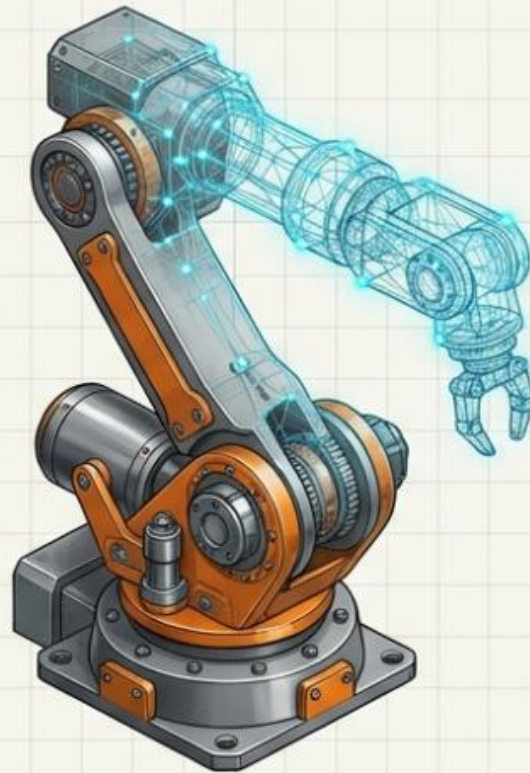


Introducción a la Robótica

Principios, Mecánica y Aplicaciones



ESTADO: Aprobado para Diseño
SISTEMA: Base
ENFOQUE: Integración Mecatrónica

Miembros de la catedra

- Dr. Mgter. Ing. Anselmo Cukla
- Ing. Lucas Cukla
- M. Sc. Ing. Miqueas Neumann



Temario del semestre

- Introducción
- Programación orientada a objetos y eventos con interfaz gráfica
- Representación de robots en el espacio
- Cinemática
- Dinámica
- Control y trayectoria
- Simulación y ROS
- Visión artificial aplicada a robótica
- Electrónica



No hay exámenes ni asistencia



Regularizar

- Aprobar el integrador
- Aprobar los trabajos prácticos

Final

- Examen teórico-práctico sin desarrollo de formulas
- Se toman algunos ejercicios prácticos de representación de robots, cinemática, dinámica, jacobiano y/o control y trayectoria
- Se toma preguntas teóricas de todos los temas dados.
- No hay promoción

Bibliografía

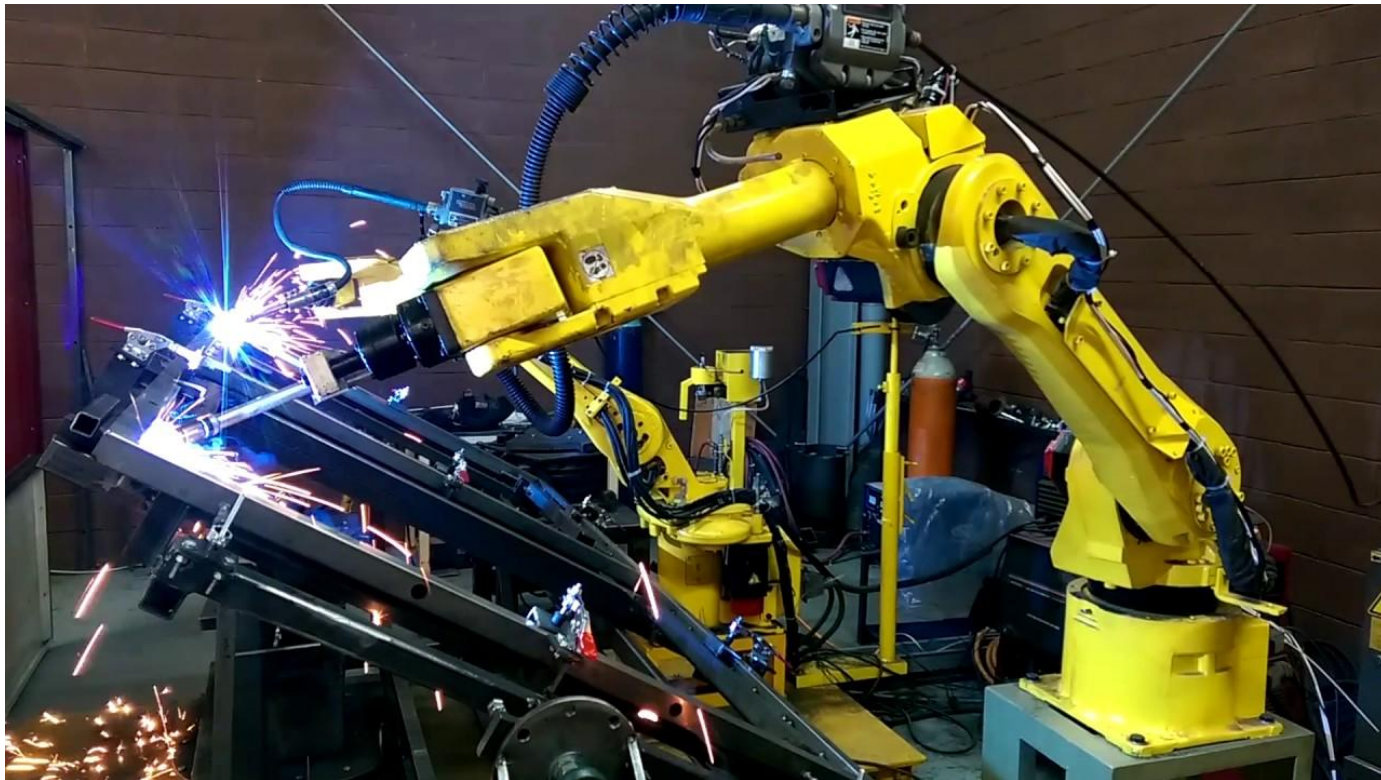
- Modern robotics, Mechanics, planning and control Lynch and Park, Cambridge U
- Apuntes de catedra de robótica universidad de ciencias aplicadas Karlsruhe
- Sciliano, Sciavicco, Villani y Orioli: Robotics- Modelling Planning and Control, Springer
- Shabana, A. A.: Computational Dynamics, 2.^a edición, John Wiley & Sons, Nueva York 2003.
- Shabana, A. A.: Dynamics of Multibody Systems, 3.^a edición, John Wiley & Sons, Nueva York 2005.
- Sciavicco, L. , Siciliano, B. : Modelling and Control of Robot Manipulators, McGraw Hill, 1996
- Pagina oficial de universal robotics

¿Qué es un robot?

Un robot es una máquina programable, física o virtual, diseñada para realizar tareas de manera automática o semiautónoma, combinando componentes mecánicos, sensores y sistemas computacionales

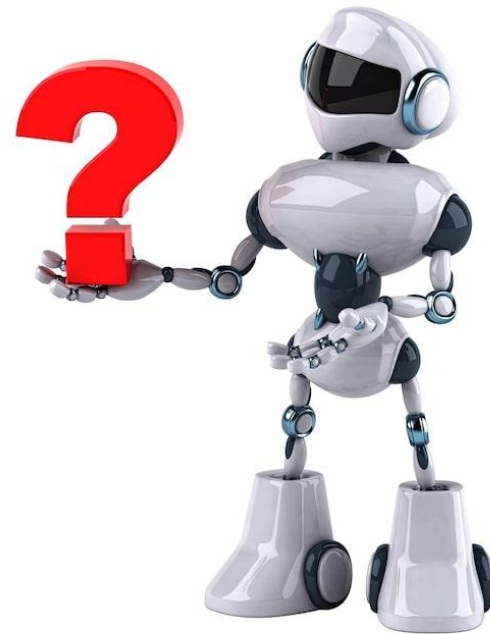
A los robots le resulta fácil lo que a los humanos les resulta difícil

- Movimientos precisos y repetitivos
- Levantar mucho peso
- Estar en ambientes no aptos para humanos (tóxicos, explosivos, etc)



A los humanos le resulta fácil lo que a los robots les resulta difícil

- Incertidumbre física.
- Tomar decisiones
- Imprevistos



Entonces.....

¿Por qué nos enfocamos en diseñar robots que intenten ser humanos?



¿Queremos un robot que maneje una carretilla o una carretilla automática?



501600936

¿Qué automatizar/robotizar?

¿Crear productos que ya existen?

- Humanoides?
- Perros robots?
- Aspiradoras?

Debemos enfocarnos en resolver un problema que no haya ya una solución.

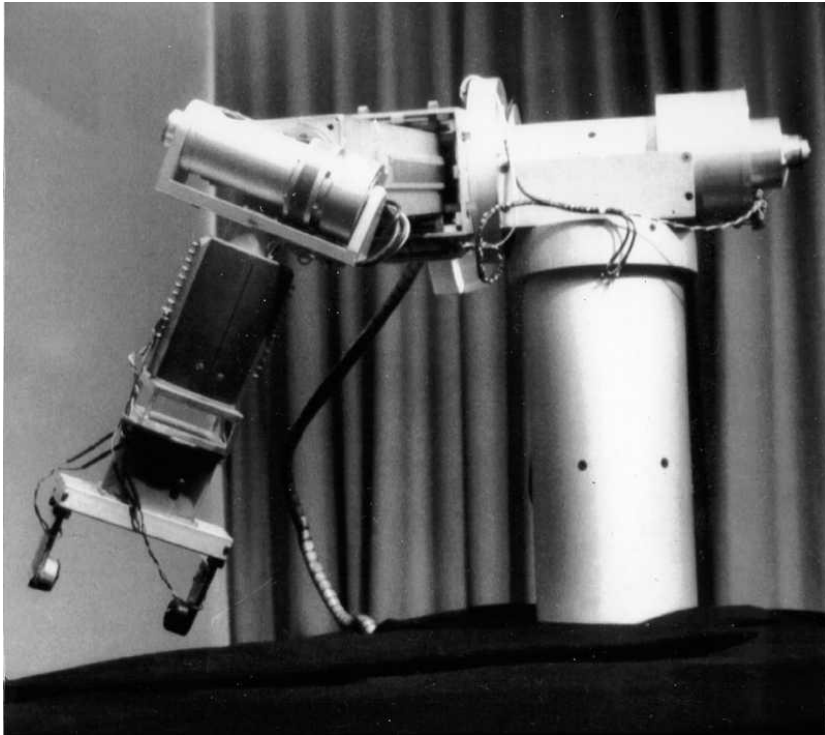
Sino estamos haciendo un producto para un problema y una demanda que nunca existió.

Las 4D



Robótica antigua

- Poca interacción o nula con el ambiente
- Robustos pero torpes
- Caros

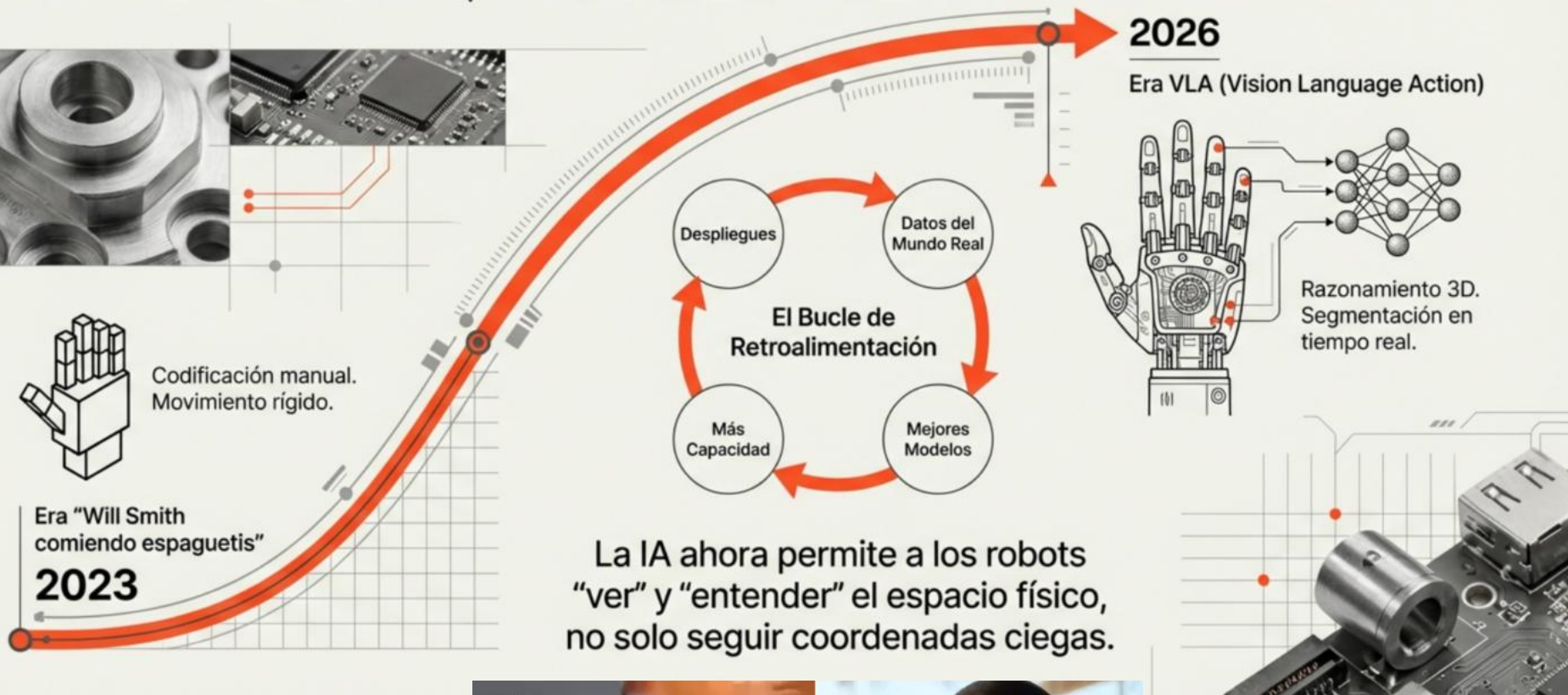


Robótica evolución



El Punto de Inflexión: El Efecto Exponencial

De la Automatización Torpe a la Autonomía Fluida.



Robótica en la actualidad

- Precios de sensores y actuadores bajos
- Modelos CAD opensource
- ROS
- Programación asistida por IA
- Visión computacional
- Inteligencia artificial aplicada a robots (robots que aprenden)

Oportunidades actuales en países en vías de desarrollo

- Mucho por automatizar
- Precio de mano de obra en aumento



EL PODER DEL NICHU

Busca lo 'Dull, Dirty, Dangerous' (Aburrido, Sucio, Peligroso).
Limpieza solar, inspección de tuberías, agricultura de precisión.

“La robótica es el próximo SaaS. Encuentra una tarea, automatízala.”

Datos

- Necesario para interactuar con el entorno
- Se necesita data del ambiente de trabajo específico
- No se puede descargar de internet
- La teoría es mucho mas fácil que la práctica
- En las fabricas hay muchas perturbaciones

Cuidado!!

Más no significa mejor

Obtener información irrelevante hace que los cálculos sean mas complejos y traigan perturbaciones innecesarias. Hay costos extras asociados por la mayor cantidad de sensores

Tener articulaciones adicionales complica los cálculos de movimiento. Al incorporar una articulación mas se suman errores de tolerancia. Aumenta el costo

La eficiencia, la precisión, la estética van en segundo plano. **Lo importante es resolver el problema**

Tipos de robots industriales

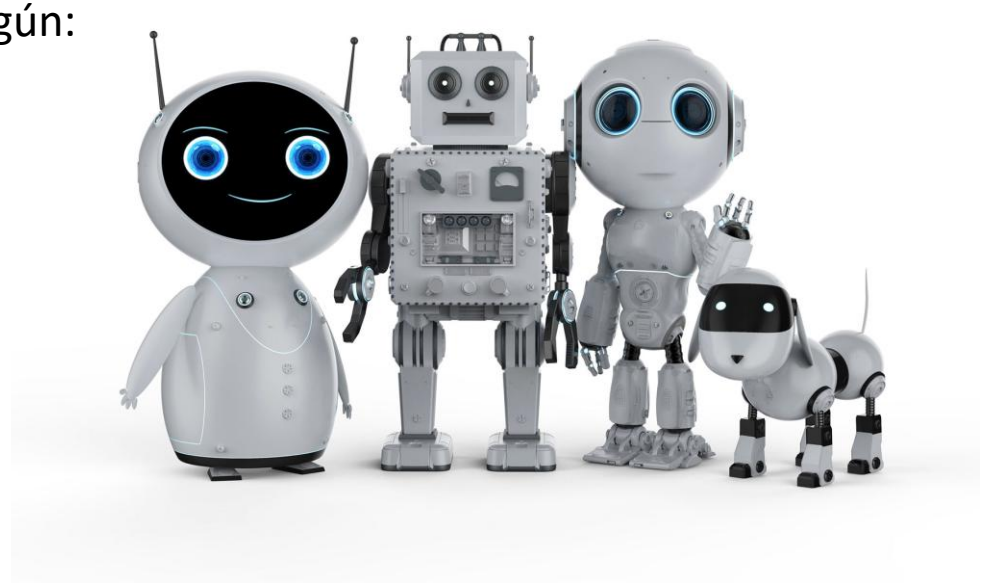
Los robots pueden clasificarse según:

Estructura mecánica

Movilidad

Aplicación

Nivel de autonomía



Taxonomía Robótica: Cuatro Pilares de Clasificación

SISTEMA ROBÓTICO

Estructura Mecánica



Cartesiano

Cilíndrico

Polar

Articulado

SCARA

Delta

Movilidad



Fijos

Móviles Terrestres

Aéreos (Drones)

Acuáticos (ROV)

Aplicación



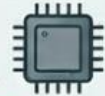
Industrial
(Soldadura, Ensamblaje)

Servicio y Médico

Militar y Defensa

Espacial

Nivel de Autonomía



Colaborativos
(Cobots)

Autónomos

Semiautónomos

Teleoperados

Clasificación según estructura mecánica



Polar o esférico



Cartesiano



Articulado



Cilíndrico



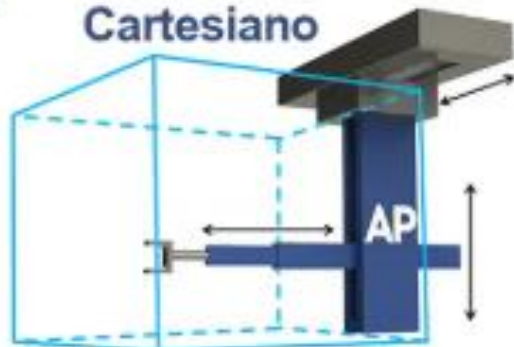
SCARA



Esquema Antropomórfico de un Robot



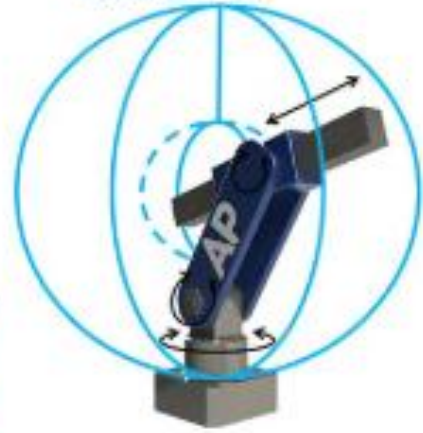
Cartesiano



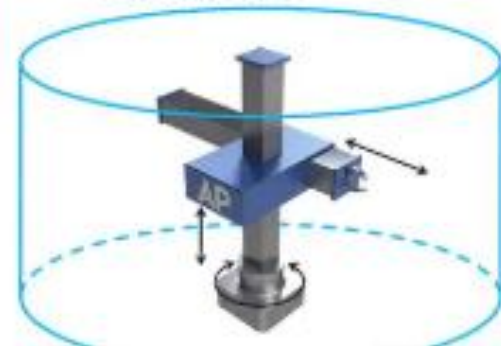
SCARA



Esférico



Cilíndrico



Antropomórfico



Paralelo



ROBOT POLAR O ESFERICO

Los robots polares presentan una articulación de torsión entre el brazo y la base, además de una combinación de dos articulaciones rotativas y una articulación lineal que conecta los eslabones.

Aplicaciones:

- Fundición
- Manipulación de vidrio
- Apilamiento y desapilamiento
- Moldeo por inyección
- Forjado



Robot Cartesiano

También conocido como robot lineal o robot de puente, tiene una configuración rectangular con tres juntas prismáticas que proporcionan movimiento lineal deslizando los tres ejes perpendiculares

Ventajas

Precisión de posición, operación simplificada, programación offline facilitada, alta personalización, buena capacidad de carga y menor costo en comparación con otros robots industriales tradicionales.

Desventajas

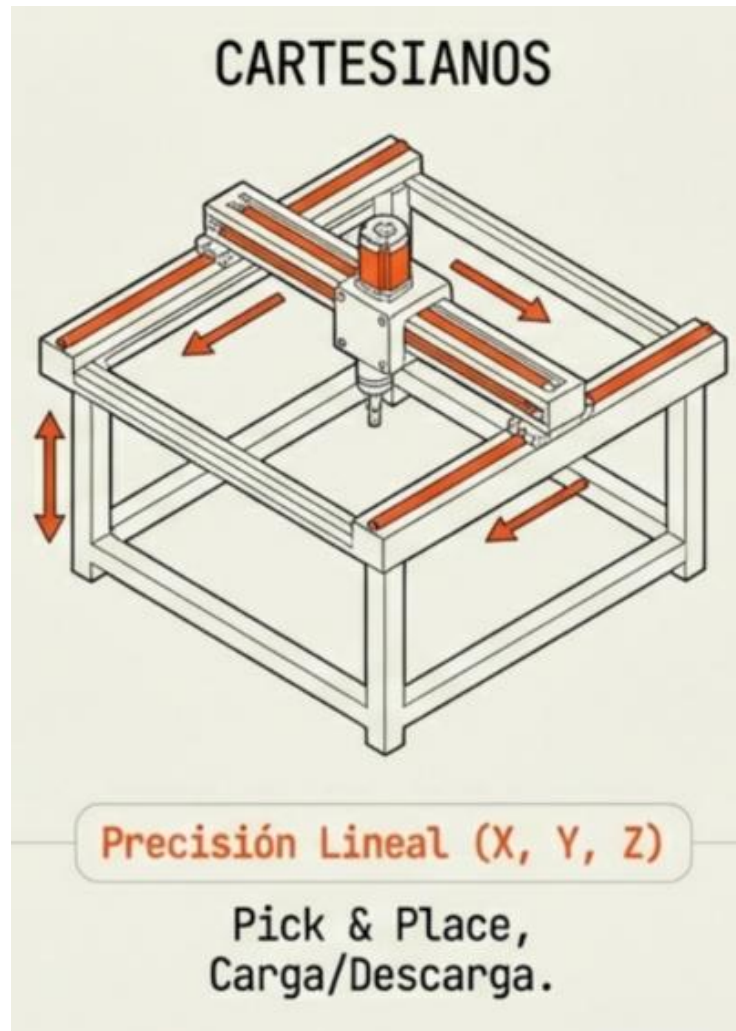
Las principales desventajas de este modelo incluyen la gran área operativa y de instalación necesaria. Además, tienen un montaje complejo y movimiento limitado a una dirección (X, Y o Z) a la vez.

Aplicaciones

- Recoger y colocar (pick and place)
- Carga y descarga
- Manipulación de materiales
- Ensamble y subensamble



Robot Cartesiano



Robot Articulado

Los robots articulados son los más utilizados en la industria en la actualidad. Tienen un diseño similar al brazo humano, compuesto por ejes que se pliegan en diversas direcciones, lo que aumenta su alcance y las posibilidades de aplicación.

Ventajas de los robots articulados

Las principales ventajas de los robots industriales articulados son su alta velocidad, flexibilidad para aplicaciones en espacios confinados y facilidad para el alineamiento de coordenadas múltiples (eje X, Y y Z).

Desventajas de los robots articulados

Las principales desventajas de este modelo incluyen la necesidad de un controlador de robot dedicado para las operaciones, una programación más complicada y una cinemática también más compleja, lo que implica una mayor capacitación antes de la implementación.

Aplicaciones

- Empaquetado de alimentos;
- Soldadura con arco;
- Soldadura por puntos;
- Manipulación de materiales;
- Alimentación de máquinas;
- Ensamble automotriz;
- Paletización;
- Corte de acero;
- Manipulación de vidrio;
- Fundición y forjado.



Robot cilíndrico

Los robots cilíndricos tienen al menos una articulación rotativa en la base y una articulación prismática que conecta los eslabones.

Ventajas de los robots cilíndricos

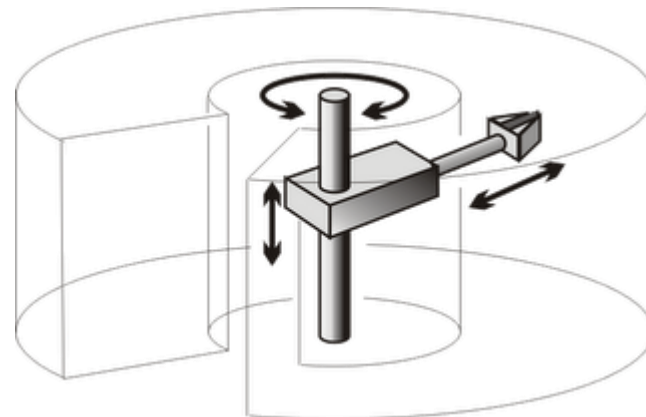
Los robots cilíndricos tienen una operación e instalación sencilla, un montaje mínimo, un gran alcance en el espacio de trabajo, baja demanda de espacio en el suelo de la fábrica y buena capacidad de carga.

Desventajas de los robots cilíndricos

Las principales desventajas incluyen la incapacidad para saltar obstáculos, la baja precisión en la dirección del movimiento rotativo y la falta de disponibilidad de este modelo, ya que el mercado no lo adopta con tanta regularidad.

Aplicaciones

- Transporte de paneles LCD;
- Aplicaciones de ensamblaje;
- Aplicaciones de revestimiento;
- Fundición;
- Forjado y fundición;
- Carga y descarga de máquinas.

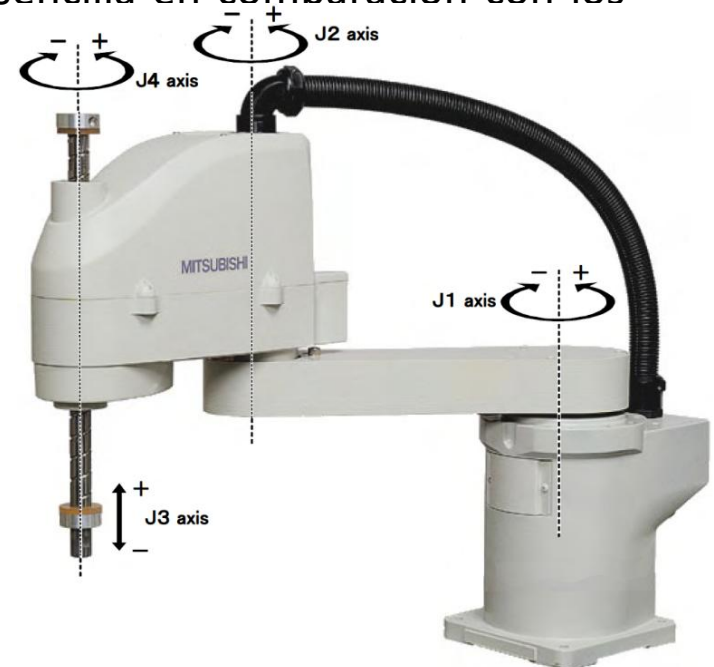


Robot SCARA

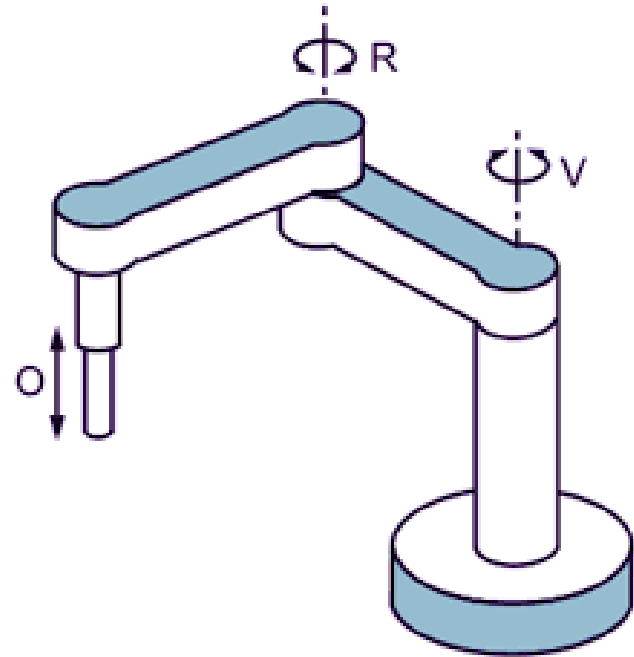
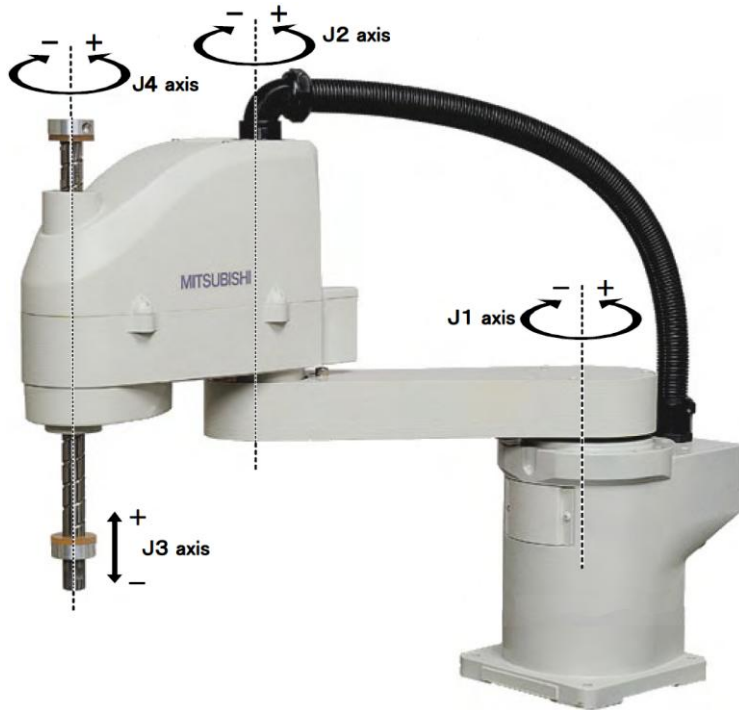
Los robots SCARA ([Brazo Robótico](#) de Conformidad Selectiva) (Selective Compliance Assembly Robot Arm) se utilizan normalmente en aplicaciones de ensamblaje, donde suelen tener dos articulaciones paralelas que proporcionan conformidad en el plano en el que están instalados.

Tienen un alcance de trabajo en forma de anillo. Sus ejes rotativos están posicionados verticalmente y el eje final sujeto al brazo se mueve horizontalmente.

Son especialistas en movimientos laterales, utilizados especialmente para el ensamblaje debido a su velocidad e integración más sencilla en comparación con los robots cilíndricos y cartesianos.



Robot SCARA



Robot Delta

Los robots Delta también se conocen como robots de enlace paralelo debido a sus enlaces paralelos de articulaciones conectados a una base común, lo que también les confiere una apariencia similar a la de una araña.

Con el control directo de cada articulación sobre la herramienta final, el posicionamiento puede controlarse fácilmente con sus brazos, lo que garantiza una velocidad de operación increíble. Estos robots tienen un espacio de trabajo en forma de cúpula y normalmente se utilizan en aplicaciones rápidas de recoger y colocar.

Ventajas de los robots delta

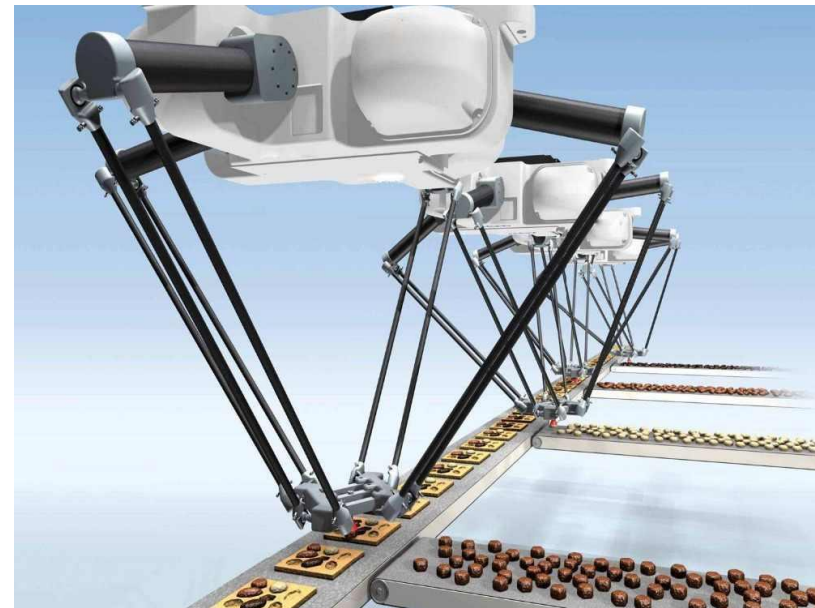
- Las principales ventajas de los robots Delta radican en la alta velocidad de operación y la excelente precisión durante el trabajo.

Desventajas de los robots delta

- Las principales desventajas del modelo incluyen la operación compleja y la necesidad de un controlador de robot dedicado.

Aplicaciones de los robots delta

- Estos robots pueden utilizarse en tareas y sectores como:
- Industria alimentaria;
- Industria farmacéutica;
- Industria electrónica;
- Simuladores de vuelo;
- Simuladores de automóviles;
- Alineación de fibra óptica.





Clasificación de robots según su movilidad



Fijos



Móviles terrestres

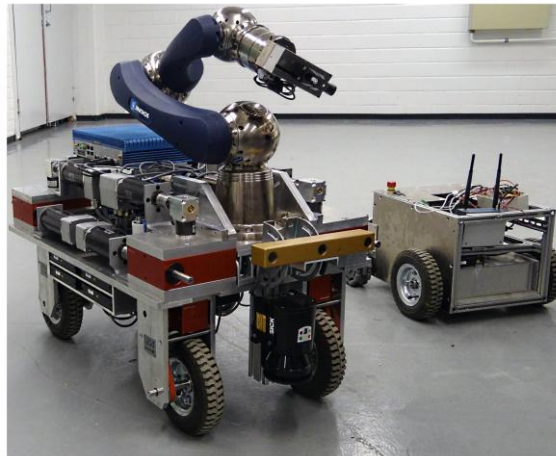
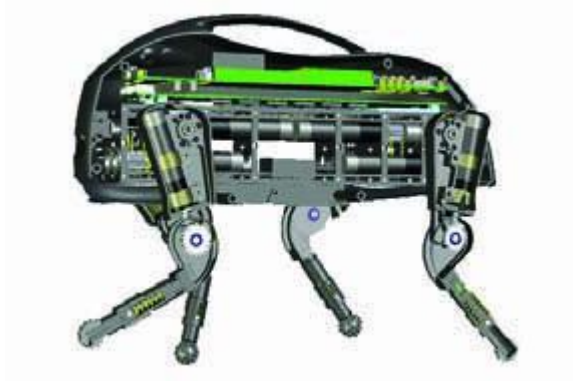


Aéreos (drones)









Acuaticos (ROV)

Robots móviles terrestres



Clasificación de robot según aplicación

-  **Industriales** (soldadura, pintura, ensamblado)
-  **Médicos** (ej: Intuitive Surgical con el sistema Da Vinci Surgical System)
-  **Militares**
-  **Agrícolas**
-  **Domésticos** (ej: iRobot con Roomba)
-  **Autónomos** (vehículos self-driving)

Clasificación según autonomía



Teleoperados



Semiautónomos



Autónomos



Colaborativos (Cobots)

Robots teleoperados

Robots que no toman decisiones propias.

Un humano controla todos sus movimientos en tiempo real.

Arquitectura típica

- Sensores → transmisión de datos
- Operador humano → toma decisión
- Señal de control → actuadores

Ejemplos

- Robots de cirugía
- ROV
Robots antibombas

Robot Semiatónomos

Pueden realizar tareas automáticamente, pero el humano:

- Define objetivos
- Supervisa
- Puede intervenir
- Hay mezcla de control automático + decisión humana.

🔧 Arquitectura típica

- Sensores (cámara, lidar, IMU)
- Control automático local
- Supervisión humana
- Sistemas de seguridad

Ejemplo típico:

Sistema autopilot de Tesla



Robots autónomos

- Toman decisiones sin intervención humana durante la operación.

Implementan:

- Percepción
- Localización
- Planificación
- Control

Arquitectura típica

- Sensores (LiDAR, cámaras, encoders)
- SLAM
- Planificación global (A*)
- Planificación local
- Control dinámico
- Redes neuronales para percepción

Ejemplo

Robots aspiradoras

Robots limpia piletas

Robots Spot Boston Dynamics

Robots de transporte logístico



Robots colaborativos cobots

Es una categoría distinta basada en seguridad e interacción humano-robot.

¿Qué son?

Robots diseñados para trabajar junto a humanos sin jaula de seguridad.

Características técnicas

- Sensores de torque en articulaciones
- Detección de colisión
- Limitación de fuerza y velocidad
- Certificación ISO 10218 / ISO/TS 15066



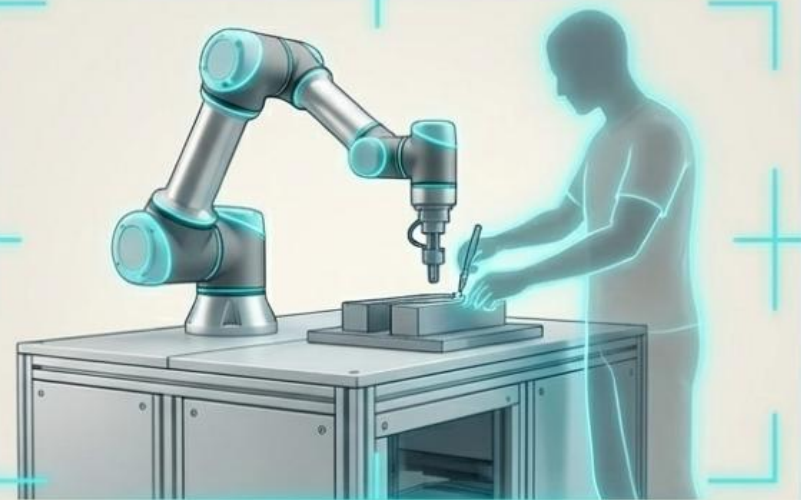
Economía, Seguridad y la Era del "Cobot"

Robótica Tradicional



- Confinamiento obligatorio en jaulas.
- Costos fijos de instalación altísimos.
- Programación rígida (OLP/Teach Pendant).
- Métrica clave: Time-cycle puro.
- El control de posición es ciego; si choca, destruye el obstáculo.

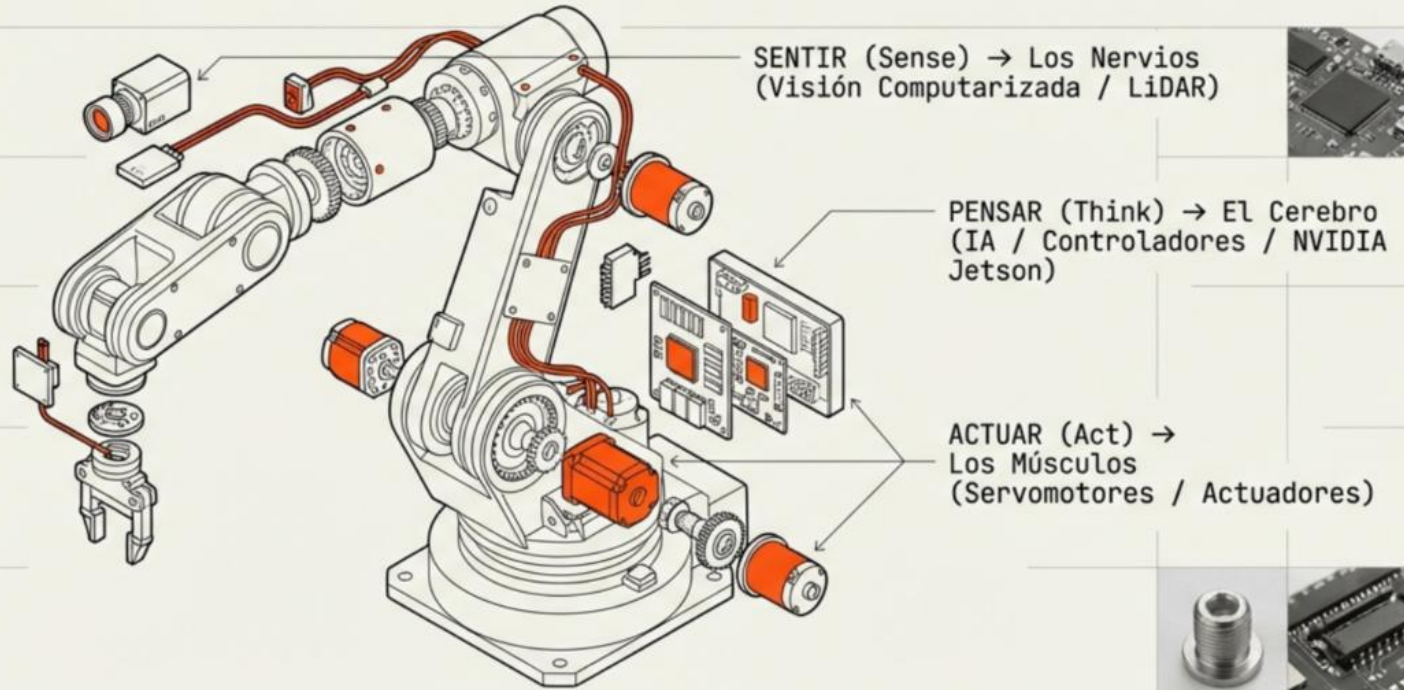
Robótica Colaborativa (Cobots)



- Tecnología habilitadora: Sensores de Torque en cada articulación.
- Uso de Control de Fuerza e Impedancia.
- Detención inmediata al mínimo contacto inesperado.
- Eliminación de jaulas = ahorro de metros cuadrados.
- Flexibilidad de reacondicionamiento y ROI más rápido para PYMES.

Partes de un robot

Anatomía de la Autonomía: No es Magia, es Ingeniería



Un robot es simplemente un bucle cerrado de información física.

Actuadores para articulaciones y herramientas de sujecion

- Motores Brushless (BLDC)
- Motores Paso a Paso (Stepper)
- Servomotores
- Actuadores Neumáticos (succionadores o pinzas)
- Hidraulicos (cuando se requiere mucha fuerza)

Reductores

Reductor planetario:

- Baratos
- Alta reducción
- Backlash (juego)
- Buena eficiencia
- Compactos



Reductores

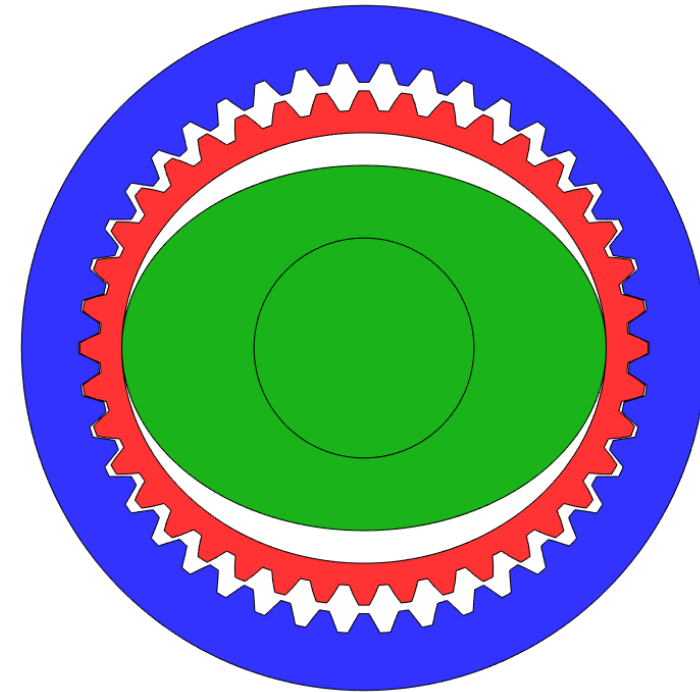
Reductor armónico

Ventajas

- Backlash casi cero
- Muy alta precisión
- Altas relaciones de reducción (100:1 fácil)

Desventajas

- Más caro
- Sensible a sobrecargas (por la parte elástica que se deforma)






Son el estándar en robótica!

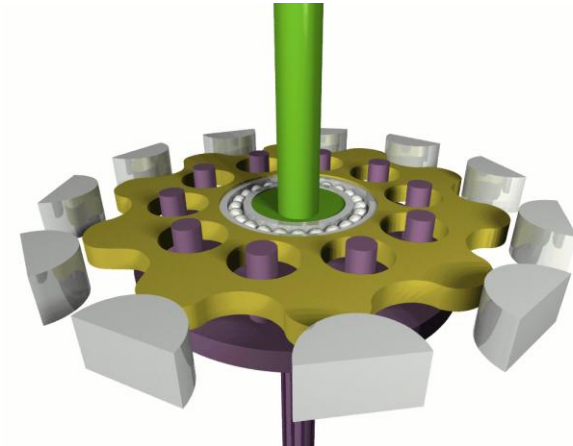
Reductores armónicos



Reductores



Cicloidales

- Un disco excéntrico transmite movimiento a través de rodillos.
-  **Ventajas**
- Muy robusto
- Alta capacidad de torque
- Mejor resistencia a impactos que el armónico
- Muy bajo backlash
-  **Desventajas**
- Puede tener vibraciones
- Más complejo mecánicamente
-  Muy usado en robots industriales pesados.



Reductores

Reductor de Engranajes Rectos

- Engranajes simples
- Fácil fabricación
-  **Ventajas**
- Barato
- Simple
-  **Desventajas**
- Mucho backlash
- Ruidoso
- No ideal para precisión
- Ocupan mucho espacio



Reductores

Tornillo sin fin

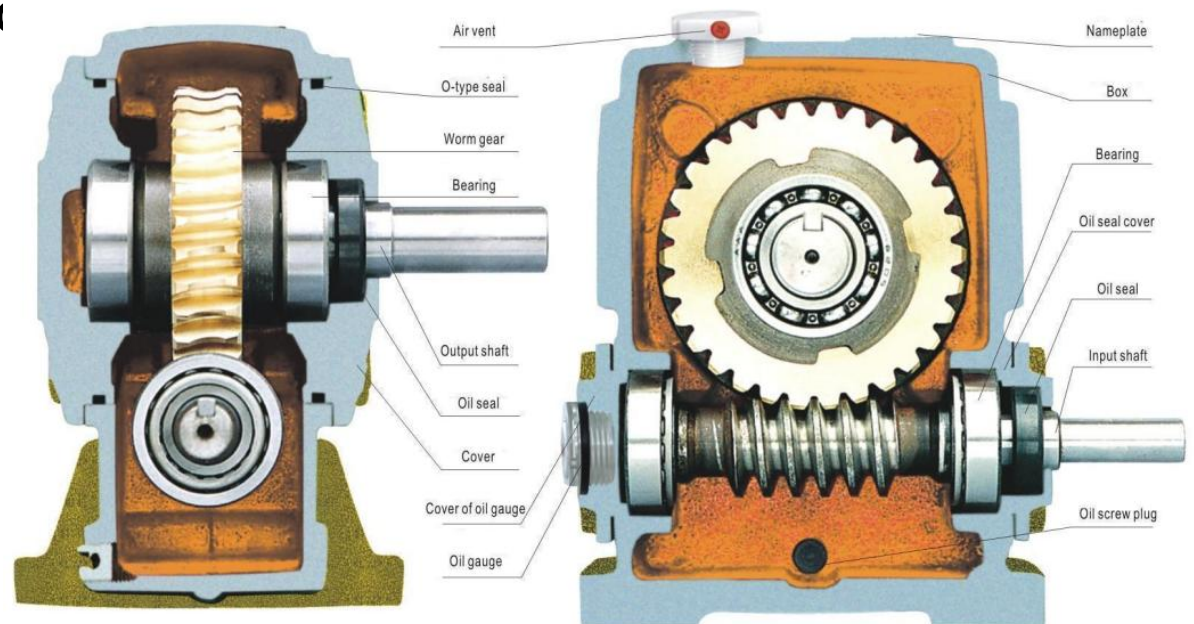
Un tornillo sinfín mueve una corona dentada.

🎯 Ventajas

- Alta reducción en una etapa
- Puede ser autobloqueante

⚠️ Desventajas

- **Baja eficiencia**
- Genera calor
- Desgaste mayor



Reductores

Correas y poleas

⚙️ Ventajas

- Aísla de vibraciones
- Barato

No hay backlash con correa dentada

⚠️ Desventajas

- Necesitan tensado
- Las correas se estiran
- Ocupan mucho espacio
- Se degradan facilmente



Reductores

A Husillo

- Motor (stepper o servo)
- Acople
- Husillo (barra roscada)
- Tuerca
- Guías lineales



Reductores

- **Husillo trapezoidal (ACME)**
- Rosca trapezoidal
- Más económico
- Más fricción
- Puede ser autoblocante
- Muy común en:
- Impresoras 3D eje Z
- Actuadores económicos



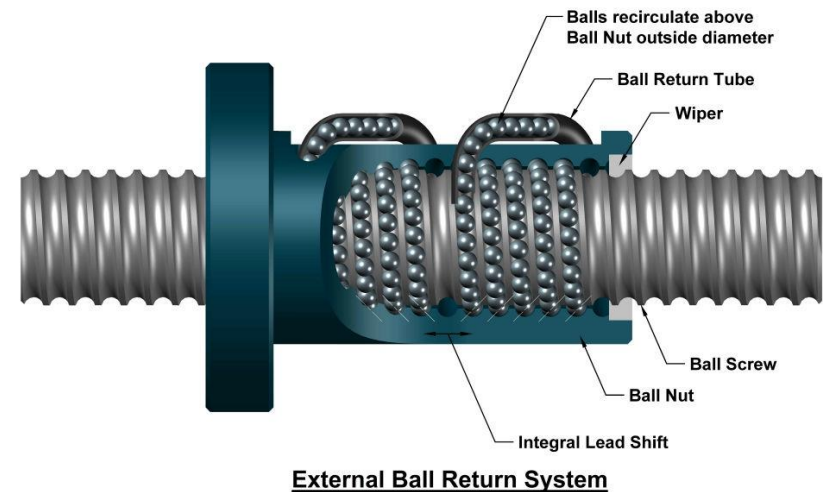
Reductores

Husillo de bolas

- Bolillas recirculantes
- Muchísima menos fricción
- Alta eficiencia ($\approx 90\%$)
- Muy preciso
- No es autoblocante

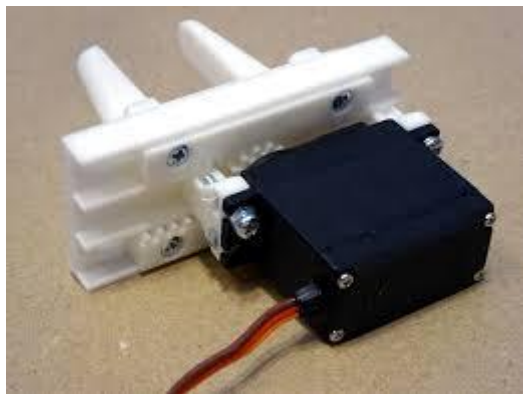
Es el estándar en:

- CNC
- Robots industriales
- Máquinas herramienta



Herramientas de sujeción

Garras Robóticas



Herramientas de sujeción

Tentáculos



Herramientas de sujeción

Succionador o sopapa



Sensores más comunes

- Encoder
- Sensor de torque
- Giroscopios y acelerómetros
- Finales de carrera

Otros sensores

- LIDAR
- Cámara
- Sensores de presión
- Ultrasonidos
- Laser

Encoder

- Pueden ser absolutos o relativos.
- Pueden ser ópticos (estandar), magnéticos, inductivos, resistivos.
- Miden variación de ángulo o variación de longitud



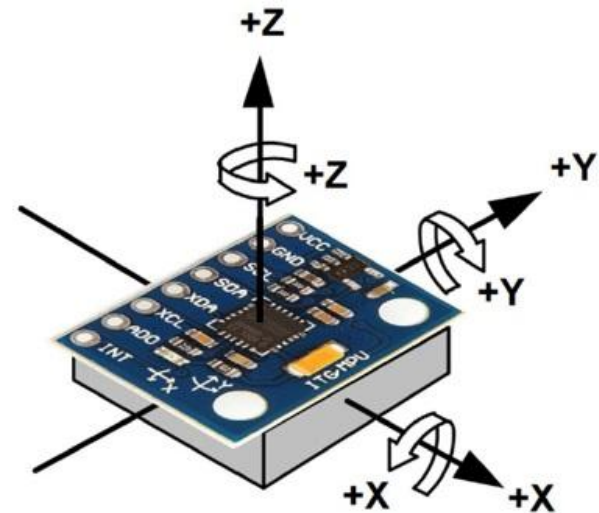
Sensor de torque

La mayoría se basan en galgas extensiométricas.
Muy utilizados en cobots y en robots donde se le puede programar mediante el movimiento (macro)



Giroscopios y acelerómetros

- Usualmente son capacitivos
- Miden velocidad angular (giroscopios)
- Miden aceleración (acelerómetros)
- Se pueden medir magnitudes derivadas (con errores extra asociados)



Finales de carrera

- Para detectar una posición en particular.
- Por ejemplo para setear la posición base de un robot.
- Para detectar colisiones



El Paradigma Mecatrónico

MECÁNICA

El Cuerpo.
Estructuras.
Actuadores, Reductores
Armónicos.

INFORMÁTICA

El Cerebro.
Generación de Trayectorias,
Cinemática Inversa,
Lenguajes de Control.

ROBÓTICA AVANZADA

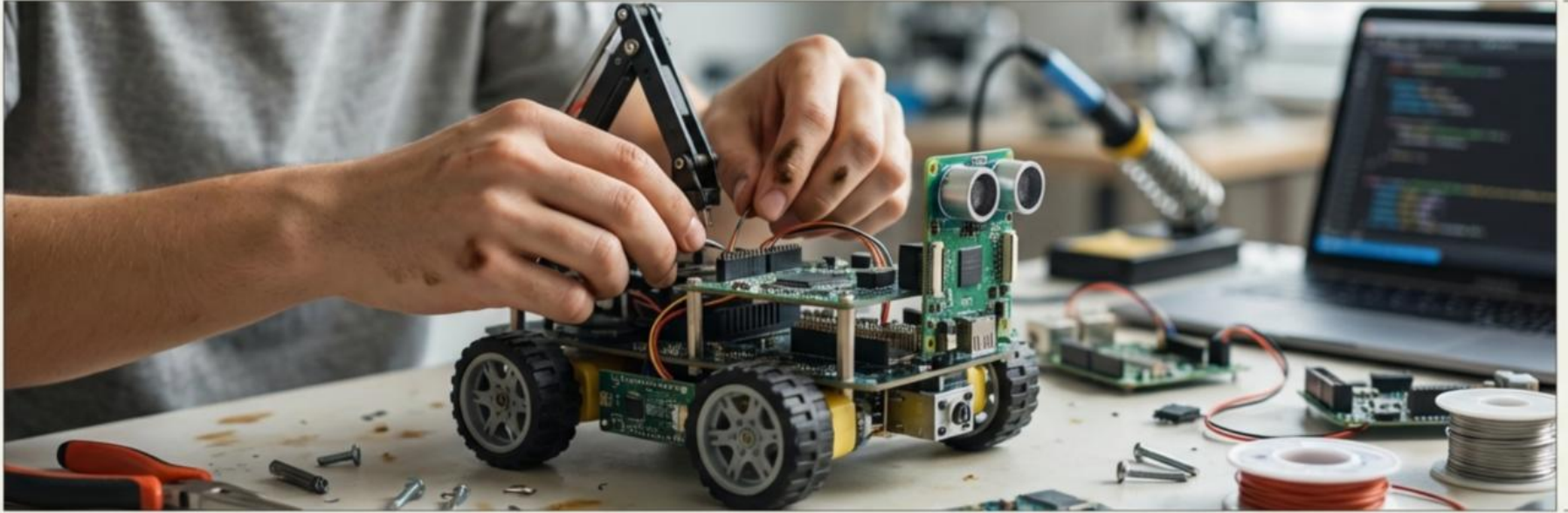
ELECTRÓNICA

El Sistema Nervioso.
Sensores de Fuerza. Visión
CCD, Controladores PID.

La verdadera destreza de un ingeniero no es diseñar una pieza perfecta, sino dominar la integración fluida entre silicio, acero y software para resolver las 4 D's del trabajo humano.

No esperes, Construye!!!

El futuro será moldeado por quienes se atrevan a construirlo físicamente.



LA ROBÓTICA RECOMPENSA LA PRÁCTICA.