

# Introducción

Fundamentos de Robótica Industrial

Versión 2024



# Consideraciones Iniciales

- Docentes:
  - Díaz, Christian: [cdiaz@fing.edu.uy](mailto:cdiaz@fing.edu.uy)
  - Andrada, Guillermo: [gandrada@fing.edu.uy](mailto:gandrada@fing.edu.uy)
  - Mendoza, Lucas: [lmendoza@fing.edu.uy](mailto:lmendoza@fing.edu.uy)
  
- Horarios y salones:
  - Martes de 16:30 a 18:30 en el salón 031 (Bandejas)
  - Jueves de 16:30 a 18:30 en el salón 305 (Edificio Central)
  
- Programa
  - <https://drive.google.com/file/d/1YNKnsFFZXiliFEUOCrjdBxpD0FtBLE6g/view>  
(Modalidad de aprobación sin actualizar)

# Bibliografía

## Básica

- A. Barrientos, L.F. Peñín, C.Balaguer, R. Aracil, (2009), Fundamentos de robótica, 1st Ed.
- B. Siciliano, L.Sciavicco, L. Villani and G.Oriolo, (2010), Robotics – Modelling, Planning and Control. 1st Ed.

## Complementaria

- John J. Craig, (2005). Introduction to Robotics: Mechanics and Control, 3rd Ed.
- S. B. Niku (2020), Introduction to robotics - analysis, control, applications. 3ed Ed.
- Robert L. Norton, (2006). Diseño de Maquinaria: Síntesis y Análisis de Máquinas y Mecanismos. 3ra Ed.
- A. Avello, (2014) Teoría de Máquinas. 2nd Ed.

# Previas

## Previas del curso de Fundamentos de Robótica Industrial:

- Examen aprobado de:
  - Cálculo 2
  - GAL 2
  - Mecánica newtoniana
- Curso aprobado de:
  - Computación 1
  - Física experimental 1

## Previas del examen de Fundamentos de Robótica Industrial:

- Curso aprobado de:
  - Fundamentos de Robótica Industrial

# Cronograma y dedicación esperada

## Cronograma

- <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1d3V0DcD-AwqB2Tw1GD8DSKaliPmp2TUEQIAKcRLM48w/edit?usp=sharing>

## Dedicación esperada

- 8 créditos
  - 3 horas semanales teórico
  - 1 hora de práctico
  - 1 hora de laboratorio
  - 3 horas de estudio

## Sobre ustedes

- ¿Nombre?
- ¿Qué carrera están cursando?
- ¿A qué altura de la carrera están?
- ¿Cómo se enteraron de la UC?
- ¿Por qué eligieron hacerla?

## Objetivos del Curso

- Resolver problemas básicos de Robótica Industrial
- Conocer los distintos tipos de robot habitualmente utilizados en la industria
- Implementar modelos matemáticos para posición, cinemática y dinámica de dichos robots
- Introducir al lenguaje ROS
- Acercar conceptos básicos sobre control
- Motivar al estudiante en el área robótica apuntando a una fuerte componente práctica

# Formas de trabajo

## Distribución de carga de trabajo estimada

- Teórico (50%)
- Práctico (30%)
- Laboratorios (20%)

Se espera favorecer el trabajo personal y grupal, apuntando a que cada estudiante desempeñe un rol activo en las distintas instancias de trabajo y se apropie del proceso de aprendizaje.

Se buscará establecer una línea de trabajo que se desarrolle durante todo el curso en concordancia con un proyecto grupal que formará parte de la evaluación final.



# Aprobación del curso

La evaluación consistirá en:

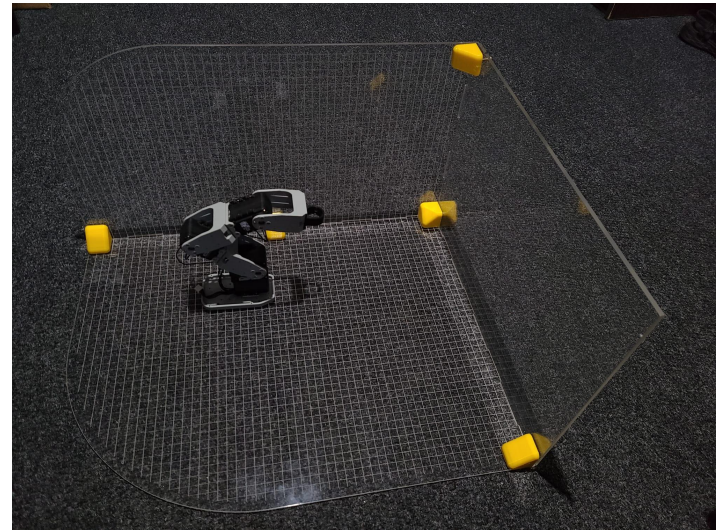
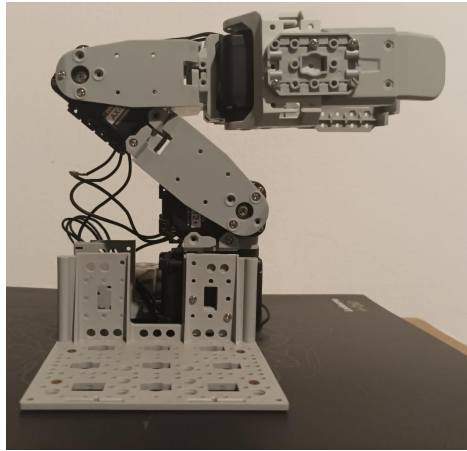
- Un parcial escrito, teórico-práctico, al final del semestre de 36 puntos.
- 3 controles de lectura previo a cada laboratorio de 8 puntos cada uno.
- Proyecto robótico final 40 puntos.

Si entre las tres evaluaciones el estudiante suma:

- Más de 60 puntos y:
  - Aprueba (>4pts) al menos 2 de los 3 controles de lectura : **exonera completamente.**
  - No aprueba al menos 2 de los controles de lectura: **deberá rendir examen.**
- Entre 25 y 59 puntos: **deberá rendir examen**
- Menos de 25 puntos: **deberá recurrar**

## Kit robótico constructivo

En esta etapa utilizaremos equipamiento de la firma dynamixel, específicamente servomotores AX-12/18 y sus correspondientes accesorios, que serán acoplados a la estación de trabajo.



# Preguntas

Tienen la palabra!



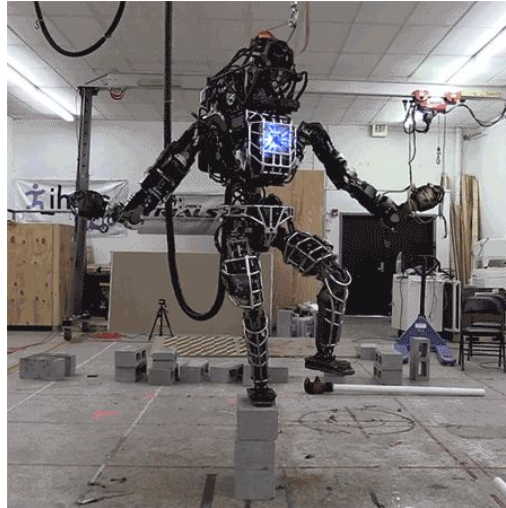
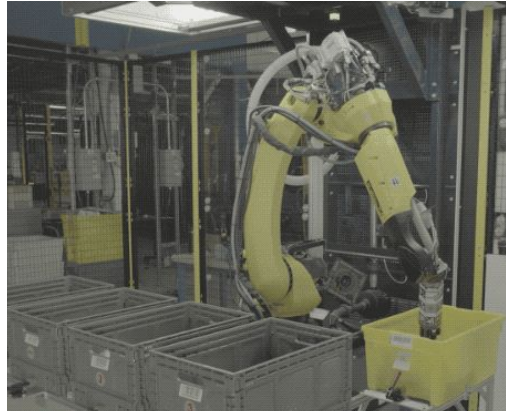
# Temario

- Generalidades de la robótica industrial
- Modelado y Análisis de mecanismos
- Actuadores y sensores
- Localización espacial
- Cinemática
- Trayectorias
- Dinámica
- Programación
- Control
- Criterios de implantación

# Temario

## Generalidades de la robótica industrial

- ¿Qué es un robot?
- ¿Qué tipos de robots hay?
- ¿Cómo evolucionaron?
- ¿Qué tipos de robots vamos a estudiar?



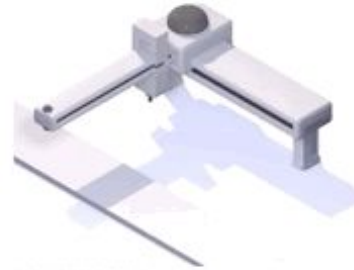
# Temario

## Modelado y Análisis de mecanismos

- ¿Qué tipos de robots vamos a estudiar?
- ¿Cómo se clasifican?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas?
- ¿En qué se usan?
- ¿Cuáles son los componentes principales?



**SCARA ROBOT**  
This robot has two parallel rotary joints that allow it to move in a single plane



**CARTESIAN ROBOT**  
A cartesian robot has three joints, with their range of motion defined by the cartesian coordinate system



**ARTICULATED ROBOT**  
This robot's arm has at least three rotary joints



**PARALLEL ROBOT**  
The arm of this robot has both a prismatic, or sliding, joint and a rotary joint



**CYLINDRICAL ROBOT**  
The allowable range of motion on this robot is based on a cylindrical coordinate system



**AUTONOMOUS LOADERS**  
Excluded from the IFR classifications, this remote-controlled robot is becoming popular in the warehousing industry as it replaces the lift trucks operated by humans

# Temario

## Actuadores y sensores

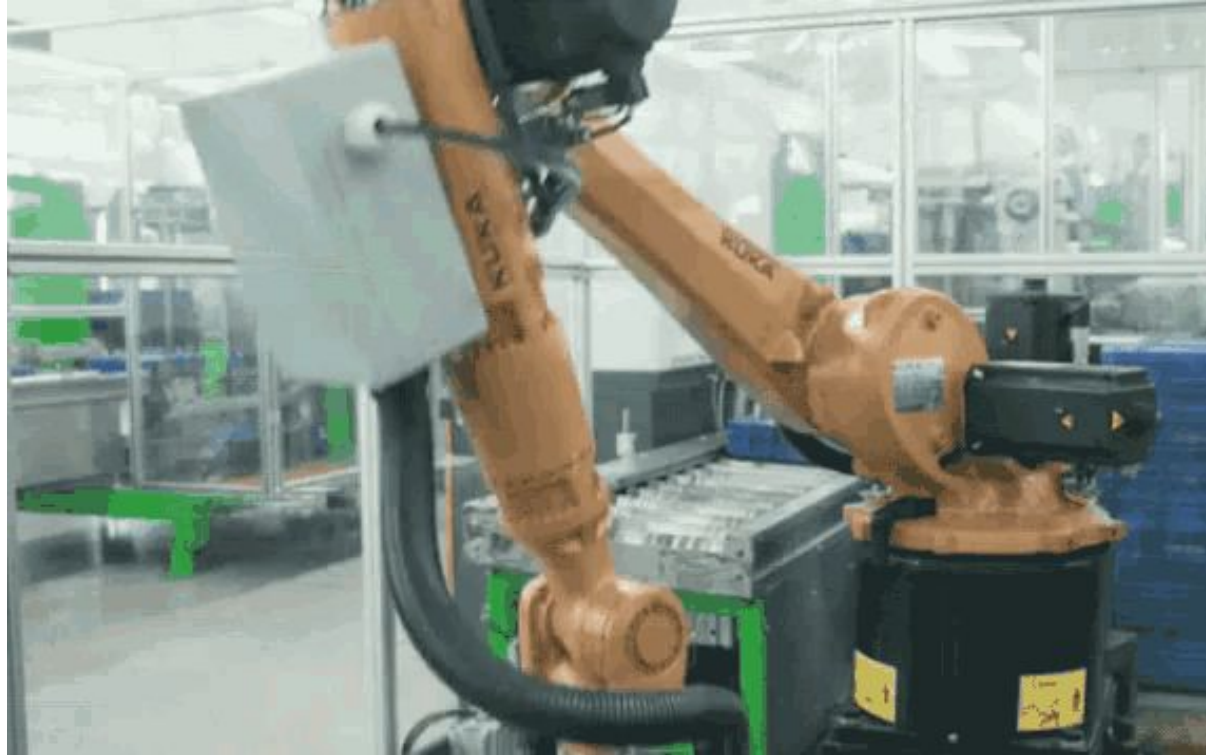
- ¿Qué son los actuadores y los sensores?
- ¿Que tipos hay?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas?
- ¿En qué casos se utilizan?



# Temario

## Localización espacial

- ¿Para qué se usará el robot?
- ¿Cómo se logra?
- ¿Como se describe?
- ¿Cómo se representa?
- ¿En qué espacio?





# Temario

## Cinemática

- Si muevo un motor  $20^\circ$  ¿Cuánto se mueve el terminal?
- ¿y si muevo 2?
- ¿y si quiero llevar el terminal para generar este movimiento? →



# Temario

## Trayectorias

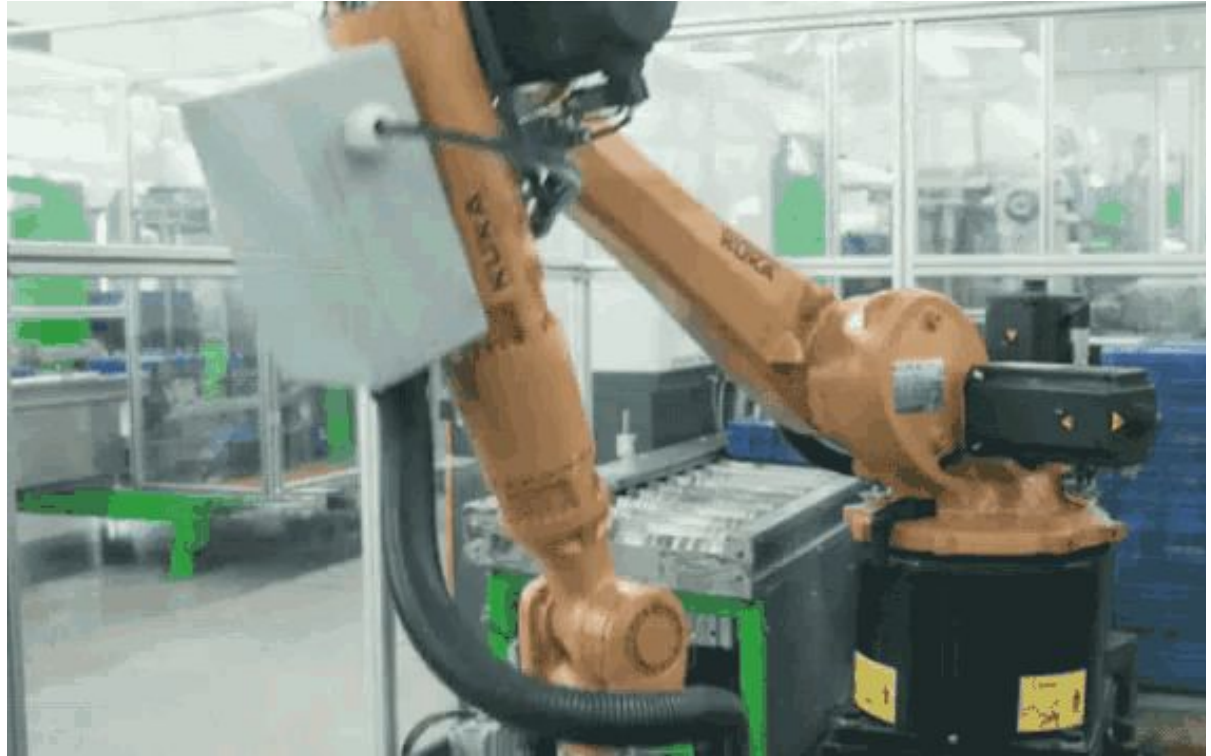
- ¿Cómo muevo desde  $A \rightarrow B$ ?
- ¿Cómo calculo cuando se mueve cada actuador ?
- ¿Cómo aplico que los movimientos sean continuos?
- ¿Cómo genero una trayectoria multipunto?



# Temario

## Dinámica

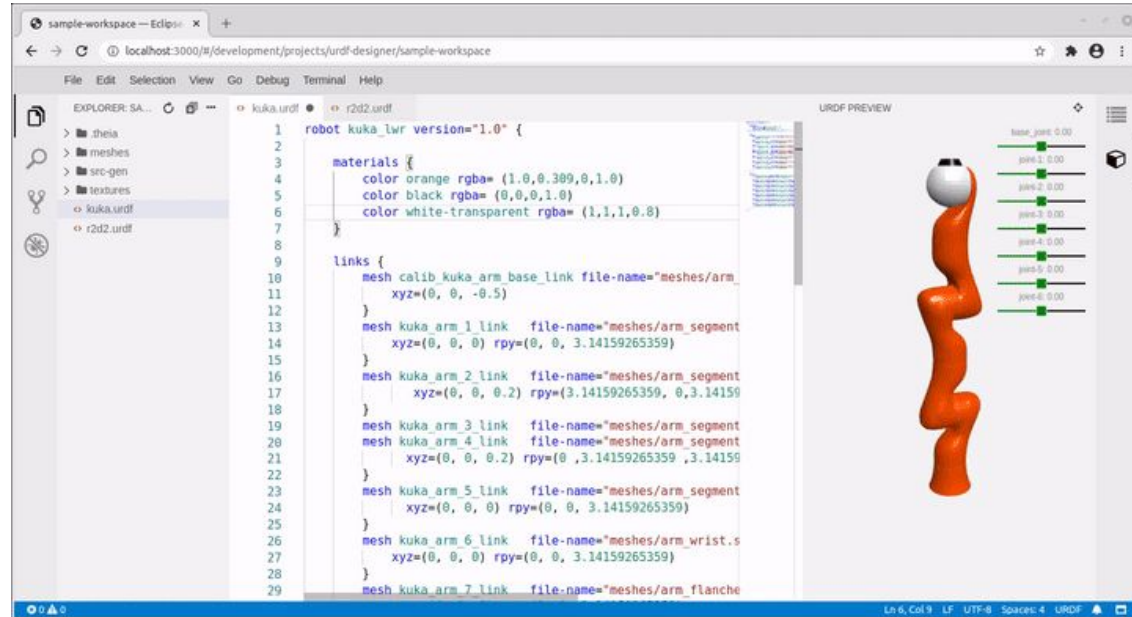
- ¿Como sé que actuadores necesito?
- ¿Cuando aplico un par en una articulación qué pasa?
- ¿Cómo genero el movimiento que deseo?
- ¿Cómo afecta el elemento que se va a mover?



# Temario

## Programación

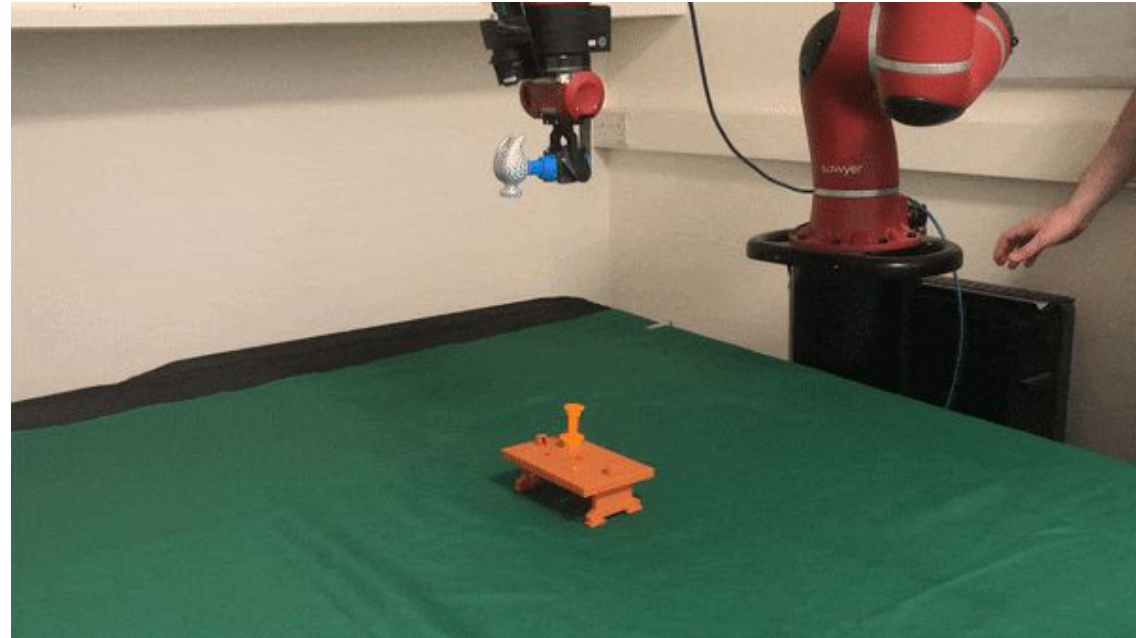
- ¿Cómo se planea una geometría?
- ¿Cómo se verifica si funciona?
- ¿Cómo se ve una geometría?
- ¿Cómo se ve el efecto del movimiento de cada motor en la terminal?
- ¿Cómo se evalúa el efecto del peso de las cosas?
- ¿Cómo se manejan las matrices?



# Temario

## Control

- ¿Por qué el robot NO hace lo que espero?
- ¿Cómo lograr que lo haga?
- ¿Con qué elementos?
- ¿Cómo interactúa con el entorno en ambientes variables?



# Temario

## Criterios de implantación

- ¿Siempre conviene tener un robot?
- ¿Cómo lo selecciono?
- ¿Dónde lo ubico?
- ¿Qué hay que tener en cuenta?
- ¿Con qué va a trabajar?
- ¿Qué medidas de seguridad?



# Preguntas

Tienen la palabra!



# Introducción a la Robótica Industrial

Fundamentos de Robótica Industrial





# Historia

El nombre Robot se lo debemos al checo **Karel Čapek** (en realidad a su hermano **Josef Čapek**) quien lo usó en su obra *Rossumovi univerzální roboti (R.U.R.)* [*Rossum's Universal Robots*] de 1920

Deriva de la palabra checa **robota** que significa trabajo forzado, orientado a servidumbre o esclavitud.

Aquí se empeña por primer vez esta palabra asociada con elementos creados artificialmente para aligerar la carga de trabajo humano. Pero estos **podían pensar**.

Sin embargo, como luego se repetiría muchas veces, estos se revelan!

Pero la idea del robot como máquina lleva un desarrollo independiente del término robot.



# Historia

La idea de Robot es increíblemente antigua.

Las primeras referencias se pueden encontrar incluso en La Ilíada (Siglo VI a.c.) donde se mencionan sirvientes que realizan tareas de forma autónoma.

"Marchaban ayudando al soberano (dios griego Hefesto) unas sirvientas de oro, semejantes a vivientes doncellas. En sus mentes hay juicio, voz y capacidad de movimiento, y hay habilidades que conocen gracias a los inmortales dioses"

Se presenta la idea clásica del robot, una máquina que realice las tareas que los humanos no queremos hacer.

Se plantea también el concepto de inteligencia aunque en este caso como algo mágico.

A partir de ahí se encuentran múltiples referencias en la Historia del Arte, por ejemplo, Talos, Golem de Praga, Frankenstein, Etc.



# Evolución

Algunos dicen que el “**padre de la robótica**” es Philón de Bizancio (Grecia 280 A.C.) que siendo ingeniero, inventor y escritor, creó desde armas hasta elementos para entretenimiento.

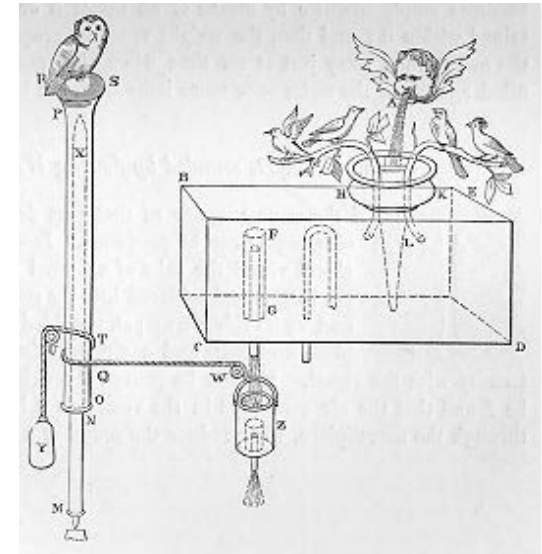
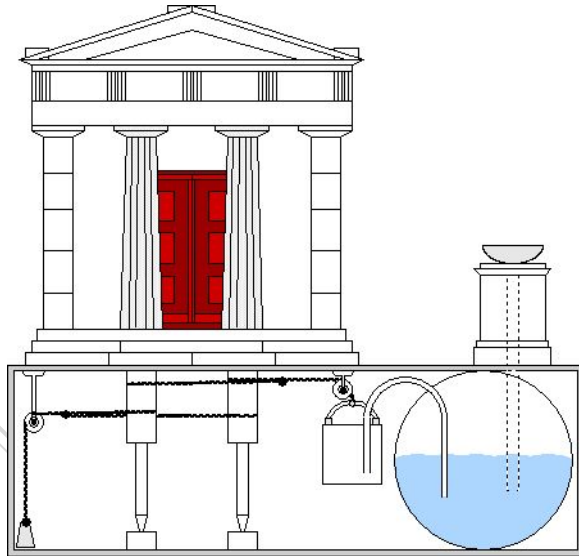
Creó el tintero que no se vuelca, ballestas de rápido lanzamiento y la mucama de Philón.



# Evolución

Otros dicen que la robótica “vió la luz” en Alejandría, gracias a Herón (10 al 70 d.c), un **Inventor, científico, ingeniero y matemático** con conocimientos en **hidráulica y neumática**.

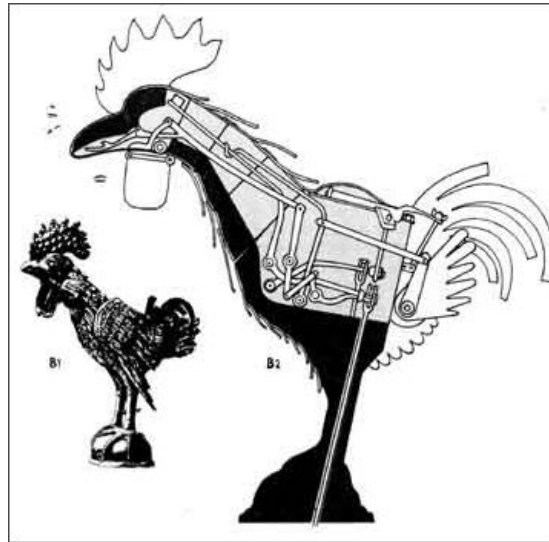
Creó dispositivos capaces de imitar movimientos sin intervención exterior, en un comienzo con fines lúdicos (o místicos), en la actualidad presentes cotidianamente. Inventor por ej: de la **leva** y la **máquina a vapor**



# Evolución

Pocos reconocen a **el Gallo de Estrasburgo** (año 1352) dado que su creador se desconoce, pero la realidad es que marca una segunda etapa entre los autómatas.

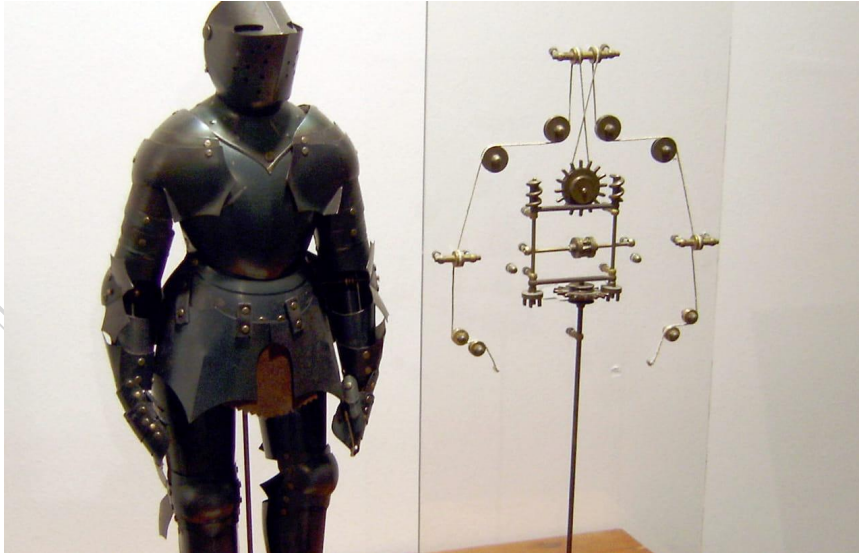
Este era parte de un reloj que estuvo operativo hasta 1789, acompañado de doce apóstoles, y era capaz de mover las alas, abrir el pico y cacarear tres veces.



# Evolución

A continuación como no podía ser de otra forma, en 1495 aparece Leonardo Da Vinci. Fue a la vez pintor, anatomista, arquitecto, paleontólogo, botánico, escritor, escultor, filósofo, ingeniero, inventor, músico, poeta y urbanista.

Creó: El caballero robot de Leonardo (no se sabe si él lo construyó) y el león de Leonardo para el rey de Francia (primer robot programable)

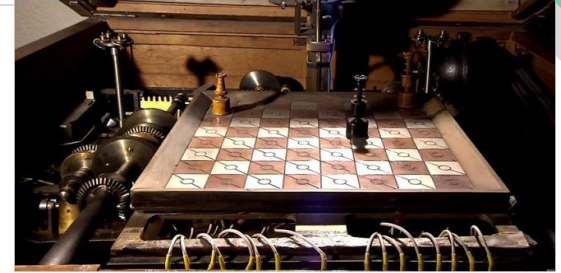
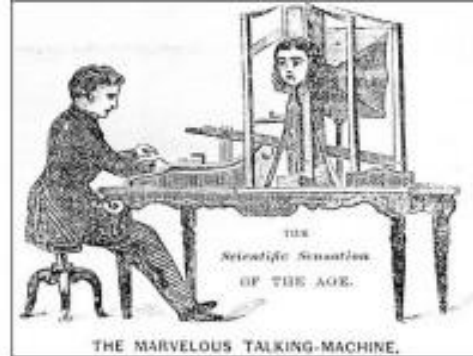
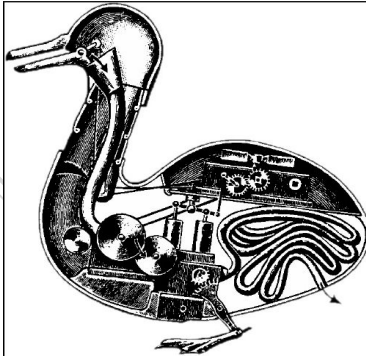


# Evolución

A partir de entonces, y hasta el siglo XX, los autómatas fueron aumentando su complejidad y los mecanismos fueron ganando espacio para lograr diferentes tareas.

Para entretenimiento como ejemplo se tiene:

- Pato de Jaques de Vaucanson (1738)
- Máquina de escritura automática de Friedrich von Knauss (1760)
- Escriba organista dibujante de Jaquet-Droz (1772)
- Muñeca capaz de dibujar de Familia Maillardet (1805)
- Juguetes Karakuri de Tanaka Hisashige ( SXVIII - XIX)
- Máquina de Jugar ajedrez de Leonardo Torres Quevedo(1912)

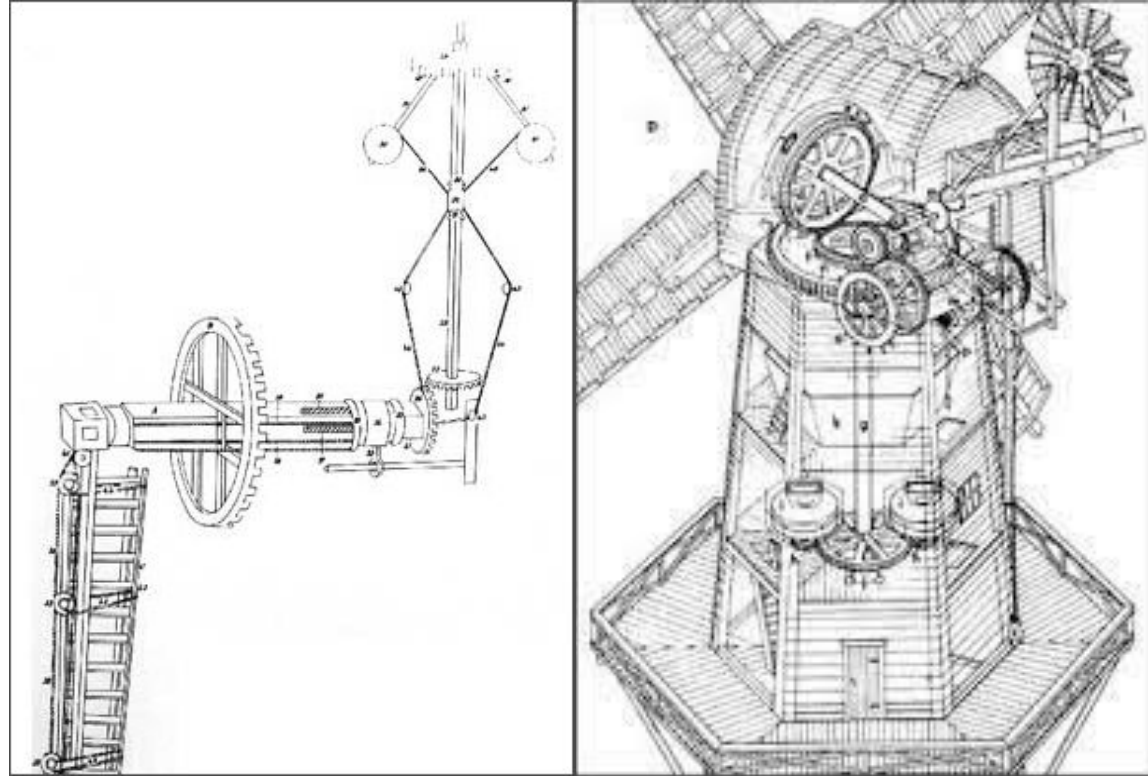


# Evolución

Con una utilidad práctica:

A partir del Siglo XVIII los automatismos comienzan a ganar preponderancia como elementos de control y se vuelven parte vital de la industria.

- Regulador de Thomas Mead (1789),



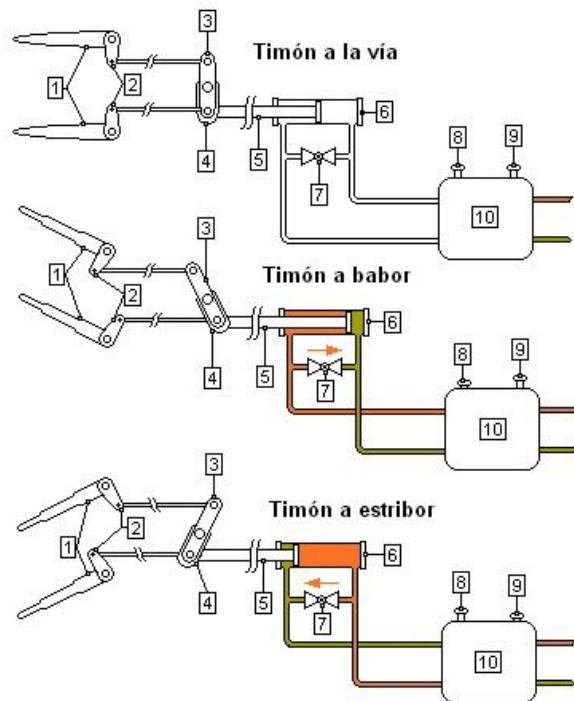


# Evolución

Con una utilidad práctica:

A partir del Siglo XVIII los automatismos comienzan a ganar preponderancia como elementos de control y se vuelven parte vital de la industria.

- Servo-timón (1873) de Jean Joseph Léon Farcot



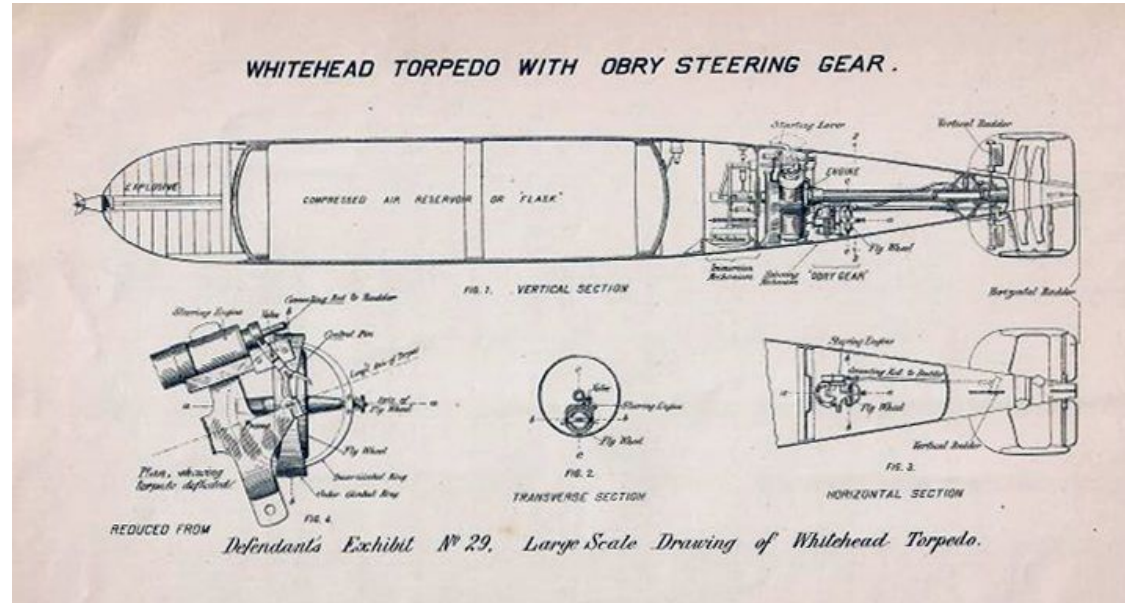
ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN SERVOMOTOR DE TIMÓN BÁSICO

# Evolución

Con una utilidad práctica:

A partir del Siglo XVIII los automatismos comienzan a ganar preponderancia como elementos de control y se vuelven parte vital de la industria.

- Piloto automático Whitehead (1896).



# Evolución

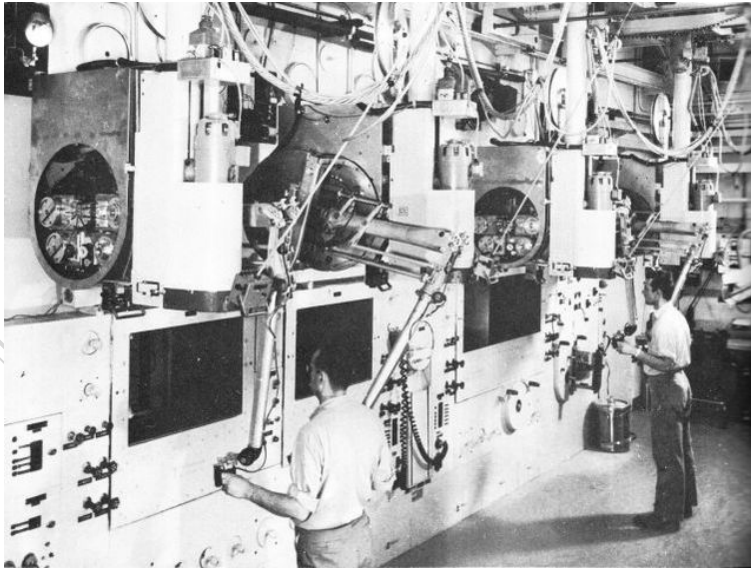
En los años 40 aparece un referente de la robótica → Isaac Asimov, quien fue escritor y profesor de bioquímica.

- Él fue el primero en acuñar el término **Robótica** → Campo de investigación de robots
- Concibe las 3 leyes de la robótica (que luego debió agregar una cuarta - ley 0).
- Estas leyes son aplicadas por él en el ámbito de la ciencia ficción, las cuales, junto con sus obras definen en el imaginario colectivo que los robots son como un **humanoide** capaz de **ver, oír, hablar**, etc.



# Evolución

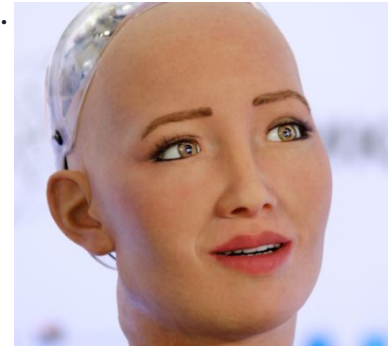
Ya en el Siglo XX, luego del empuje de la primera guerra mundial (de la mano con la segunda revolución industrial) y con el segundo empuje de la segunda guerra mundial, comenzaron a aparecer los **manipuladores a distancia** (primera patente, año 1948) que permiten además de trabajar en ambientes hostiles sino también realizar esfuerzos por encima de la fuerza humana y en la era moderna, trabajos a distancia.



# Evolución

Estas revoluciones también permitieron aumentar la capacidad de cómputo de las máquinas por lo que ahora las órdenes y las comunicaciones no eran estrictamente físicas, sino que comenzaron a verse características de la era digital, dando paso a los robots como los conocemos hoy en día.

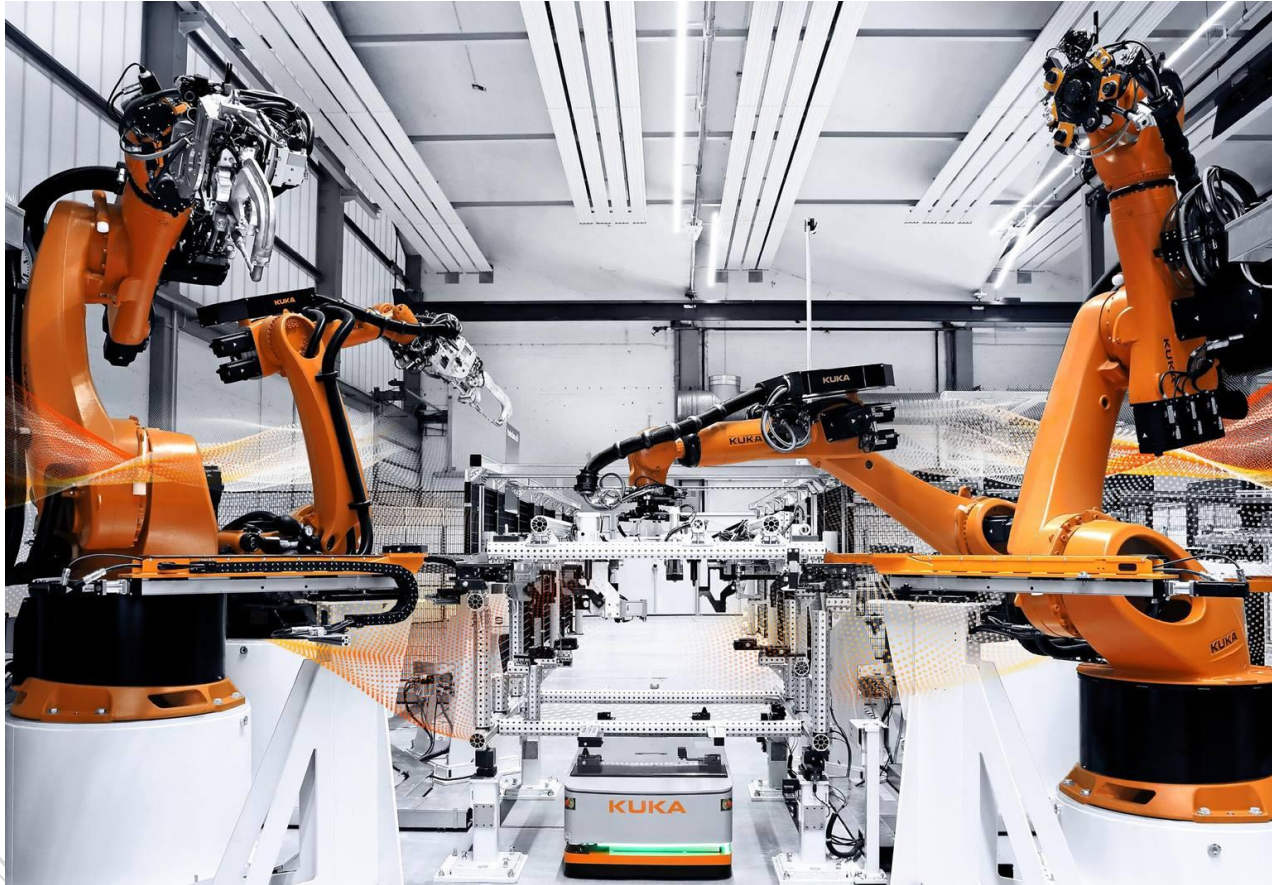
- En 1956 primer robot comercial – Unimate – George Charles Devol
- En 1961/62 se instala el primer robot industrial – Unimation – George Charles Devol
- En 1969 se crea el Brazo de Stanford (programable varios GDL)
- En 1971 el primer robot soviético aterrizó en Marte
- En 1973 el primer robot con 6 ejes electromecánicos (KUKA)
- En 1975 el Brazo Manipulador Programable Universal (PUMA Unimation)
- Décadas del 80 y 90, la evolución del cómputo y sensores.
- En 2011 ASIMO – HONDA motors – robot Bipedo
- Boston Dynamics – (BigDog - PETMAN)
- En 2015 SOPHIA- (Expresiones y comunicación)



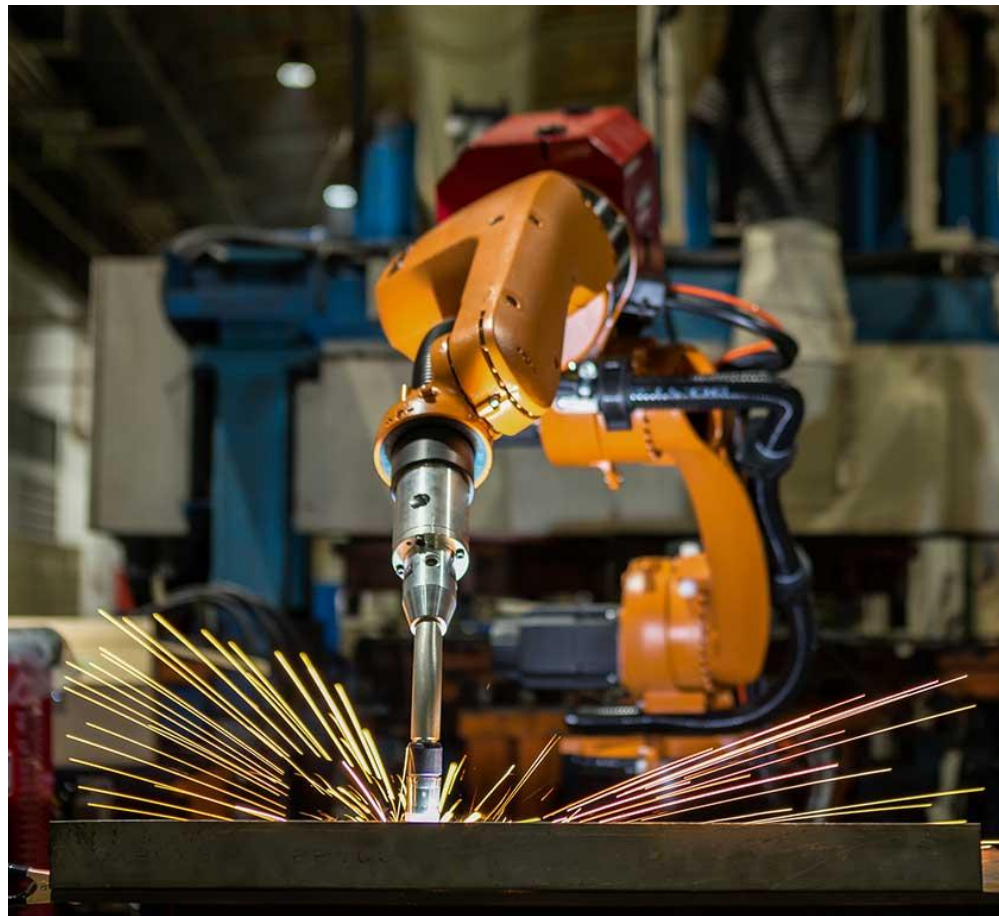
## Actualidad

- En la actualidad, los robots en funcionamiento son muy similares a los de años atrás. Sin embargo, apreciamos un desarrollo aún mayor en sus componentes y su capacidad. La industria apunta hacia mayores aplicaciones, combinando los habituales brazos robóticos con robots móviles y operarios maximizando la productividad.
- La aplicación de robots industriales en el país se encuentra con las dificultades clásicas, altos costos de inversión, dificultad de predecir utilidad de la inversión en el futuro, falta de estándares, mantenimiento.
- Falta de personal formado y desconocimiento (o desconfianza) de las capacidades de estas “nuevas herramientas”

# Actualidad



# Actualidad





# Actualidad



## AMECA

- 32 GDL (17 en la cara)
- 5 idiomas
- IA

# Actualidad



# Actualidad



# Actualidad

## GEMINOID

- Ha dado conferencias en lugar del profesor



# Definición industrial

Un robot industrial es entonces un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas.

Definimos también a la robótica (adaptando en cierta medida los conceptos anteriores) como la ciencia que estudia la conexión inteligente entre percepción y acción.

# Definición Computacional

Un robot inteligente es aquel del cual se espera que aprenda y ejecute tareas aún en ambientes cambiantes. Un robot inteligente es una máquina capaz de extraer información de su ambiente y usar ese conocimiento para moverse en forma segura cumpliendo un propósito y sentido [Arkin1998].

Un robot inteligente es una entidad mecánica capaz de funcionar de manera autónoma [Murphy2000]

# Clasificación de robots

Existen infinidad de clasificaciones de robots (Por generación, área de aplicación, tipo de actuadores, número de ejes, configuración, tipo de control, etc.), sin embargo, en esta oportunidad haremos una clasificación de dispositivos que pueden ser considerados robots:

- **Robots de secuencia fija:** Realiza su tarea de acuerdo a una serie de instrucciones fija (no programable), donde el final de un movimiento, dicta el comienzo del siguiente
- **Robots tipo Teach Pendant:** Un humano realiza la tarea junto con el robot y este la repite
- **Robot de control numérico:** Se provee al robot de un programa de movimientos
- **Robot inteligente:** Un robot capaz de entender su ambiente y con la habilidad de completar una tarea a pesar de cambios en las condiciones que lo rodean

# Ventajas

- Aumento de productividad, eficiencia, seguridad, calidad y consistencia en los productos
- Trabajo en ambientes peligrosos o poco confortables
- Inagotables
- Alta repetibilidad y precisión
- Sensores y actuadores con capacidades superiores a las humanas
- Capaces de procesar múltiples tareas y estímulos en simultáneo



# Desventajas

- Reemplazan trabajadores, causando insatisfacciones
- No responden a emergencias salvo situaciones predecidas con respuestas programadas
- Capacidad limitada en:
  - cognición, creatividad, toma de decisiones y entendimiento
  - grados de libertad y destreza
  - sensores y sistemas de visión
  - respuestas en tiempo real
- Son herramientas costosas
  - Alta inversión inicial
  - necesidad de integración al sistema productivo
  - necesidad de programación
  - necesidad de entrenamiento del personal

## Conclusión

Los robots pueden ser usados en muchas tareas incluyendo aplicaciones industriales, entretenimiento, industria aeroespacial, etc. Con el paso del tiempo dichas aplicaciones irán aumentando (robots colaborativos, transporte autónomo, etc.).

Sin embargo, en este curso discutiremos cinemática y cinética de robots, sus componentes como actuadores y sensores y sus diferentes aplicaciones en la industria.

**FIN!**

