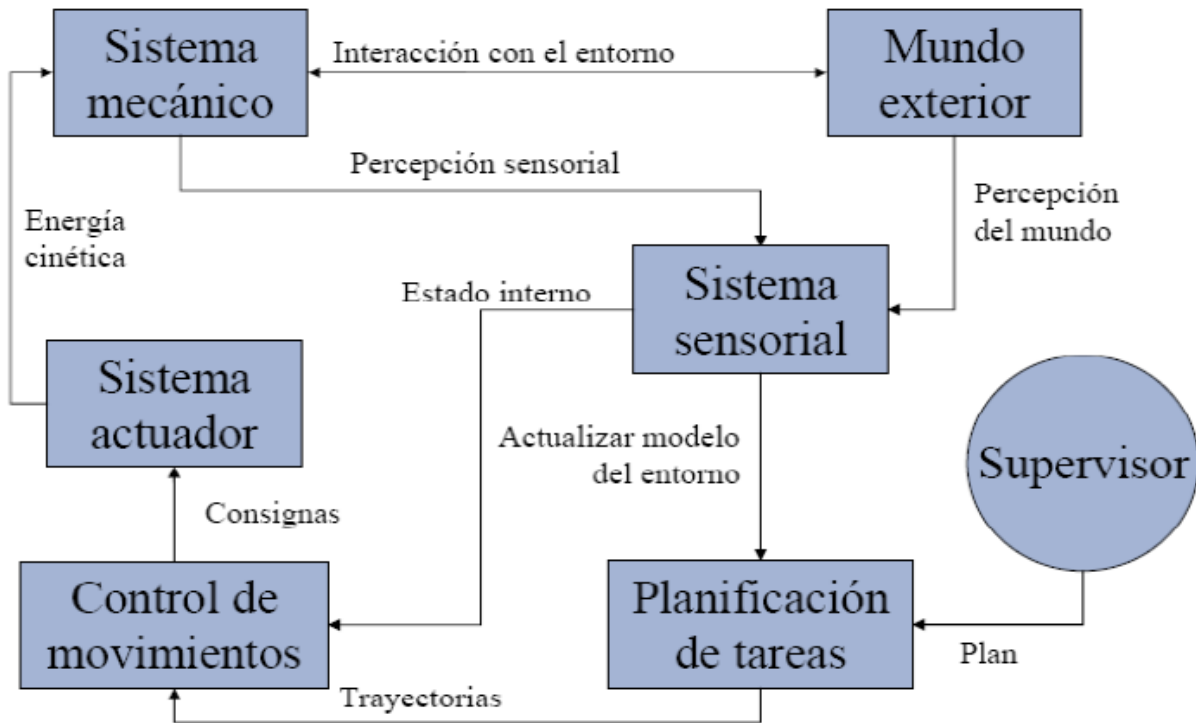


EXAMEN LIBRE DE ROBOTICA

1. Dibuje un diagrama de bloques de un robot (0.5)



2. Que es un grado de libertad? (0.5)

Se dice que el número de grados de libertad (GDL) de un robot es el número de magnitudes que pueden variarse independientemente. En un brazo robotizado cada articulación proporciona habitualmente un grado de libertad. Si queremos posicionar un manipulador en cualquier punto del espacio en cualquier orientación necesitamos 6 grados de libertad, 3 para la posición y 3 para la orientación del manipulador. En el caso de un vehículo que se desplaza en un plano, estamos hablando de 3 grados de libertad: 2 para la posición y 1 para la orientación.

El control está relacionado con los de grados de libertad. En general cada grado de libertad requiere de un actuador. Si disponemos de un actuador por cada GDL, diremos que todos los GDLs son controlables. Habitualmente existe un actuador por grado de libertad, pero no siempre es así.

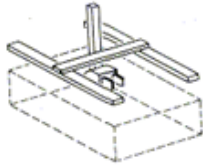
Diremos que un robot es holonómico si tiene los mismos grados de libertad efectivos que controlables. En general, un robot no holonómico tiene menos grados de libertad controlables que número total de grados de libertad, mientras que si sucede lo contrario, el robot es redundante. En general, a mayor diferencia entre grados de libertad controlables y grados totales, más difícil será controlar el robot.

En el ejemplo del coche, decimos que es no holonómico porque tiene 3 GDLs y sólo se controlan dos. Normalmente cuando montamos un coche de LEGO trabajamos con 2 motores: uno para tracción y otro para dirección. De ahí que sea tan difícil controlarlo (no podemos aparcar lateralmente).

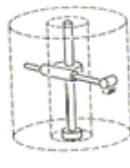
3. Que sistemas de coordenadas conoce? (0.5)

Sistemas de coordenadas

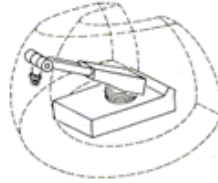
- La necesidad de manipular piezas demanda el movimiento espacial del extremo del robot, lo que muestra la necesidad de disponer de herramientas matemáticas para especificar la posición y orientación de dicho extremo.



Cartesiano
PPP



Cilíndrica
RPP

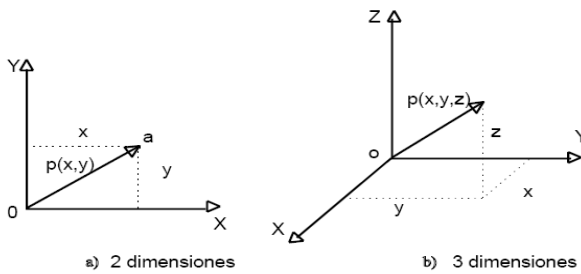


Esférica
RRP

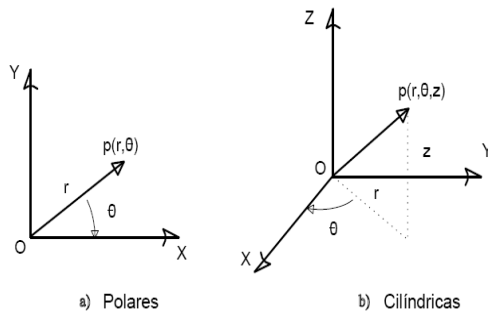
Coordenadas: Posición

- Se establece un sistema de coordenadas con el cual podemos localizar cualquier punto en el espacio mediante un **vector de posición** (3x1).

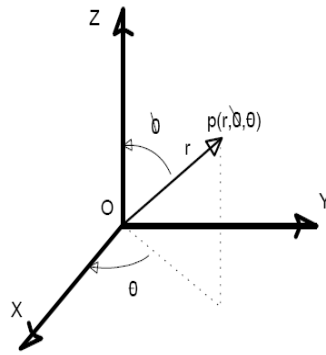
Coordenadas cartesianas



Coordenadas polares/cilíndricas

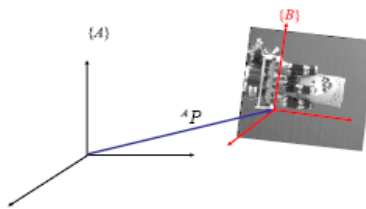


Coordenadas esféricas



Orientación

- Para describir la orientación de un cuerpo respecto de un sistema de coordenadas dado, se le asigna solidariamente a este, otro sistema de coordenadas:



- Luego se da la “descripción” de este sistema de coordenadas “relativa” al sistema de coordenadas de referencia.
- Existen varios métodos para representar orientaciones:
 - Matriz de Rotación.
 - Ángulos de Euler (ZXZ y ZYZ)
 - Roll, pitch and yaw.
 - Par de rotación (o Vector - ángulo).
 - Cuaternios: Para describir la orientación de un cuerpo respecto de un sistema de coordenadas dado.

4. En la siguiente figura, identificar los nombres de los diferentes tipos de articulaciones y los grados de libertad de cada una. (1)

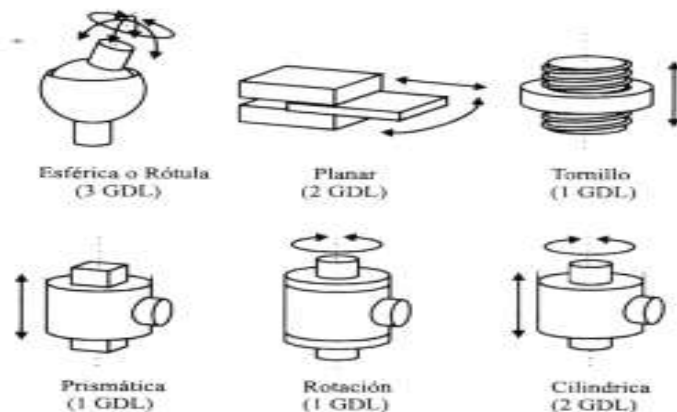


Figura 2.2. Distintos tipos de articulaciones para robots.

5. Indicar el nombre de las siguientes configuraciones. (0.5)

- Empleo de diferentes combinaciones de articulaciones en un robot, implica:
 - Diferentes configuraciones
 - Tener en cuenta las características específicas del robot a la hora del diseño y construcción del mismo, y del diseño de las aplicaciones.

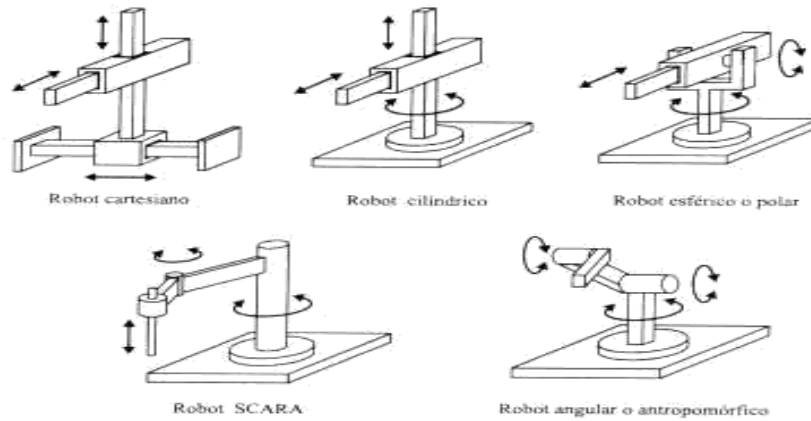
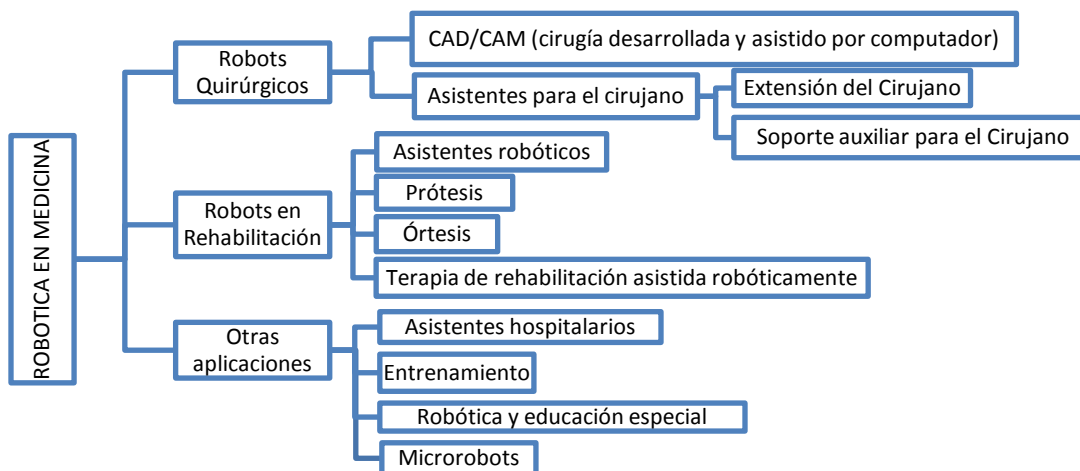


figura 2.3. Configuraciones más frecuentes en robots industriales.

6. Realice una clasificación de la robótica en medicina, indicando sus áreas principales (2)



7. Qué diferencia hay entre prótesis y ortesis en robótica? (1)

Prótesis: dispositivo mecánico que sustituye alguna parte del cuerpo humano

- **The Utah Arm**
- **The SmartHand**
- **Prosthetic Knee**

Ortesis: Una órtesis, según definición de la Organización Internacional de Normalización (ISO), es un apoyo u otro dispositivo externo (aparato) aplicado al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuromusculoesquelético.

- Exoskeleton Prototype 3
- Exoesqueleto de miembro superior
- Exoesqueleto completo
- Exoesqueleto de miembro inferior

Terapia de rehabilitación asistida robóticamente:

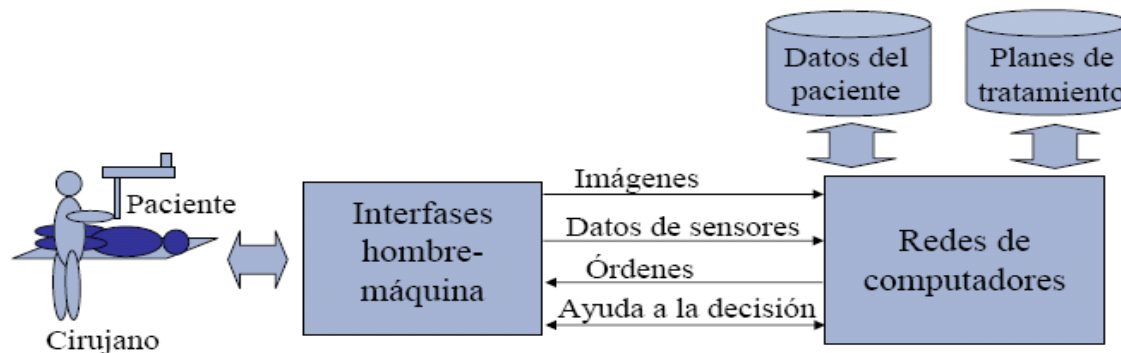
- Activa
- Pasiva
- Activa asistida
- Resistiva

Durante los entrenamientos los dispositivos robóticos permiten:

- Alta intensidad
- Entrenamiento repetitivo
- Tareas específicas
- Entrenamiento interactivo

8. Explique los diferentes métodos de montaje de robots quirúrgicos. (2)

Asociación de gente y máquinas para hacer ciertas tareas delicadas mejor de lo que lo harían solos.



Cirujanos

HABILIDADES	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none"> – Diestros, bastante fuertes y rápidos. – Variedad de habilidades táctiles y visuales. – Adaptables. – Comprensión del proceso. – Analizan su rendimiento y aprenden mejorando con la práctica. 	<ul style="list-style-type: none"> – No poseen precisión geométrica (posición trayectoria, esfuerzos). – No toleran las radiaciones ionizantes. – No están bien en espacios reducidos ni durante mucho tiempo. – Pequeños temblores inadecuados para pequeñas estructuras. – Envejecen y pierden parte de su habilidad

	<p>manual.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Se cansan y cometen errores.
--	---

Robots

VENTAJAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> – Precisas e incansables. – Sensores para posicionar instrumentos en 6 GDL y controlar esfuerzos. – Pueden ser miniaturizadas y soportar grandes dosis de radiación. – Pueden ser fiables. – Pueden registrar sus movimientos para análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> – Deben obedecer las órdenes del cirujano (responsable de todo lo que pasa en quirófano). – Requieren información geométrica difícilmente expresable lingüísticamente. – ¿Cómo se sabe que la máquina ha “comprendido”? – ¿Cómo puede ayudarnos a evitar dañar al paciente?

Una clasificación:

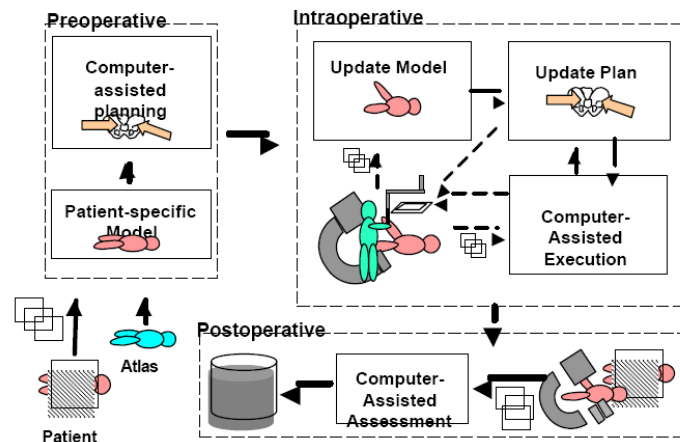
- CIS (Cirugía Integrada por computador)

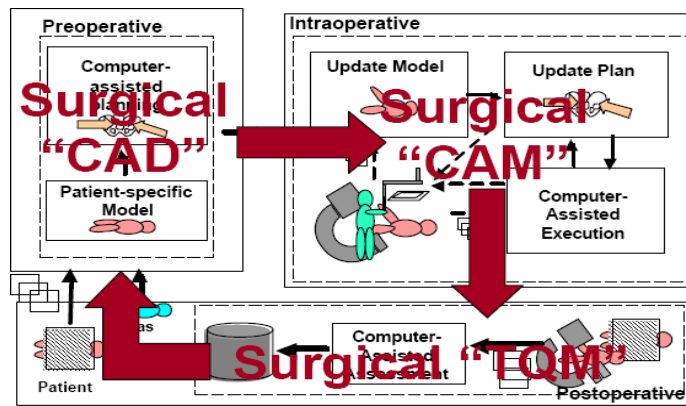
- CAD/CAM

- Asistentes del cirujano

- Extensión del Cirujano
- Soporte auxiliar para el Cirujano

Flujo de información en sistemas CAD/CAM





Sistemas Típicos CAD/CAM

- ORTHODOC: Verificación de datos de CT
Localización del implante
- ROBODOC: Verificación de los datos recibidos

VENTAJAS	RETOS A FUTURO
<ul style="list-style-type: none"> • Precisión • Consistencia • Ambiente virtual 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del Setup • Módulo genérico económico

Asistentes para el Cirujano

- *Extensiones del cirujano* – Ejemplos: Da Vinci (Intuitive Surgical) y Zeus (Computer Motion)
- *Soporte auxiliar para el cirujano* – Ejemplo: Aesop

Extensiones del Cirujano

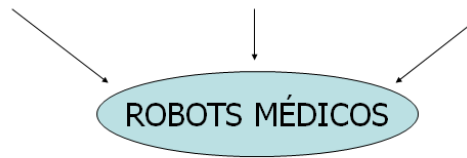
- Capacidades superhumanas
- Condiciones difíciles
- Minimización errores
- Reducción de tiempos

Soporte Auxiliar

- Interfase de control directa
- Herramientas inteligentes

Consideraciones de diseño

Diseño Industrial \Rightarrow Robot Industrial \Rightarrow Adaptaciones



Concepción "no médica" de diseño

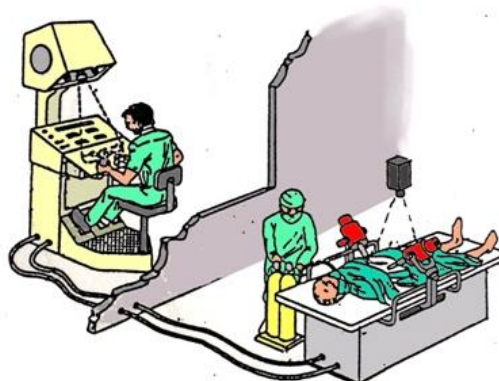
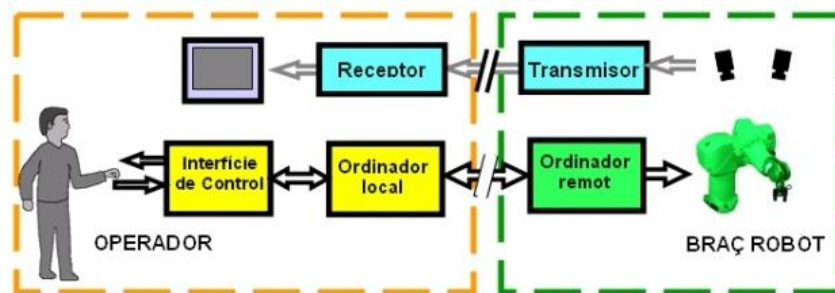
El Diseño Médico permite

- ↳ Compatibilidad con el "operating room"
- ↳ Eficacia en el uso
- ↳ Montaje apropiado
- ↳ Facilidad en la esterilización
- ↳ Seguridad
- ↳ Adaptación al diagnóstico por imágenes

9. Que se tendría que tener en cuenta para diseñar los robots de uso médico? (2)

En la robótica médica podemos destacar tres componentes principales:

- El puesto de trabajo maestro, equipado con un dispositivo tipo joystick y monitores para la visualización de imágenes y otros datos, con lo que el cirujano indica los movimientos que tiene que realizar el robot, y puede observar la intervención.
- El quirófano robotizado, donde se encuentran el robot y un conjunto de sensores que ofrecen la información al cirujano.
- La red de comunicación que permite conectar los dos sistemas descritos anteriormente.



PARCIAL 2017 (JULIO)

1. a) Definición de robot

Definiciones: robot

- IFR (Federación Internacional de Robótica): "Por robot industrial de manipulación se entiende a una máquina de manipulación automática, reprogramable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la ejecución de trabajos diversos en las diferentes etapas de la producción industrial, ya sea en una posición fija o en movimiento".
- RAS (Robotics & Automation Society): "Manipulador: Mecanismo formado generalmente por elementos en serie, articulados entre sí, destinado al agarre y desplazamiento de objetos. Es multifuncional y puede ser gobernado directamente por un operador humano o mediante dispositivo lógico".
- RIA (Robotics Industries Association): "Un Robot es un manipulador reprogramable multifuncional diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, mediante movimientos programados variables para la realización de una diversidad de tareas".
- ISO (International Standard Organization): "Manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas".
- AFNOR (Asociación Francesa de Normalización): "*Robot: Manipulador automático servocontrolado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectorias variables reprogramables, para la ejecución de tareas varias. Normalmente tiene la forma de uno o varios brazos terminados en una muñeca. Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y ocasionalmente de percepción del entorno. Normalmente su uso es el de realizar una tarea de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material*".

No hay acuerdos ni una definición precisa de qué se considera robot. Joseph Engelberger, un pionero en la industria robótica, expresó claramente esta idea con su frase: "No puedo definir un robot, pero reconozco uno cuando lo veo".

- La Real Academia.

robot.

(Del ingl. *robot*, y este del checo *robota*, trabajo, prestación personal).

1. m. Máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a las personas.

- La palabra robótica fue utilizada por primera vez por el científico y escritor de ciencia ficción Isaac Asimov en 1942. El propuso las llamadas leyes de la robótica:
- Ley 0: Un robot no puede realizar ninguna acción, ni por inacción permitir que nadie la realice, que resulte perjudicial para la humanidad, aun cuando ello entre en conflicto con las otras leyes.
- Ley 1: Un robot no puede dañar a un ser humano ni, por inacción, permitir que éste sea dañado.
- Ley 2: Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos excepto cuando estas órdenes entren en conflicto con las leyes anteriores.
- Ley 3: Un robot debe proteger su propia existencia

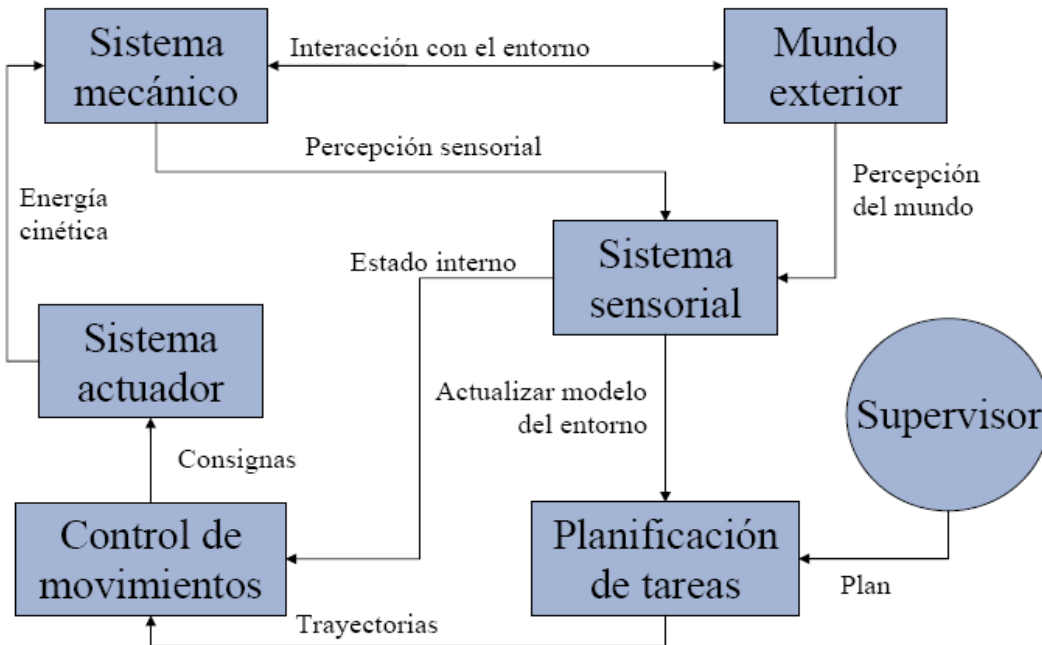
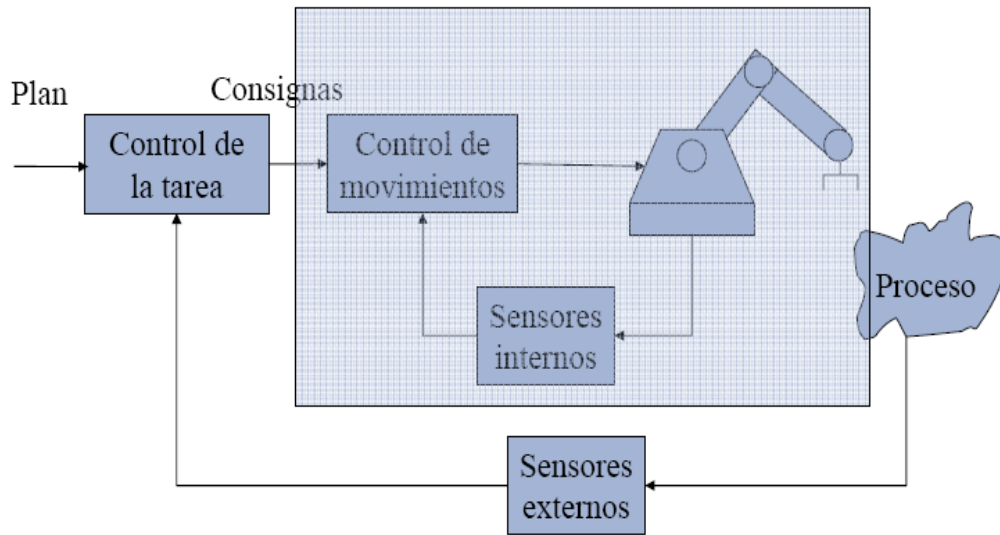
b) Que son los GDL. Dar ejemplos de robots con 1, 2, 3 GDL.

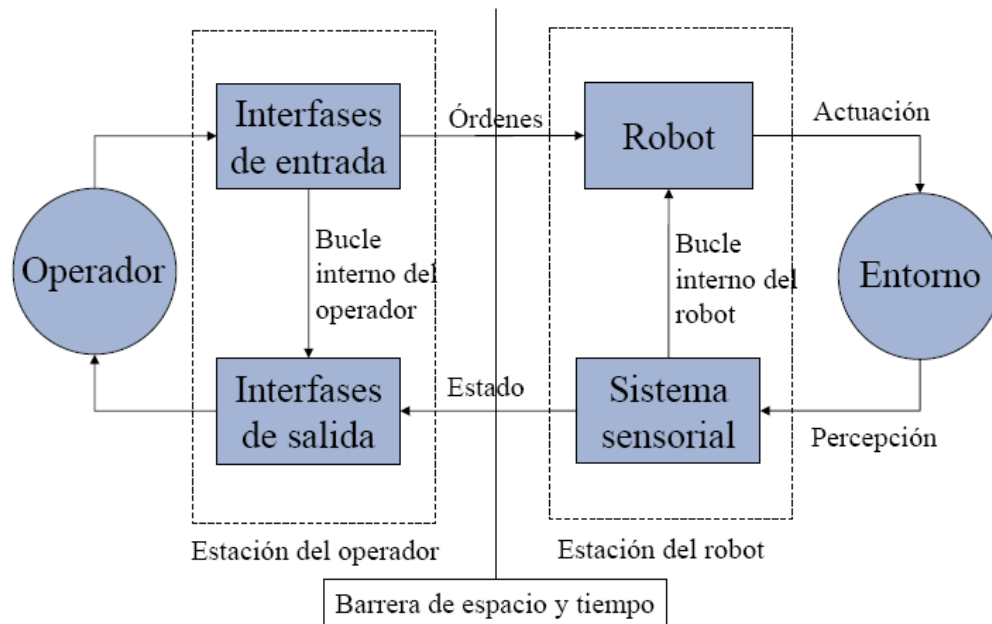
c) Campos de aplicación del robot además de la medicina.

- Espacio
- Nuclear
- Domésticos y de oficina
- Construcción / Demolición
- Limpieza
- Militares, rescate y seguridad
- Submarino
- Agricultura
- Ocio y entretenimiento

d) Sistemas de coordenadas para identificar los elementos del robot.

e) Diagrama de bloques de un robot genérico.



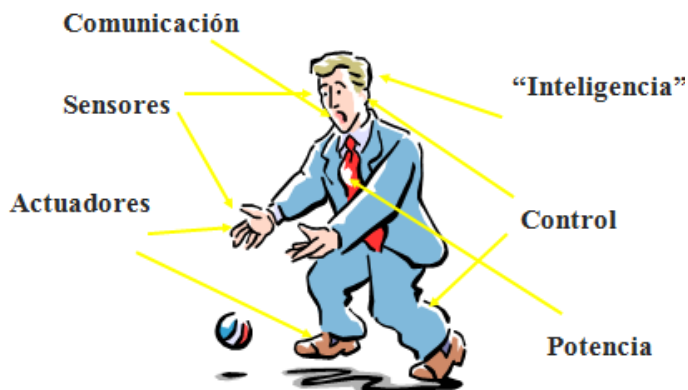


f) Tipos de articulaciones (con dibujos).

- Empleo de diferentes combinaciones de articulaciones en un robot, implica:
 - Diferentes configuraciones
 - Tener en cuenta las características específicas del robot a la hora del diseño y construcción del mismo, y del diseño de las aplicaciones.

DIBUJO.

g) Principales estructuras de los robots (dibujos).



Partes de un robot:

1. Estructura mecánica de un robot
 1. Elementos y enlaces. Grados de libertad
 2. Tipos de articulaciones
 3. Configuraciones básicas
 4. Elementos finales
 5. Volumen de trabajo
 6. Sistemas de coordenadas
2. Transmisiones y reductoras
3. Actuadores:
 1. Eléctricos

2. Hidráulicos
3. Neumáticos

Sensores

2. a) Que es un exoesqueleto? Diferencia entre prótesis y ortesis

Se conoce por exoesqueleto a una estructura o armazón rígida que protege el interior de algunos animales e incluso permite moldear y dar forma a su cuerpo. Por tal razón, se distribuye cubriendo la totalidad del cuerpo, revistiendo además las patas y apéndices como las antenas.

Los animales con exoesqueleto suelen tener fases de crecimiento, en las que deben mudar o cambiar su revestimiento exterior por uno nuevo de mayor tamaño.

La naturaleza constituye una fuente inagotable de inspiración para el desarrollo de nuevas tecnologías, entre la que se incluye el diseño de exoesqueletos robóticos para adaptarlos a partes del cuerpo humano, con la finalidad de compensar fallas o deficiencias capaces de ocasionar discapacidad.

Estos exoesqueletos artificiales se emplean principalmente para brindar soporte y apoyo a la marcha, permitiendo que la persona que los usa pueda llevar a cabo acciones como caminar. Estos desarrollos aún se encuentran en fases tempranas, sin embargo, son prometedores sobre todo para permitir la marcha a niños afectados por enfermedades neurológicas actualmente incurables, como la parálisis cerebral y la atrofia muscular espinal, que pueden controlarse por impulsos originados en el cerebro.

El exoesqueleto está compuesto por diferentes elementos:

Marco: debe poder sostener el cuerpo en su lugar de una manera segura sin el riesgo que quien lo usa se caiga.

Baterías: Deben poder hacer funcionar el exoesqueleto la mayor parte del día o ser fáciles de reemplazar.

Sensores: Estos capturan la información sobre como el usuario desea moverse. Los sensores pueden ser manuales, como una palanca, o pueden ser eléctricos y detectar los impulsos fisiológicos generados por el cuerpo.

Controlador: Actúa como el cerebro del dispositivo, el controlador es una computadora a bordo la cual toma la información capturada por los sensores y controla a los actuadores.

Actuadores: Si el marco es como los huesos del cuerpo y el controlador el cerebro, entonces los actuadores son como los músculos que ejercen el movimiento. Los actuadores son usualmente motores eléctricos o hidráulicos.

Control de Balance y Paso: La mayoría de los exoesqueletos actuales no ofrecen control de balance o paso. Los exoesqueletos actuales requieren que el usuario tenga suficiente fuerza de la parte superior del cuerpo para que el exoesqueleto y el usuario no se caigan. El balance de los exoesqueletos actuales es usualmente controlado con el uso de muletas.

Una **prótesis** es una extensión artificial que se utiliza para reemplazar una parte del cuerpo que no se tiene a causa de una amputación o agenesia. La prótesis también sirve para hacer una función elástica (prótesis oculares, mamarias, etc.)

Una **prótesis** es una extensión artificial que reemplaza o provee una parte del **cuerpo** que falta por diversas razones.

En cambio una **órtesis** son los dispositivos, las ayudas técnicas, las férulas... Es decir son un apoyo externo que se aplica al cuerpo para corregir los aspectos estructurales o funcionales del sistema neuromusculoesquelético. Las órtesis se pueden clasificar en base a su función en: funcionales, protectoras, estabilizadoras y correctoras. También son útiles para alinear, economizar energía, corregir deformidades

El término se usa para denominar aparatos o dispositivos, férulas, ayudas técnicas y soportes usados por los pacientes, prescritos en especialidades médicas como: ortopedia y fisioterapia (medicina física y rehabilitación), y en algunas terapias como: fisioterapia y terapia ocupacional que corrigen o facilitan la ejecución de una acción, actividad o desplazamiento, procurando ahorro de energía y mayor seguridad. Sirven para sostener, alinear o corregir deformidades y para mejorar la función del aparato locomotor.

b) Que tiene que tener el diseño de una prótesis robótica de mano?

Se tiene en cuenta:

Por requerimiento del cliente:

- recopilar los datos del cliente
- interpretar estos datos en términos de las necesidades del cliente
- organizar las necesidades en una jerarquía : primarias, secundarias y terciarias.
- Establecer que tan importantes son esas necesidades y analizar y reflexionar los resultados del proceso

Requerimientos del cliente. [52] y [54].

1	Agarre seguro y estable
2	Fácil de alinear para agarrar objetos con la prótesis
3	Fácil de quitar y poner
4	Permitir diferentes orientaciones para agarrar objetos
5	Buena visibilidad al tomar objetos
6	Reducir al mínimo las acciones para alinear la muñeca
7	Capacidad para sostener objetos de diferentes formas
8	Durable
9	Capacidad para agarrar objetos grandes y pequeños
10	Buen control de fuerza de agarre
11	Recuperación de la fuerza de sujeción
12	Sujeción de aspecto natural
13	Rápida liberación de la sujeción
14	Posibilidad de módulos intercambiables
15	Peso no superior 400g

16	Autonomía para actividades cotidianas
17	Baterías intercambiables
18	Mínimo número de componentes
19	Fácil Mantenimiento
20	Asistencia en la conducción de automóviles
21	Apariencia similar a la de una mano real
22	No daño a un objeto por sobrepresión
23	Impacto ambiental mínimo

Especificaciones de ingeniería:

- Elaborar una lista de medidas
- Recabar información de comparaciones con la competencia
- Establecer valores objetivos ideales y marginalmente aceptables
- Reflexionar en los resultados del proceso

1	Dimensiones lineales de la mano (mm)
2	Dimensiones angulares de los movimientos de la mano (°)
3	Peso (gr)
4	Distribución de la fuerza de prensión en los dedos (N)
5	Duración de la Batería (Horas)
6	Vida Útil de la prótesis (Meses)
7	Intervalos de mantenimiento (Meses)
8	Apariencia Humana (Subj.)
9	Voltaje de Alimentación (Volt)
10	Corriente Nominal (Amp)
11	Fuerza de Sujeción en las Yemas de los dedos (N)

Para empezar con el diseño de una prótesis de mano debemos capturar una mano real para posteriormente analizarla, existen varios métodos, entre estos el electromiograma (EMG), este método es aun rudimentario debido a que limita algunas posiciones de la mano, y el control no es intuitivo [11][20].

Para mayor conveniencia en cuanto a funcionalidad y control de una prótesis, el enfoque biomimético resulta oportuno ya que presenta más ventajas como la de investigar nuevas formas y las funciones más cerca de los modelos biológicos [11] [12].

En el diseño de las prótesis de mano debemos tomar en cuenta algunos aspectos importantes que debemos considerar:

- Longitud de los dedos
Existen valores ya dimensionados para establecer la longitud de los dedos como por ejemplo, longitud del dedo índice para dedo extendido. Sin embargo estos valores no hacen referencia a las longitudes de las falanges. [13][14] del paper
Las dimensiones de las falanges para dedo extendido, están aproximadas entre los centros de MPC, PIP y DIP de las articulaciones de las falanges [15].



Figura 12. Huesos de la mano.

En la figura 12. se presenta los huesos más importantes por los que está compuesta una mano, de los cuales podemos nombrar como el más importante es el metacarpo (metacarpal) el cual se conecta a las falanges, la juntura que conecta estos dos huesos se llama articulación metacarpo falangiana (MCP) [18], cada dedo posee tres falanges a excepción del pulgar este posee solo dos falanges, las articulaciones de los dedos observamos que son dos, la articulación interfalángiana (IP) y la articulación interfalángiana distal (DIP). [16]

El diseño de prótesis de mano es personalizado, debido a que existe una gran variación entre las dimensiones de la mano de una persona con la de otra persona [20].

- **Arquitectura cinemática**

Esta sección hacer referencia a cómo será el diseños, la forma, tamaño de una prótesis de mano. El dedo biomimético para el diseño consta de tres falanges como las de una mano real, el dedo consta de tres puntos activos llamados DOF (Degree of Freedom), a lo cual se le conoce como plano de movimiento o centro cinemático (figura 13), dos puntos activos en MCP y uno en el PIP, también consta de un punto pasivo DOF [15].



Figura 13. DOF"s (Degree of Freedom) plano de movimiento.

Una vez ya conocido los puntos importantes del modelo biomimético, ahora implementamos unos ejes fijos de rotación en la parte superior de las falanges, uno en la articulación PIP y otro en la articulación DIP [14] (figura 13), en esta sección la rotación ocurre alrededor de un eje fijo común en la parte superior de la falange proximal y la base de la falange distal de la articulación DIP. Los dos planos de movimiento en la articulación MCP, son simulados usando una rotula universal [15].

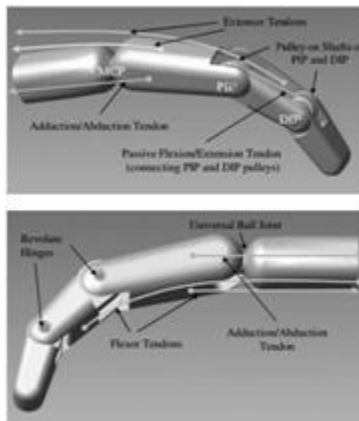


Figura 14. Modelos Biométrico de una prótesis de dedo.

- Mecanismos de acción

Como se muestra en la figura 14, un mecanismo de accionamiento híbrido es propuesto; en donde MCP y PIP son tendones impulsores y el DIP está conectado a PIP mediante un mecanismo de poleas. Por lo general se usan $2N$ arreglos de tendones donde N es el número de un plano de movimiento activo (DOF).

Los tendones son estructuras anatómicas interpuestas entre los músculos y huesos de la mano, los tendones transmiten al fuerza creada en el musculo hacia al hueso, haciendo posible así el movimiento de la mano y de sus dedos [17]

En el diseño de las prótesis de mano, los tendones artificiales observando las figura 14 son: dos tendones extensores para sección MCP y PIP, dos tendones flexores para las mismas sección mencionadas anteriormente, y dos tendones de aducción/abducción en la MCP.

Además tenemos un tendón pasivo de flexión/ extensión que conecta las poleas situada en los ejes de PIP Y DIP [15][19].

c) Que recomendaciones daría a un grupo que fabrique un robot de rehabilitación?

Problemas a los que se enfrenta la Tecnología de la Rehabilitación:

Los proyectos en Tecnología de la Rehabilitación tienen características propias que pueden hacer fracasar iniciativas que, siendo interesantes desde el punto de vista tecnológico, ignoran los aspectos de usuario. Los puntos que suelen generar las mayores dificultades son:

Detección de las necesidades de usuario. La aparición de determinados avances tecnológicos suele sugerir a los investigadores una serie de beneficios que las personas con discapacidad podrían sacar de su aplicación. Basándose en estas apreciaciones, en ocasiones se organizan costosos proyectos de investigación cuyos resultados son luego rechazados por los usuarios porque no satisfacen sus necesidades reales. Un proyecto en este área exige realizar un estudio previo de necesidades de usuario, usando una metodología de estudio y detección seria y rigurosa.

Evaluación de los resultados. A menudo la evaluación de los dispositivos finales se realiza demasiado tarde, y al usuario no le queda más remedio que aceptarlos como son. Para evitarlo, los proyectos deben desarrollar prototipos intermedios para que sean evaluados por usuarios reales en una fase en la que sus críticas y sugerencias puedan ser incluidas en el diseño final.

Aspectos éticos y sociales. El investigador no puede ser ajeno a las consecuencias éticas y a los efectos sociales de la solución tecnológica que propone. La tecnología "invasiva", los

sistemas que coartan la libertad de decisión del usuario, los sistemas que monitorizan y vigilan sus movimientos, deben ser limitados a lo estrictamente necesario.

Uso de tecnología económica. Las personas con discapacidad no suelen tener capacidad económica como para adquirir equipamiento muy sofisticado. Incluso en los países en que este tipo de ayudas recaen en los servicios de asistencia social, el precio máximo de los sistemas resultantes condiciona fuertemente el éxito de los proyectos.

Uso de tecnología proporcionada al problema. La tecnología demasiado sofisticada es difícil de utilizar. Como regla básica, no deben "tecnificarse" aquellos problemas que pueden ser resueltos sin tecnología, o con dispositivos más sencillos.

3. a) Tipos de montaje de robots quirúrgicos

b) Que recomendaciones daría a un grupo que fabrique un robot quirúrgico?

Las ventajas más significativas en la cirugía robótica están directamente relacionadas con el hecho de que esos sistemas permiten la utilización de endoscopia como técnica de operación. ?Cirugía robótica mínima invasiva.[18]

- Menores complicaciones.
- Mayor bienestar postoperatorio.
- Menor tiempo de hospitalización y de baja laboral.

B. VENTAJAS QUE LOS ROBOTS PUEDEN SOLUCIONAR

- Precisas e incansables.
- Sensores para posicionar instrumentos en 6 GDL y controlar esfuerzos.
- Pueden ser fiables.
- Pueden registrar sus movimientos para análisis.
- Pueden ser miniaturizadas y soportar grandes dosis de radiación.

C. DESVENTAJAS

- Deben obedecer las ordenes del cirujano.
- Requieren información geométrica difícilmente expresable lingüísticamente.

D. TRES MODELOS EN USO:

En la actualidad, varios tipos de modelos robóticos están siendo utilizados por la medicina. Algunas operaciones de este tipo han permitido que el cirujano realice la intervención a larga distancia. En una ocasión, el paciente se encontraba en Londres y el médico ordenaba los brazos del robot desde una cabina en Manhattan, Nueva York.

Por otro lado, tres diseños metálicos: EL PATHFINDER, EL DA VINCI Y EL RCM-PAKY, han operado exitosamente a decenas de pacientes en el mundo. El primero se especializa en neurocirugías, específicamente en la localización y la extirpación de tumores en la materia gris, difíciles de alcanzar con la mano humana. Por otro lado, el Da Vinci, con un costo de un millón de dólares, es un robot que se especializa en cirugías cardíacas y elimina la necesidad de algunas operaciones a corazón abierto. Por último, RCM-PAKY es un robot que ha sido usado en más de treinta pacientes para eliminar piedras de los riñones.