería
- Sensores exteroceptivos
 - información del entorno de los robots
 - distancias a los objetos, intensidad de la luz ambiental, características únicas.

¿Cómo?:

- Sensores pasivos
 - energía procedente del medio ambiente
- Sensores activos
 - emiten su energía adecuada y miden la reacción
 - mejor rendimiento, pero cierta influencia en el medio ambiente

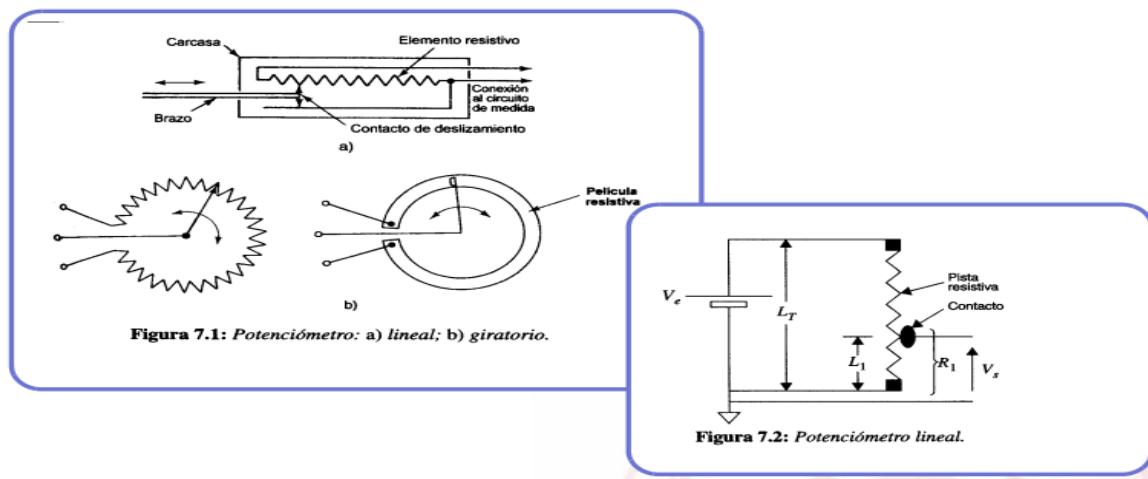
SENSORES: Características:

- Rango.- Valores mínimos y máximos que son posibles medir

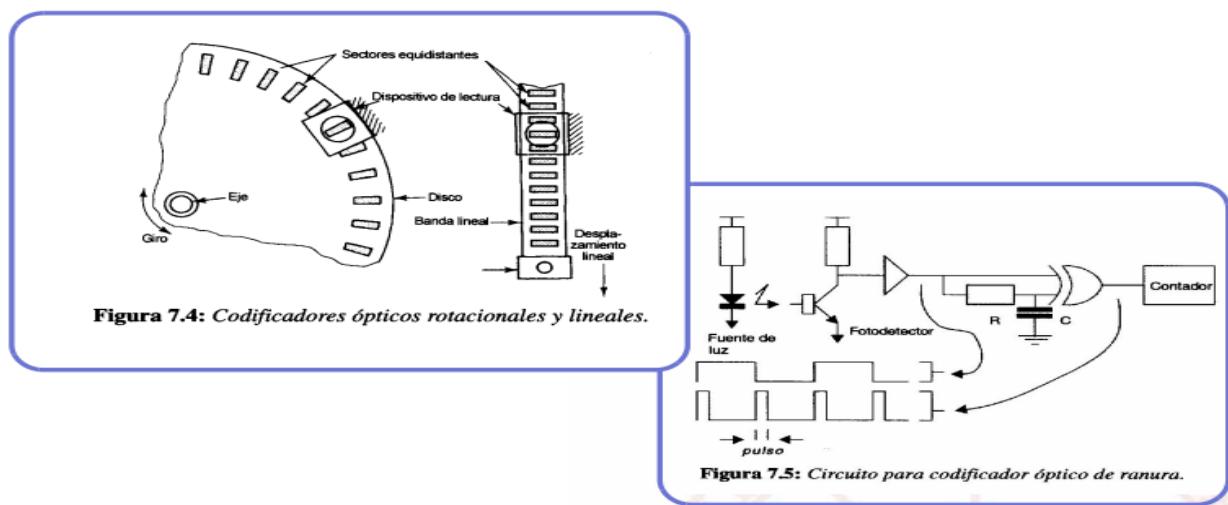
- Linealidad.- Relación lineal entre entrada y salida
- Exactitud.- Se suele definir como el mayor error esperado entre la señal real y la medida.
- Histéresis.- La salida del sensor para una determinada entrada varía dependiendo de que la entrada esté aumentando o disminuyendo.
- Repetitividad.- Es la variación de la salida ante una misma entrada.
- Resolución.- Unidad más pequeña que puede medir el sensor.
- Saturación.- Una vez pasado un determinado valor de entrada, la salida deja de aumentar para estacionarse en un valor fijo.
- Zona Muerta.- Rango de entrada en la que el sensor no es capaz de apreciar medida.
- Sensibilidad.- Relación entre el cambio de valor en la salida producido por un cambio de valor en la entrada.
- Ruido.- El nivel de señal espuria que no corresponde a un cambio en la entrada.

2.2.2 MEDIDAS DE DESPLAZAMIENTOS LINEALES Y GIROS

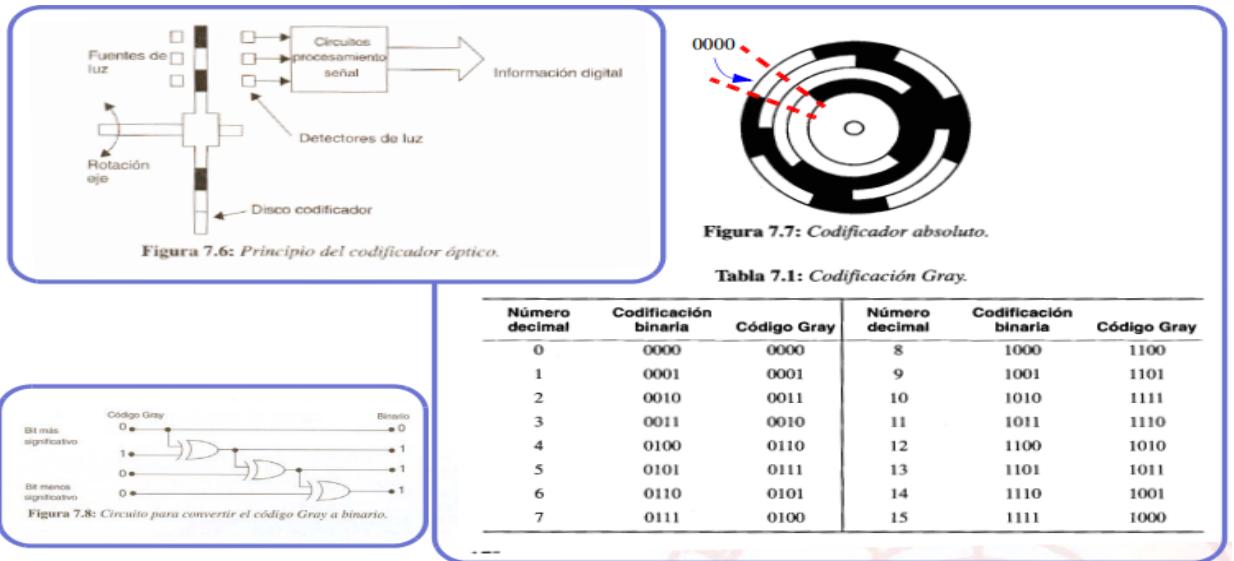
- Potenciómetros:



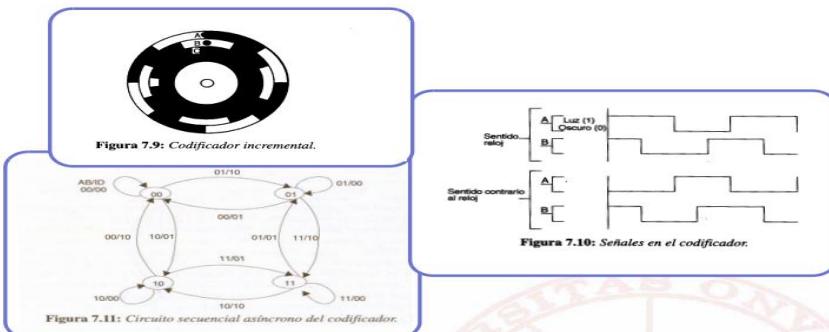
- Codificadores Ópticos:



- Codificadores Ópticos con información del sentido de giro (Codificador Absoluto : Codificación Gray para Hamming 1)



- Codificador relativo (circuito secuencial asíncrono. Canal asociado a interrupciones por flancos, problema para saber el estado inicial del encode al arrancar -> Suele guardarse)



2.2.3 SENSORES INERCIALES

Acelerómetros: Miden las aceleraciones: se basan en la medida de la fuerza de inercia generada cuando una masa es afectada por un cambio de velocidad Distintos Principios:

- La deformación de un elemento
- Cambio de características eléctricas (piezoresistivos, capacitivos)

Giróscopos :

- Miden la velocidad de rotación
- Devuelven una señal proporcional a la velocidad de rotación
- Hay una gran variedad basados en diferentes principios: Mecánicos y Electrónico

IMU (Inertial Measurement Unit) : Es un dispositivo electrónico que mide e informa acerca de la velocidad, orientación y fuerzas gravitacionales de un aparato, usando una combinación de acelerómetros y giróscopos.

Normalmente están compuesta por un sistema de acelerómetros que miden las componentes de la velocidad en tres ejes ortogonales y un sistema de giróscopos que miden la velocidad angular en esos mismos tres ejes.

En un sistema de navegación, los datos informados por la IMU son alimentados en un sistema de computación que calcula la posición del sistema en base a la velocidad, direcciones viajadas y tiempo (Filtro de Kalman, Filtro de Partículas etc.)

2.2.4 SENsoRES DE TACTO, PRESENCIA Y PROXIMIDAD

TIEMPO DE VUELO

- Medición de distancia de gran alcance -> llamados sensores de alcance
- Información de alcance: elemento clave para la localización y el modelado del entorno
- Los sensores ultrasónicos y los sensores de alcance láser utilizan la velocidad de propagación del sonido o ondas electromagnéticas respectivamente. La distancia recorrida por un sonido o una onda electromagnética es dado por: $d = c*t$

Dónde:

- d = distancia recorrida (normalmente ida y vuelta), c = velocidad de propagación de la onda,
 t = tiempo de vuelo.

Es importante señalar:

- Velocidad de propagación v del sonido: 0,3 m/ms
- Velocidad de propagación v de señales electromagnéticas: 0,3 m/ns: un millón de veces

más rápido.

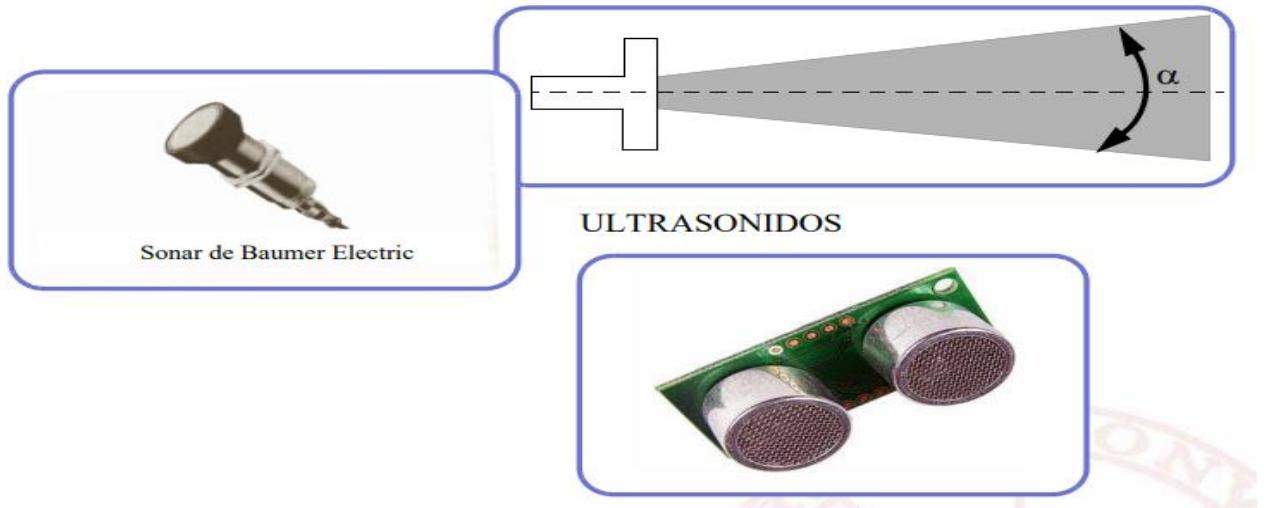
- 3 metros
 - son 10 ms para un sistema ultrasónico
 - sólo 10 ns para un sensor de alcance láser
 - el tiempo de vuelo con señales electromagnéticas no es una tarea fácil
 - sensores de alcance láser caros y delicados

La calidad del tiempo de los sensores de alcance de vuelo depende principalmente de:

- Incertidumbres sobre el momento exacto de llegada de la señal reflejada
- Inexactitudes en la medición del tiempo de combate (sensores de alcance láser)
- Ángulo de apertura del haz transmitido (especialmente sensores de alcance ultrasónico)
- Interacción con el objetivo (superficie, reflejos especulares)
- Variación de la velocidad de propagación (sonido)

SENSOR ULTRASÓNICO (TIEMPO DE VUELO, SONIDO)

- Transmitir un paquete de ondas de presión (ultrasónicas)



- La distancia d del objeto que hace eco se puede calcular en función de la velocidad de propagación del sonido c y el tiempo de vuelo t: $d = c*t/2$

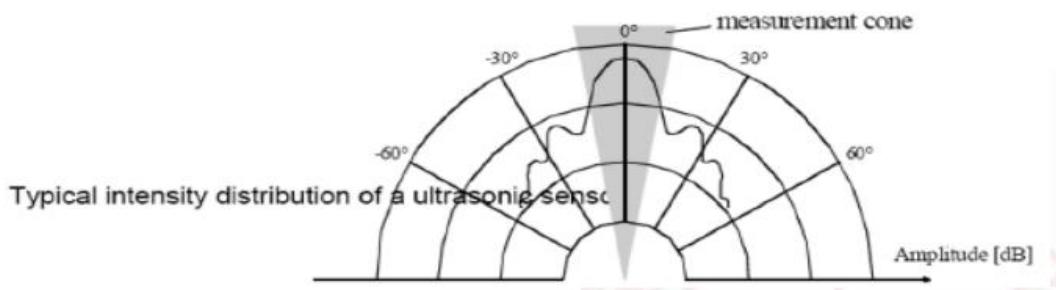
- La velocidad del sonido c (340 m/s) en el aire está dada por : $c = \sqrt{\gamma * R * T}$

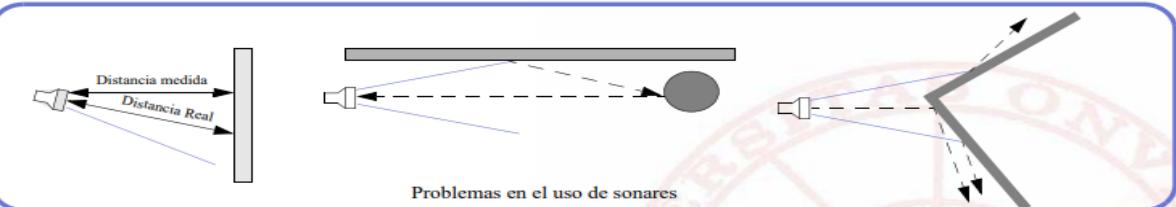
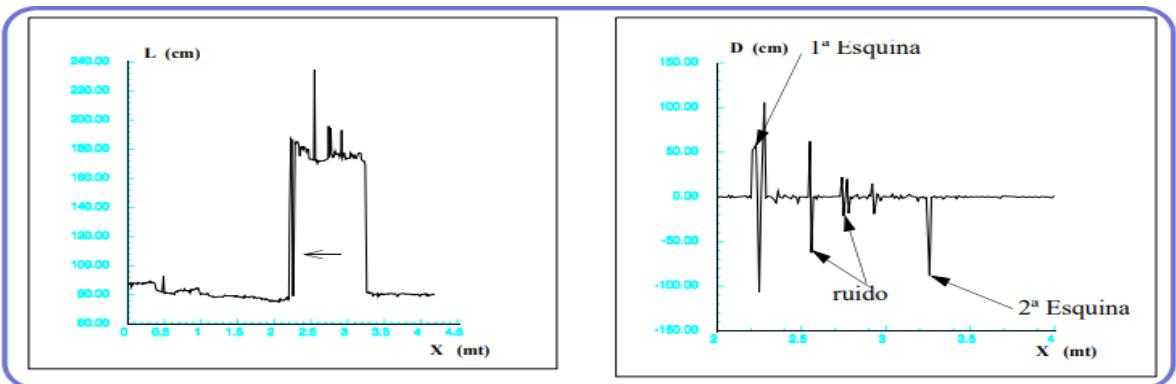
Dónde:

- γ : índice adiabático (factor de expansión isentrópica) - relación de calores específicos de un gas, R: constante de los gases, T: temperatura en grados Kelvin

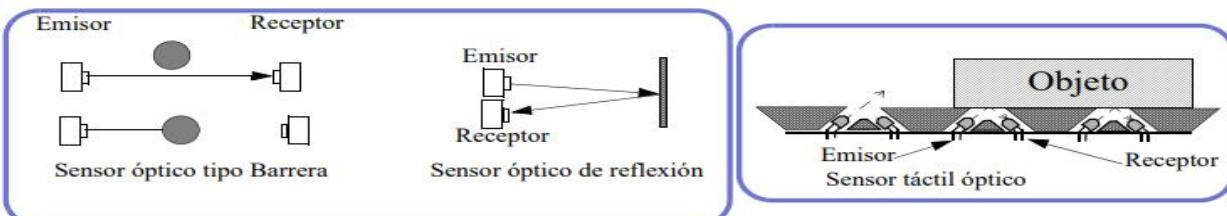
Características medidas sonar:

- Frecuencia típica: 40 - 180 kHz
- Tensión de onda sonora: transductor piezoelectrónico
- Transmisor y receptor separados o no separados
- El haz de sonido se propaga en un cono (aprox.)
- Ángulos de apertura de entre 20 y 40 grados
- Regiones de profundidad constante
- Segmentos de un arco (esfera para 3D)



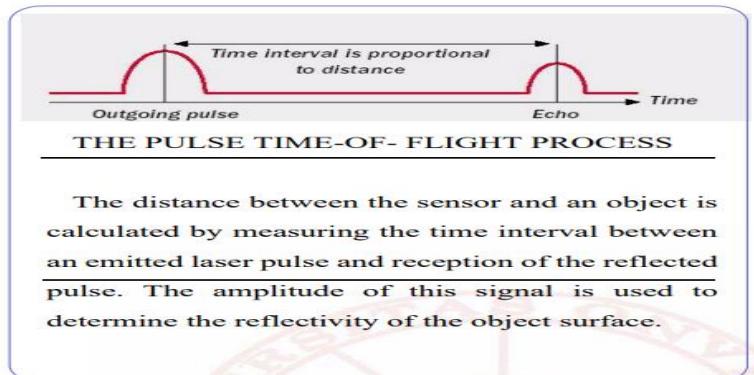


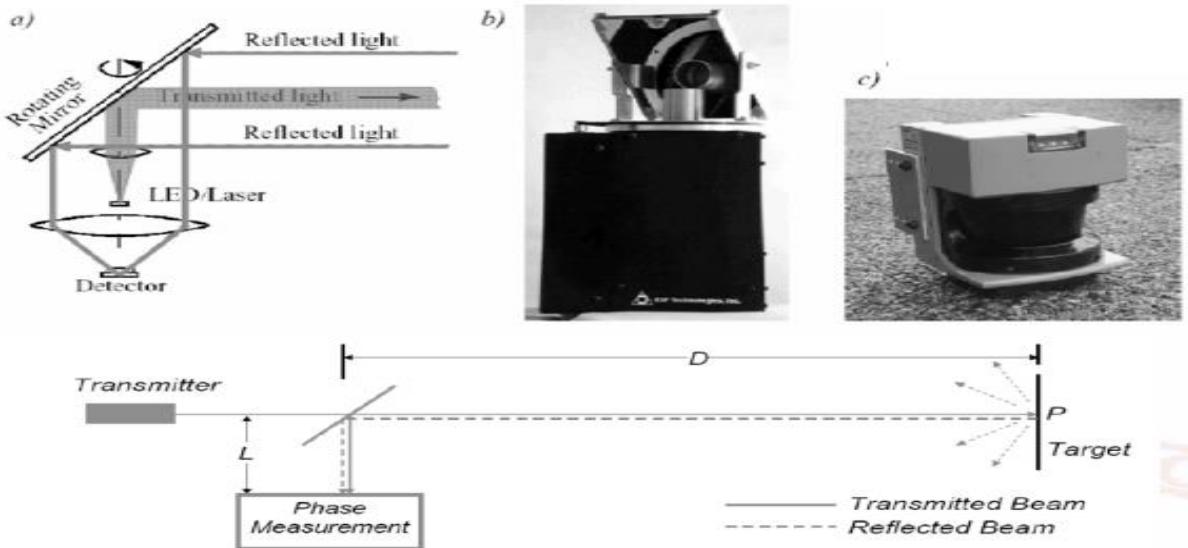
Sensor de infrarrojo:



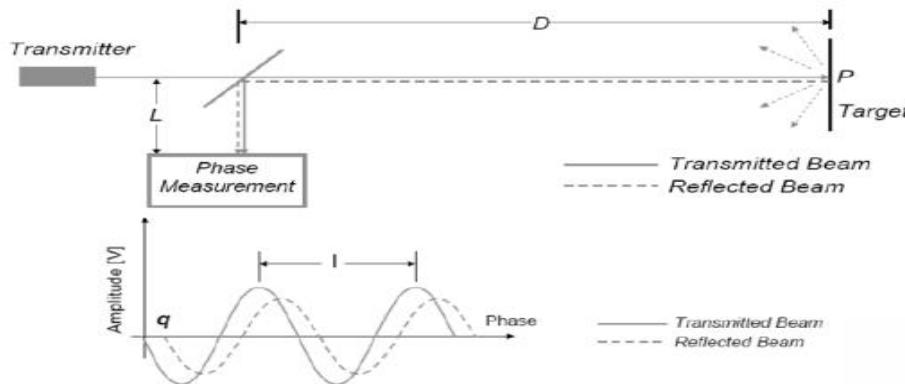
Sensor Láser:

SENSORES LASER





Medición de cambio de fase:



$$D' = L + 2D = L + \frac{\theta}{2\pi} \lambda \quad \lambda = \frac{c}{f} \text{ where:}$$

Dónde:

c: es la velocidad de la luz; f la frecuencia moduladora; D' la distancia recorrida por la luz emitida.

- Para $f = 5 \text{ MHz}$ (como en el sensor de A.T&T.), $\lambda = 60 \text{ nm}$

- Distancia D, entre el divisor de haz y el objetivo: $D = \lambda * \theta / (4 * \pi)$

Dónde:

- Theta: diferencia de fase entre el haz transmitido y reflejado

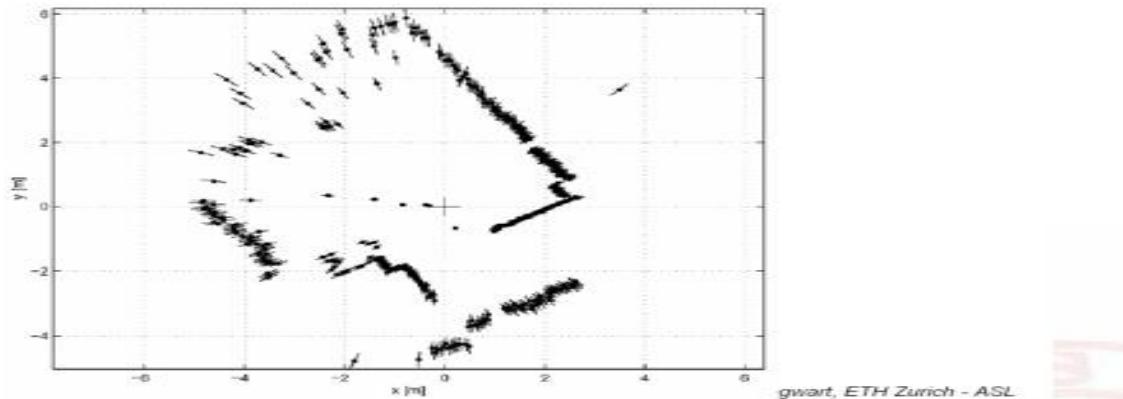
- Estimaciones de rango teóricamente ambiguas ya que por ejemplo, si $\theta = 60 \text{ nm}$, un objetivo a una distancia de 5 metros = objetivo a 35 metros.



LMS Outdoor/ Indoor	
Max. range (with 10% reflectivity)	80 m (30 m Outdoor/10 m Indoor)
Angular resolution	1°/0.5°/0.25°
Scanning angle	90°/100°/180°
Response time	13/26/53 ms
Interfaces	RS 232/422
Dimensions in mm (W x H x D)	352 x 266 x 236 with heating, 155 x 210 x 156 without heating
Laser protection class	1 (eye-safe)
Switching outputs	3 x PNP
	2 x relay /1 x PNP
Ambient operating temperature	-30 ... +50 °C (0 ... +50 °C Indoor)

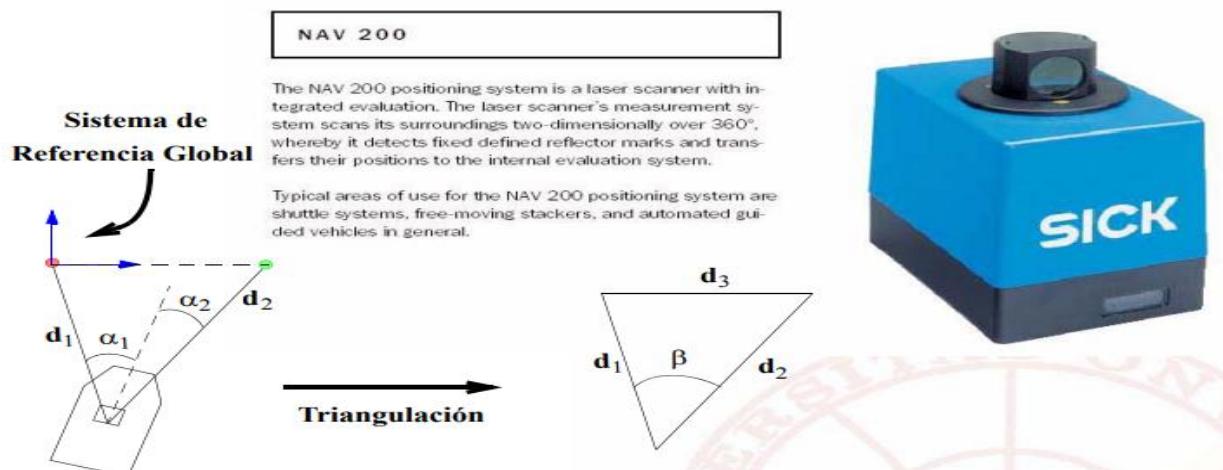
Sensor de alcance láser (tiempo de vuelo, electromagnético):

- Imagen de alcance típica de un sensor de alcance láser 2D con un espejo giratorio. La longitud de las líneas a través de los puntos de medición indican las incertidumbres.



2.2.5 SENsoRES DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Navegación Interior: Sistema laser para detectar balizas (triangulación NAV 200)



Navegación en Exteriores: GPS El GPS funciona mediante una red de 24 satélites (21 operativos y 3 de respaldo) en órbita sobre el globo a 20.200 km con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la

superficie de la tierra. El receptor recibe de los satélites unas señales indicando la posición de los mismos y el reloj de cada uno de ellos. En base a estos datos, calcula la distancia al satélite.

Obteniendo información de tres satélites se obtiene la posición 3-D mediante la intersección de tres esferas. Sin embargo, dado que el reloj que incorporan los receptores GPS no está sincronizado con los relojes atómicos de los satélites GPS, dicha determinación no es precisa.

Teniendo información de un cuarto satélite, es posible eliminar el inconveniente de la falta de sincronización entre los relojes de los receptores GPS y los relojes de los satélites. Y es en este momento cuando el receptor GPS puede determinar una posición 3-D exacta (latitud, longitud y altitud).

DGPS (Differential GPS): Es un sistema que proporciona a los receptores de GPS correcciones a los datos recibidos de los satélites GPS. El sistema de correcciones funciona de la siguiente manera:

- Una estación base en tierra, con coordenadas muy bien definidas, escucha los satélites GPS.
- Calcula su posición por los datos recibidos de los satélites.
- Dado que su posición está bien definida, calcula el error entre su posición verdadera y la calculada, estimando el error en cada satélite.
- Se envía estas correcciones al receptor a través de algún medio: RDS La precisión lograda puede ser de unos dos metros en latitud y longitud, y unos 3 m en altitud.
-

NMEA: El protocolo NMEA 0183 es un medio a través del cual los instrumentos marítimos y también la mayoría de los receptores GPS pueden comunicarse los unos con los otros. Ha sido definido, y está controlado, por la organización estadounidense National Marine Electronics Association Otros Sistemas :

- GLONASS (antigua URSS, se espera que la constelación vuelva a estar operativa completamente antes de 2010)
- Galileo (Unión Europea el sistema funcionará, bajo control civil, a partir de 2010)
- Beidou (China)

2.2.6 SENsores DE FUERZA-PAR:

Permiten medir las 3 fuerzas y 3 momentos de torsión que están actuando en cada momento sobre el punto a estudiar.

Aplicaciones típicas: medida de esfuerzos en la Industria del Automóvil, Aeronáutica, bancos de ensayo y Máquina Herramienta.

2.2.7 SENsores DE VELOCIDAD:

SENSORES DE EFECTO DOPPLER:

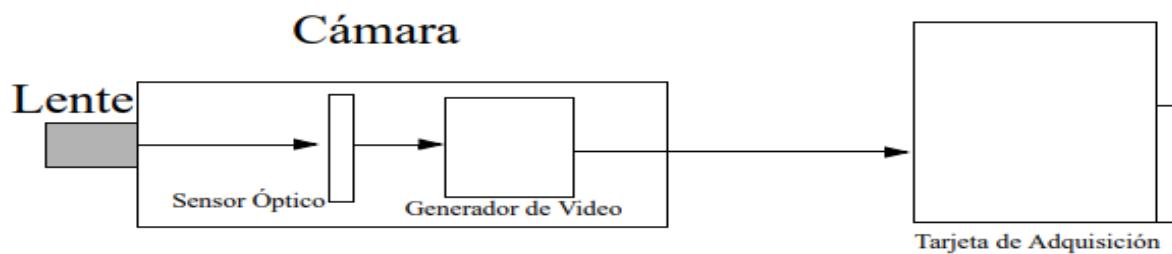
Se basan en la emisión de una señal, luminosa (láser), hiperfrecuencia (radar) o sonora (ultrasonidos) y medir el cambio de frecuencia de la señal reflejada en el elemento móvil con la señal emitida.

TACODINAMÓ Ó DINAMÓ TACOMÉTRICA:

Son sensores de velocidad angular los cuales entregan una tensión continua analógica proporcional a la velocidad angular del objeto que gira, o sea que entregan una tensión proporcional a la velocidad. "Su funcionamiento es similar al de la bicicleta con luz".

TACOALTERNADOR: Su principio de funcionamiento es similar que el de la dinamo con la diferencia que trabaja con alterna.

2.2.8 CÁMARAS:



Tipos de sensores: Los sensores CCD (siglas en inglés del charge-coupled device: 'dispositivo de cargas [eléctricas] interconectadas') son circuito integrados que contiene un número determinado de condensadores enlazados o acoplados. Bajo el control de un circuito interno, cada condensador puede transferir su carga eléctrica a uno o a varios de los condensadores que estén a su lado en el circuito impreso. La alternativa digital a los CCD son los dispositivos CMOS (complementary metal oxide semiconductor) utilizados en algunas cámaras digitales y en numerosas Webcam.

Tipos de generación de video: ENTRELAZADO, PROGRESIVO

Tipos de cámaras: Cámaras Matriciales vs cámaras lineales

Calibración de la cámara: Proceso que permite establecer la relación entre coordenadas tridimensionales de los objetos del entorno con sus correspondientes proyecciones bidimensionales en la imagen plana capturada por la cámara.