

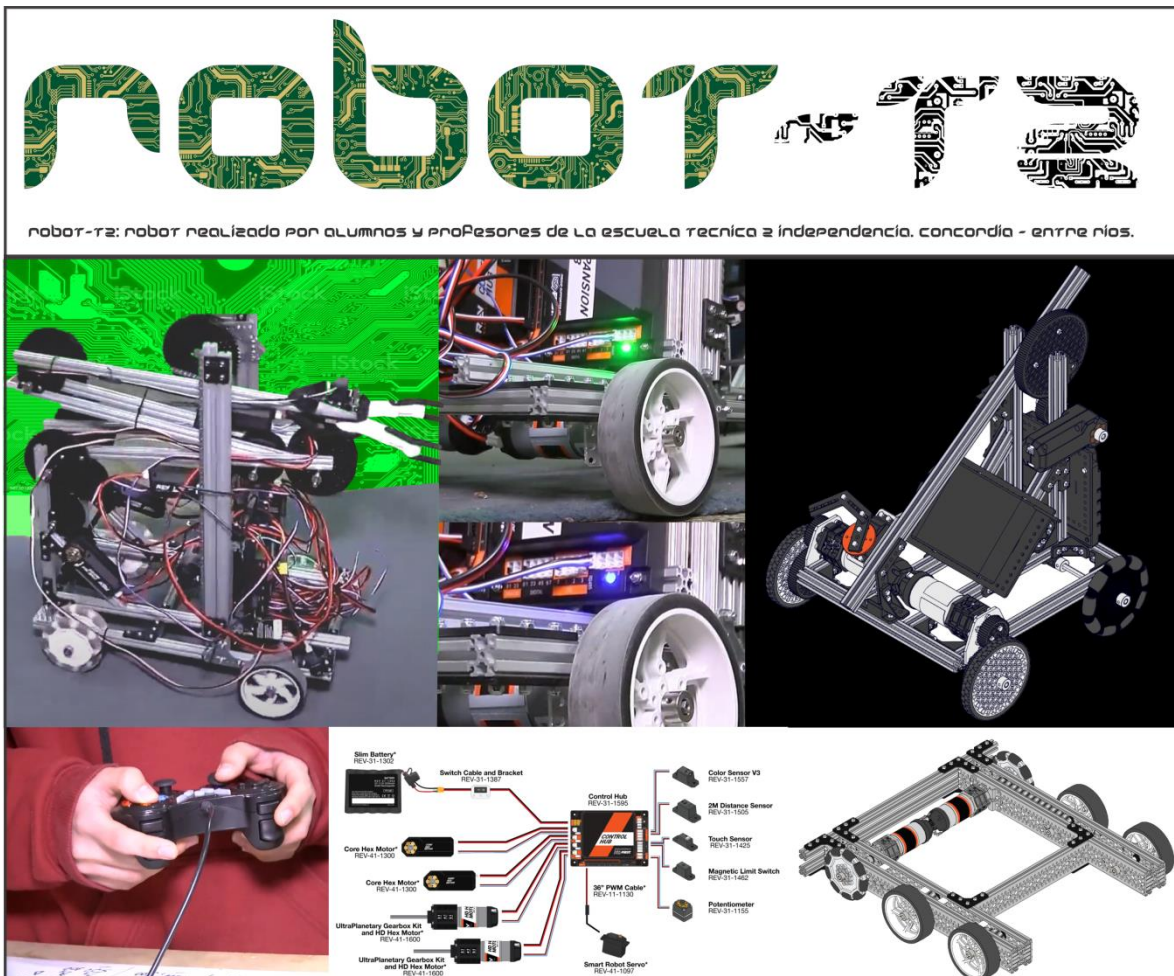
ROBOT-T2: Robot Educativo Realizado por Alumnos y Profesores de la Escuela Técnica N° 2 (E.E.T. N° 2) “Independencia”, Concordia, Entre Ríos.

Autores: Prof. Luis Ponti (1) y Anderson, Ibar Federico (2), (3).

(1) Profesor de Computación E.E.T.N° 2.

(2) Profesor de Dibujo Técnico E.E.T. N° 2. Inv. Cat. 3, SCyT-FBA-UNLP.

(3)  Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=WfLtjeoAAAAJ&hl=en>



1. Introducción:

La mecatrónica es una rama multidisciplinaria de la tecnología e ingeniería que combina sistemas, electrónica, mecánica y control, con la robótica y la ingeniería electrónica y ciencia de la computación para crear maquinaria más compleja para facilitar las actividades del ser humano a través de procesos electrónicos de sistemas de control aplicados en la industria.

La palabra mecatrónica es una palabra compuesta formada por las palabras griegas μηχανική (mecaniké, "mecánica") y τροπος (tropos, "forma"). Esta palabra fue acuñada en 1969 por el ingeniero japonés Masaharu Inaba, quien la usó para describir la combinación de mecánica y electrónica en un sistema mecatrónico.

La mecatrónica es una disciplina que combina la tecnología electrónica, mecánica, informática y de comunicación para crear sistemas de control y automatización. Se aplica en muchos campos, desde la medicina hasta la minería, pasando por la industria farmacéutica, metalmecánica, automovilística, textil, metalúrgica, alimentación, petrolera, etc. Los ingenieros en mecatrónica trabajan en empresas de la industria automotriz, manufacturera, petroquímica, metal-mecánica, alimentos y electromecánica, realizando actividades de diseño, manufactura, programación de componentes, sistemas industriales y equipo especializado. La mecatrónica tiene como antecedentes inmediatos la investigación en el área de cibernética realizada en 1936, las máquinas de control numérico desarrolladas inicialmente en 1946, los manipuladores en 1951 y los autómatas programables en 1968. La mecatrónica se ocupó principalmente de la tecnología de servomecanismos usada en productos como puertas automáticas, máquinas automáticas de autoservicio y cámaras "auto-focus" en los años setenta. Se incluyeron microprocesadores en los sistemas mecánicos para mejorar su desempeño en los ochenta, mientras que la tecnología de comunicaciones permitió la operación remota de manipuladores robóticos en los noventa. Por último, se están usando microsensores y microactuadores en nuevos productos.

La robótica es una especialidad de la mecatrónica que se ocupa del diseño, construcción, operación, estructura, manufactura y aplicación de los robots y combina diversas disciplinas como la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial, la ingeniería de control y la física.

Los brazos robóticos son robots industriales más comunes y se componen de siete segmentos metálicos unidos por seis articulaciones. Estos brazos tienen seis grados de libertad, similares a los brazos humanos. Los brazos robóticos se usan para mover un efector final de un lugar a otro. Se les puede equipar con diferentes efectores finales adaptados a una aplicación particular, como una mano robótica. Los robots industriales se usan para realizar tareas específicas de manera precisa y repetitiva en cadenas de montaje. Se usan tanto en la industria automovilística como en la electrónica. Existen diferentes técnicas de programación para los robots industriales, como la programación gestual y la programación textual.

La mecatrónica y la robótica tienen su origen en el siglo IV antes de Cristo con el matemático griego Arquitas de Tarento, Herón de Alejandría, Su Sung y Al Jazari.

El término fue acuñado en 1969 por la empresa japonesa Yaskawa Electric Co. y su etimología proviene de la palabra checa "robota" que significa trabajo forzado o trabajador. La primera aparición del término fue en la obra R.U.R. (Robots Universales Rossum) del dramaturgo checo Karel Čapek, que se estrenó en 1920.

La historia mundial de los robots es una larga y compleja que se remonta a Herón de Alejandría (10-70 d. C.). Sus autómatas basados en principios de Filón o Arquímedes, realizados para fines de entretenimiento, imitaban el movimiento de aves, servían vino y tenían puertas automáticas. Leonardo da Vinci diseñó un autómata humanoide alrededor del año 1495, y posteriormente un león mecánico para una alegoría política de la alianza entre los Médici y Francia. Los hermanos Banu Musa escribieron el Libro de Mecanismos Ingeniosos en el 805, con instrucciones dadas por el califa Al-Mamun para recopilar saber acerca de los autómatas.

Al-Jazari fue uno de los más grandes ingenieros de la historia, responsable de los primeros relojes mecánicos movidos por pesos y agua, autómatas como el complejo reloj elefante animado por seres humanos y animales mecánicos, un autómata con forma humana para servir bebidas y la obra El libro del conocimiento de los ingeniosos mecanismos. La mecatrónica es una disciplina integradora de mecánica, electrónica e informática para mejorar productos, procesos y sistemas industriales. Pierre Jaquet-Droz fue el responsable de los tres autómatas más famosos del siglo XVIII: "La pianista", "El dibujante" y "El escritor". Jean Eugène Robert-Houdin incorporó trucos con autómatas a sus espectáculos, como un busto cantante, un autómata escritor y un "Pastelero del Palais Royal". El autómata más famoso de la actualidad es el Papamoscas de la catedral de Burgos, responsable de tocar las campanas señalando la hora.

El término androide fue popularizado por primera vez en 1886 por el autor francés Auguste Villiers, a través de su novela La Eva Futura. Se trata de un organismo sintético antropomorfo que imita la apariencia humana y simula algunos aspectos de su conducta. Los androides son producidos o se reproducen o los hace su creador, que es similar a un humano. El término se refiere a los robots humanoides de aspecto masculino, mientras que a los de apariencia femenina se les llama ocasionalmente ginoides. En la cultura occidental, el androide suele ser representado como una entidad que imita al ser humano tanto en apariencia, como en capacidad mental e iniciativa. La actitud de la gente hacia los androides varía según su bagaje cultural. En Japón, los androides son mejor aceptados debido a su apariencia humanoide.

Los expertos han mostrado entusiasmo y escepticismo hacia los robots humanoides. Estos robots tienen la capacidad de imitar algunas conductas y capacidades humanas, como la locomoción bípeda. Estas máquinas pueden ser físicas o virtuales, y tienen la capacidad de moverse, manipular su entorno y mostrar comportamiento inteligente. El robot Atlas, desarrollado en 2013, es un ejemplo de estas máquinas autónomas que fueron creadas en el siglo XX.

Unimate fue el primer robot industrial creado por George Devol en 1953 y patentado en 1961. Se instaló en una cadena de montaje de General Motors para transportar y soldar piezas fundidas en un chasis. Las versiones modernas tienen seis grados de libertad y trabajan a altas velocidades. También hay robots domésticos para la limpieza y mantenimiento del hogar, como el Aibo de Sony, una serie de mascotas robóticas lanzadas entre 1999 y 2005. Estos robots tienen la capacidad de interactuar con los seres humanos, pero se ven afectados por la ansiedad sobre el impacto económico de la automatización y la amenaza del armamento robótico.

Los AIBO fueron robots de entretenimiento producidos por Sony, ampliamente adoptados por universidades con fines educativos, para investigaciones de robótica y para la interacción humano-robot. Fueron íconos futuristas en películas, videos musicales y campañas publicitarias. En 2006, Sony discontinuó AIBO y su desarrollo, sin embargo hay soporte de terceros disponible. AIBO fue añadido al "Robot Hall of Fame" de la Universidad Carnegie de Mellon y sus diseños ganaron el premio "Good Design Award", entre otros.

La cultura asiática, especialmente China y Japón, también tuvo una tradición de autómatas desde tiempos antiguos. Esta tradición se mantiene hoy en día en robots como ASIMO, QRIO, Repliee Q1 y Aibo. El Viking I de la NASA fue el primer robot estadounidense en Marte, y su programa fue el más caro y ambicioso jamás enviado al planeta, con un coste de 1000 millones de dólares de la época. Fue una misión exitosa que aportó la mayor parte de la información sobre Marte hasta la llegada de los rovers marcianos.

2. Introducción histórica:

La mecatrónica, es una rama multidisciplinaria de la tecnología e ingeniería, la cual desarrolla dispositivos de varios campos del conocimiento en los que se unen las ramas de sistemas, electrónica, mecánica y control, con el uso combinado de la robótica y de la ingeniería electrónica y ciencia de la Computación/Sistemas. La mecatrónica engloba así el desarrollo de productos que involucren un sistema de control para productos o procesos inteligentes, lo cual busca crear maquinaria más compleja para facilitar las actividades del ser humano a través de procesos electrónicos de sistemas de control aplicados en la industria . Esta disciplina une la Ingeniería de sistemas/ciencia de la computación, ingeniería electrónica, ingeniería mecánica e Ingeniería de control .

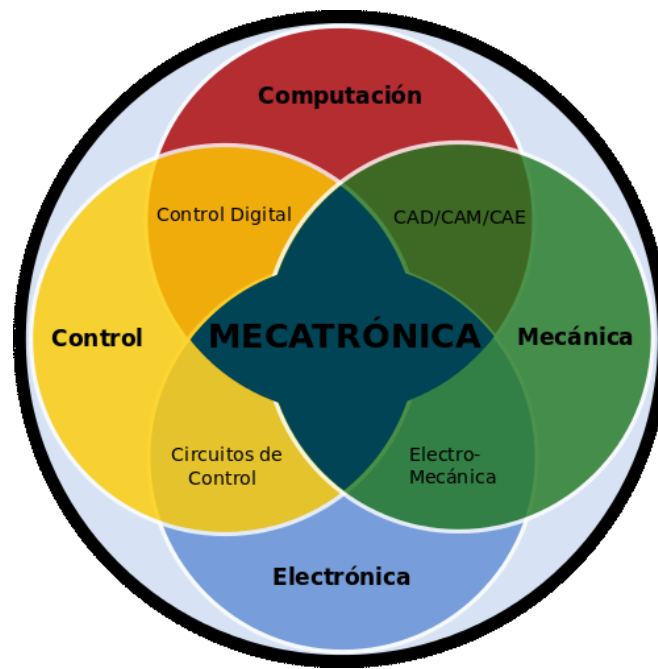


Imagen 1: Diagrama explicativo que demuestra las áreas de conocimiento que engloba la mecatrónica.

Origen del Término: Se puede tomar como origen del termino mecatrónica el siglo XX. En 1969 la empresa japonesa Yaskawa Electric Co. acuñó el término mecatrónica, recibiendo en 1971 el derecho de marca. En 1982 Yaskawa permitió el libre uso del término⁵.

Definición/etimología: La ingeniería mecatrónica se fundamenta en la integración de varias áreas, especialmente la Computación/Sistemas, la mecánica, la electrónica y la robótica. Por esta última razón se lo suele confundir con robótica.

La robótica es la rama de la ingeniería mecánica, de la ingeniería electrónica y de las ciencias de la computación, que se ocupa del diseño, construcción, operación, estructura, manufactura y aplicación de los robots. La robótica combina diversas disciplinas como la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial, la ingeniería de control y la física. Por esta razón mecatrónica y robótica se confunden como lo mismo, aunque robótica es una especialidad de la mecatrónica.

El término robot se popularizó con el éxito de la obra R.U.R. (Robots Universales Rossum), escrita por Karel Čapek en 1920. En la traducción al inglés de dicha obra la palabra checa robota, que significa trabajos forzados o trabajador, fue traducida al inglés como robot. En efecto, R. U. R. (Rossum's Universal Robots) —en checo, R.U.R. (Rossumovi univerzální roboti)— es una obra teatral de ciencia ficción, escrita por el checo Karel Čapek, que se estrenó en 1921 en el Hradec Králové y en Nueva York en 1922.

La obra teatral trata sobre una empresa que construye humanos artificiales orgánicos con el fin de aligerar la carga de trabajo del resto de personas. Aunque en la obra a estos hombres artificiales se les llama robots, tienen más que ver con el concepto moderno de androide o clon. Se trata de criaturas que pueden hacerse pasar por humanos y que tienen el don de poder pensar. Pese a ser creadas para ayudar a la humanidad, más adelante estas máquinas entrarán en confrontación con la sociedad, iniciando una revolución que acabará destruyendo la humanidad.

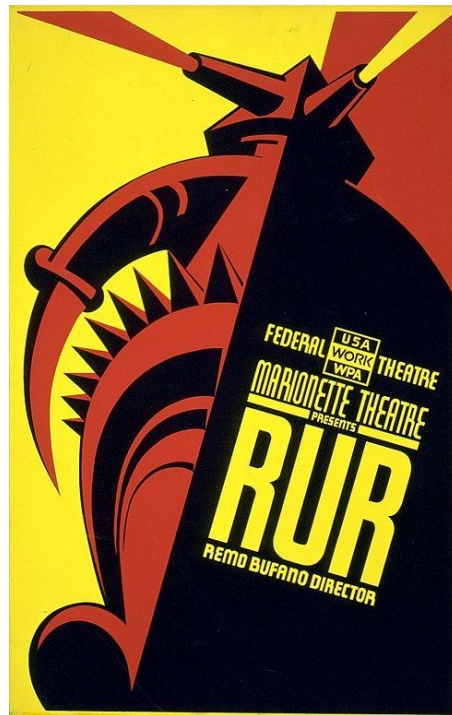


Imagen 2: Color silkscreen poster for Federal Theatre Project presentation of "R.U.R. (Rossum's Universal Robots)" by Karel Čapek (1890-1935). "Marionette Theatre presents RUR. Remo Bufano director."

¿De dónde viene la palabra robot? El nombre de la obra teatral hace referencia a Rossumovi univerzální roboti (Robots Universales Rossum), el nombre de la compañía que fabrica las máquinas. El mismo nombre Rossum es un juego de palabras del autor ya que rozum en checo significa razón.

Es conocida por contener la primera aparición del término «robot». Dicha palabra había sido ideada por el hermano del autor, Josef Čapek (1887-1945) a partir de la palabra checa «robota», que significa «esclavo» (sobre todo el de los siervos de la gleba). Este término vendría a sustituir a «automat», que había empleado Josef en el relato corto de 1917 Opilec (El borracho).

En efecto, el gran público conoció la palabra robot a través de la obra R.U.R. (Robots Universales Rossum) del dramaturgo checo Karel Čapek, que se estrenó en 1920. La palabra se escribía como robotnik.

Sin embargo, no fue este autor Čapek quien inventó la palabra. En una breve carta escrita a la editorial del Diccionario Oxford, atribuye a su hermano Josef la creación del término. En un artículo publicado en la revista checa Lidové noviny en 1933, explicó que originalmente le quiso llamar laboři (del latín labor, trabajo). Sin embargo, no le gustaba la palabra y pidió consejo a su hermano Josef, que le sugirió "roboti". La palabra robota significa literalmente trabajo o labor y figuradamente "trabajo duro" en checo y muchas lenguas eslavas. Tradicionalmente robota era el periodo de trabajo que un siervo debía otorgar a su señor, generalmente 6 meses del año. La servidumbre se prohibió en 1848 en Bohemia, por lo que cuando Čapek escribió R.U.R., el uso del término robota ya se había extendido a varios tipos de trabajo, pero el significado obsoleto de "servidumbre" seguiría reconociéndose.

La palabra robótica, usada para describir este campo de estudio, fue acuñada por el escritor de ciencia ficción Isaac Asimov. La robótica concentra 3 áreas de estudio: la mecatrónica, la física y las matemáticas como ciencias básicas.

En el siglo IV antes de Cristo, el matemático griego Arquitas de Tarento construyó un ave mecánica que funcionaba con vapor y a la que llamó «La paloma». También el ingeniero Herón de Alejandría (10-70 d. C.) creó numerosos dispositivos automáticos que los usuarios podían modificar, y describió máquinas accionadas por presión de aire, vapor y agua. Por su parte, el estudioso chino Su Sung levantó una torre de reloj en 1088 con figuras mecánicas que daban las campanadas de las horas.⁷

Al Jazarí (1136–1206), un inventor musulmán de la dinastía Artuqid, diseñó y construyó una serie de máquinas automatizadas, entre las que había útiles de cocina, autómatas musicales que funcionaban con agua, y en 1206 los primeros robots humanoides programables. Las máquinas tenían el aspecto de cuatro músicos a bordo de un bote en un lago, entreteniéndolo a los invitados en las fiestas reales. Su mecanismo contenía un tambor programable con clavijas que chocaban con pequeñas palancas que accionaban instrumentos de percusión. Podían cambiarse los ritmos y patrones que tocaba el tamborilero moviendo las clavijas.

Por lo cual, la historia mundial de los robots es de larga data y compleja. La humanidad posee registros desde los autómatas de Herón de Alejandría (10-70 d. C.). Los nuevos conocimientos quedan plasmados en el primer libro sobre la figura de los robots *Autómata*, escrito por Herón de Alejandría, donde se explica la creación de mecanismos, muchos basados en los principios de Filón o Arquímedes, realizados fundamentalmente como entretenimiento y que imitaban el movimiento, como el de aves que gorjeaban, volaban y bebían, estatuas que servían vino o puertas automáticas, todos producidos por el movimiento del agua, la gravedad o por sistemas de palancas. También cabe destacar su “The Automaton Theatre”, sobre su teatro de marionetas mecánicas que representaban la Guerra de Troya.

Por otro lado, es bien conocido el robot humanoide de Leonardo Da Vinci, un autómata de forma humana diseñado alrededor del año 1495, antes de empezar su trabajo en La última cena. Se sospecha que fue realizado bajo el patrocinio de Ludovico Sforza, entonces duque de Milán. Leonardo diseñó el primer robot antropomorfo de la civilización occidental basándose en sus investigaciones de anatomía y kinesiología en el canon de proporciones que describe en el Hombre de Vitruvio.



Imagen 3: Modelo del robot de Leonardo con funcionamiento interno, mostrado en Berlín. Photo by Erik Möller. Leonardo da Vinci. Mensch - Erfinder - Genie exhibit, Berlin 2005.

Leonardo da Vinci estuvo influenciado por los antiguos textos griegos e inventores de la antigüedad: Ctesibio creó los primeros relojes de agua con figuras en movimiento. Herón de Alejandría produjo numerosos autómatas que se utilizaban en el teatro con fines religiosos. La tradición griega fue revivida por Vitrubio, quien explicó diversos autómatas y desarrolló el canon de las proporciones, que es la base de la estética anatómica clásica. Por otro lado, los autores árabes crearon arreglos mecánicos complicados. Finalmente Leonardo se inspira en la obra de un filósofo del siglo XIII, Jordanus Nemorarius para sus estudios mecánicos.

Leonardo da Vinci (1452-1519), hombre por excelencia del Renacimiento, diseñó al menos dos autómatas de los que se tenga constancia. El primero se considera también uno de los primeros con forma completamente humana, vestido con una armadura medieval. Fue diseñado alrededor del año 1495, aunque como muchos otros inventos de Leonardo no fue construido. Este mecanismo fue reconstruido en la actualidad según los dibujos originales y podía mover los brazos, girar la cabeza y sentarse. El segundo, mucho más ambicioso, se trató de un león mecánico construido a petición de Francisco I, rey de Francia (1515), para facilitar las conversaciones de paz entre el rey francés y el papa León X. Mediante diversos artificios, iba de una habitación a otra, donde se encontraba el monarca; en un momento dado, abrió su pecho y todos pudieron comprobar que estaba lleno de lirios y otras flores, representado así un antiguo símbolo de Florencia (el león) y la flor de lis que Luis XII regaló a la ciudad como señal de amistad.

Tal como se lo cito, otro autómata de Leonardo da Vinci es el león mecánico programable, construido como una alegoría política de la alianza entre los Médici y Francia durante la entrada del rey Francisco I en Lyon, el 12 de julio de 1515. El león era capaz de abrirse el pecho con la garra y mostrar el escudo de armas real y las flores que había en su interior. Se cree que el encargo vino del gobernador de Florencia, Lorenzo di Piero de Medici, sobrino del papa León X y patrocinador de la comunidad florentina de banqueros y comerciantes en Lyon.

Posiblemente el motor del león fue la carreta autopropulsada dibujada por Leonardo en 1478. El único testimonio directo lo proporciona Michelangelo Buonarroti de joven, quien describió en *Descrizione delle felicissime nozze della Christianissima Maestà di Madama Maria Medici Regina di Francia e di Navarra* las festividades organizadas el 5 de octubre de 1600 para celebrar la boda entre María Médici y Enrique IV de Francia. De acuerdo con él, durante el suntuoso banquete un león de tamaño natural caminó sobre la mesa.⁷

No se puede determinar con seguridad si su funcionamiento servía solamente como un sistema de carga o no. Rosheim asegura que cada muelle de lámina podía servir también como un sistema de escape a fin de programar la dirección de las ruedas del autómata. Lo cual abre la puerta sobre el debate de los autómatas.

El *Libro de Mecanismos Ingeniosos* es un libro escrito en el año 805 por los hermanos Banu Musa (Ahmad, Muhammad y Hasan bin Musa ibn Shakir) en los que se describe un centenar de mecanismos y autómatas, y cómo emplearlos. Los hermanos Banu Musa trabajaban en la Casa de la sabiduría, y el libro fue un encargo del califa Al-Mamun, que dio instrucciones a los Banu Musa para recopilar de las diversas obras grecolatinas que se habían conservado todo el saber al respecto. Algunos de los artefactos se inspiraban en las obras de Herón de Alejandría y Filón de Bizancio, así como en la antigua Persia, China e India. Otros muchos fueron invenciones de los propios hermanos Banu Musa.

Si se habla de avances científicos y tecnológicos se debe mencionar el mundo árabe y a Al-Jazari (1260), uno de los más grandes ingenieros de la historia. Inventor del cigüeñal y los primeros relojes mecánicos movidos por pesos y agua, entre otros muchos inventos de control automático, estuvo también muy interesado en la figura del autómata, creando una obra del mismo nombre (también llamada *El libro del conocimiento de los ingeniosos mecanismos*) y considerada una de las más importantes sobre la historia de la tecnología. Dentro de esta vertiente cabe destacar su complejo reloj elefante, animado por seres humanos y animales mecánicos que se movían y marcaban las horas, o un autómata con forma humana que servía distintos tipos de bebidas.

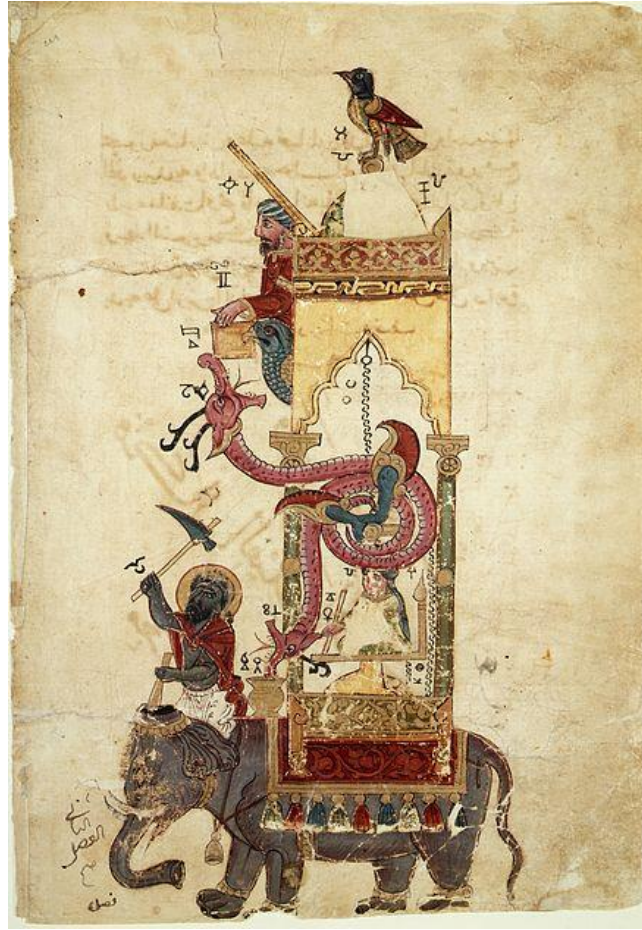
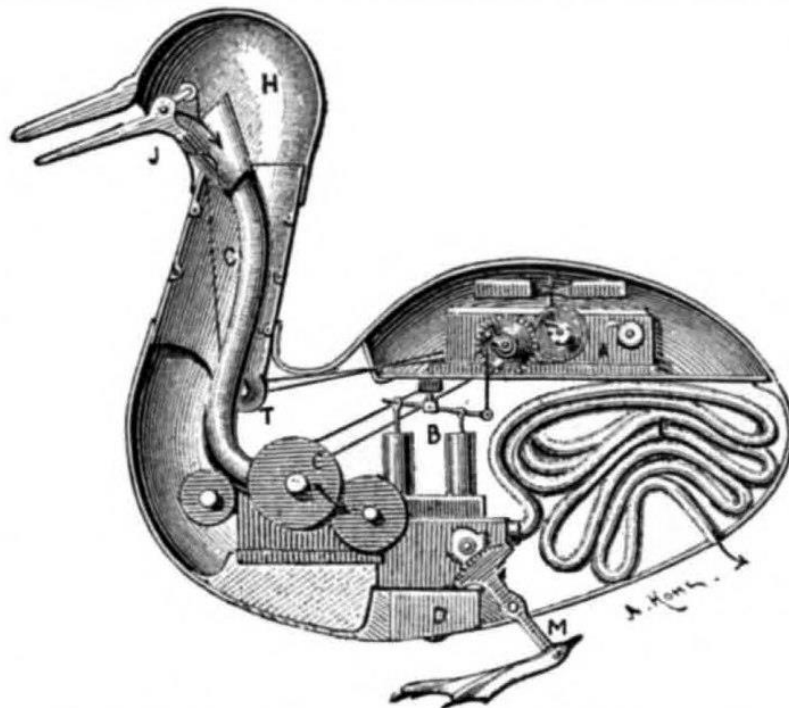


Imagen 4: Reloj elefante creado por Al-Jazari. Abu'l Izz Isma'il al-Jazari (Author), Farkh ibn 'Abd al-Latif (Copyist).

Un consenso común es describir a la mecatrónica como una disciplina integradora de las áreas de mecánica, electrónica e informática cuyo objetivo es proporcionar mejores productos, procesos y sistemas industriales. La mecatrónica no es, por tanto, una nueva rama de la ingeniería, sino un concepto recientemente desarrollado que enfatiza la necesidad de integración y de una interacción intensiva entre diferentes áreas de la ingeniería.

Nacido un 24 de febrero de 1709, Jacques de Vaucanson, excelente relojero pero con amplios conocimientos de música, anatomía y mecánica, quería demostrar mediante sus autómatas la realización de principios biológicos básicos, tales como la circulación, la digestión o la respiración. Sobre esta última función versó su primera creación, “El Flautista”, figura con forma de pastor y de tamaño natural que tocaba el tambor y la flauta con un variado repertorio musical. Vaucanson lo presentó en la Academia de Ciencias de Francia cosechando un gran éxito. Más tarde, en 1738, crea su segundo autómata, llamado “El Tamborilero”, como una versión mejorada del primero. En esta ocasión la figura tocaba la zampoña de Provenza y el tamboril con veinte melodías distintas. El

tercero y más famoso fue el “Pato con aparato digestivo”, transparente y compuesto por más de cuatrocientas partes móviles y que batía las alas, comía y realizaba completamente la digestión imitando al mínimo detalle el comportamiento natural del ave. Aunque en realidad el pato era un engaño, pues lo que comía no era lo mismo que defecaba, sino que al interior del pato había un compartimento en el que se depositaba el grano que comía y del que salía algo parecido a un excremento. Pasados los años, Vaucanson, cansado de su propia obra, vendió las figuras en 1743.



INTERIOR OF VAUCANSON'S AUTOMATIC DUCK.

A, clockwork; B, pump; C, mill for grinding grain; F, intestinal tube;
J, bill; H, head; M, feet.

Imagen 5: El canard digérateur de Jacques de Vaucanson, aclamado en 1739 como el primer autómatas capaz de hacer la digestión. Imaginary rendering of Vaucanson's digesting duck in *Scientific American*.

Con base en lo anterior, se puede hacer referencia a la definición propuesta por J. A. Rietdijk: "Mecatrónica es la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, de la electrónica del control automático y de los sistemas para el diseño de productos y procesos". Existen, claro está, otras versiones de esta definición, pero está claramente enfatiza que la mecatrónica está dirigida a las aplicaciones y al diseño.

Posiblemente el mejor y más conocido creador de autómatas de la historia. Pierre Jaquet-Droz, suizo nacido en 1721, fue el responsable de los tres autómatas más complejos y famosos del siglo XVIII. Sus tres obras maestras («La pianista», «El dibujante» y «El escritor») causaron asombro en la época, llegando a ser contemplados por reyes y emperadores tanto de Europa como de China, India o Japón.

El primero de ellos, «La pianista», es un autómata con forma de mujer que toca el órgano, con la particularidad de que es la propia figura la que interpreta las obras pulsando las teclas con sus dedos sin tener el sonido pregrabado o procedente de otro lugar. Compuesta por 2500 piezas, podía mover los ojos dirigiendo la mirada del piano a los dedos, inclinar el cuerpo, respirar y al finalizar cada tema hacer una reverencia.



Imagen 6: «La pianista» de Jaquet-Droz. Musée d'Art et d'Histoire de Neuchâtel, Suiza.

«El dibujante», por otra parte, estaba compuesto por unas 2000 piezas, tenía forma de niño sentado en un pupitre y podía realizar hasta cuatro dibujos distintos. Al igual que el anterior, imitaba el comportamiento mientras realizaba la tarea, moviendo los ojos, las manos o incluso soplando en el papel para eliminar los restos del polvo del lápiz.



Imagen 7: Autómata en el Centre International de la Mécanique d'Art, en Suiza.

El último, y más complejo de los tres autómatas, es «El escritor», compuesto por más de 6000 piezas. Podía escribir utilizando la pluma gracias a una rueda donde se seleccionaban los caracteres uno a uno, pudiendo escribir así pequeños textos de unas cuarenta palabras de longitud. Como los anteriores, realizaba movimientos propios de un ser humano, como mojar la tinta y escurrir el sobrante para no manchar el papel, levantar la pluma como si estuviera pensando, respetando los espacios y puntos y aparte, además de seguir con la mirada el papel y la pluma mientras escribía.

Los tres autómatas se pueden contemplar en el Musée d'Art et d'Histoire de Neuchâtel, Suiza.

La fama de los autómatas de Von Knauss y Jaquet-Droz llevó a muchos ilusionistas y prestidigitadores a incorporar trucos con autómatas en sus espectáculos. Es el caso de Jean Eugène Robert-Houdin, que creó varios autómatas que, aunque mecánicos, estaban más cerca del mundo de la magia. Cabe destacar un busto cantante donde se mostraba un sistema de engranajes con el que se decía que la figura cantaba, aunque la realidad es que detrás de ese mecanismo se encontraba una cantante auténtica. También fue responsable de un autómata escritor que dibujaba lo que el público le pedía o el truco del autómata llamado “El Pastelero del Palais Royal”, que traía al mago todos los platos y bebidas que este le pedía, entre otros muchos.

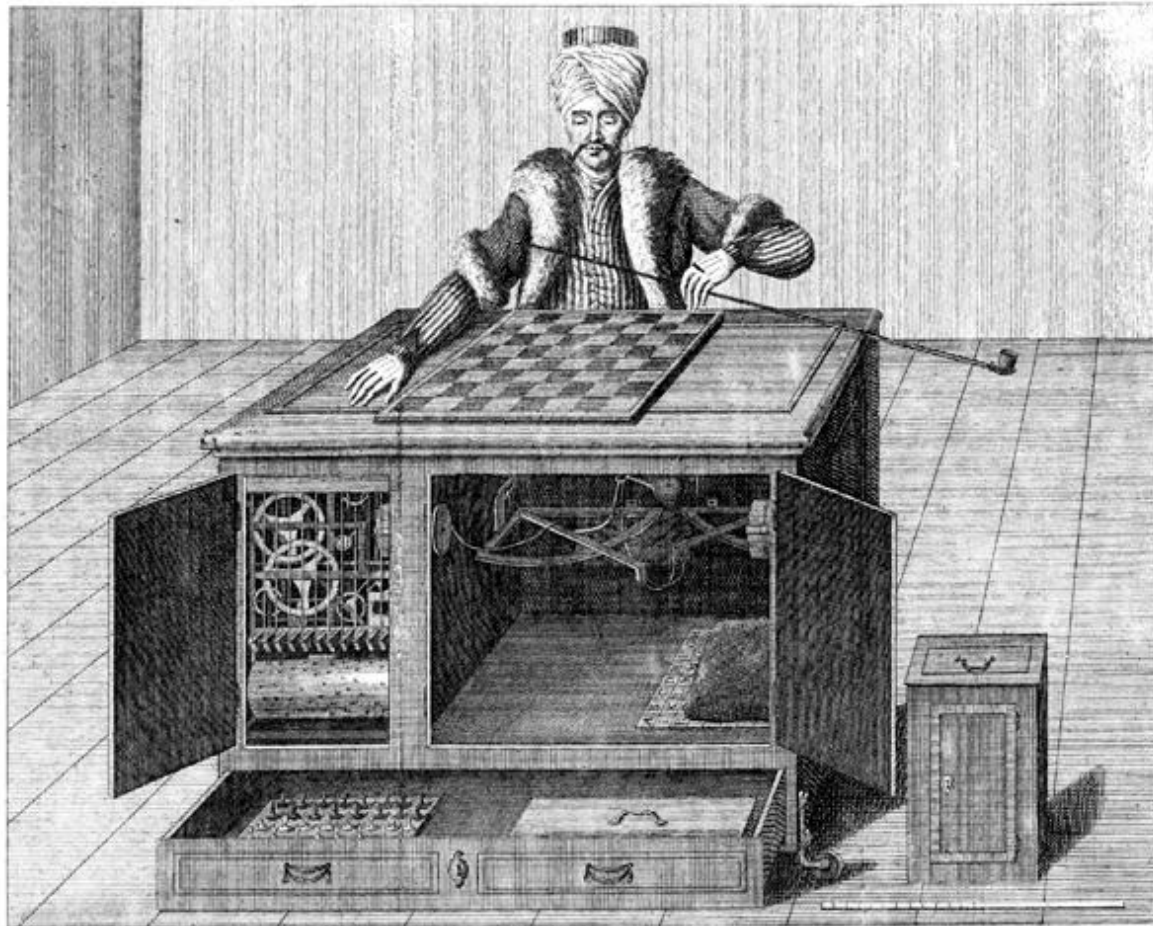
De estas fechas data el famoso autómata de la catedral de Burgos, el Papamoscas, cuya misión es la de tocar las campanas señalando la hora: lo hace moviendo su brazo derecho (con el que mueve, a través de una campana, un badajo) al mismo tiempo que abre y cierra la boca. Si bien el mecanismo actual es del siglo XVIII, sustituye a un artilugio parecido de fecha anterior.



Imagen 8: El Papamoscas de la catedral de Burgos.

Wolfgang von Kempelen fue el inventor de una de las primeras máquinas parlantes, y fue también creador de uno de los más famosos autómatas de la historia, que a su vez, fue uno de los mayores fraudes de su tiempo, pero que, a pesar de ello, impulsó la creación de autómatas jugadores de ajedrez hasta casi nuestros días. Se trata de “El Turco”.

Construido en 1769, “El Turco” estaba formado por una mesa donde estaba colocado un maniquí con forma humana vestido con ropajes árabes. Una puerta en la parte frontal se abría y dejaba ver el supuesto mecanismo de funcionamiento del autómata. Este jugador fue una de las mayores atracciones de la época ya que, según contaban, era invencible. Viajó a lo largo de Europa aún después de la muerte de su creador, pasando a manos de Johan Maelzel, llegando a derrotar al mismísimo Napoleón Bonaparte durante la campaña de la Batalla de Wagram. Después de viajar por Estados Unidos aterriza en Cuba, donde muere William Schlumberger, ayudante de Maelzel, y posible encargado de introducirse dentro del autómata para jugar las partidas, ya que después de esta muerte “El Turco” dejó de exhibirse hasta acabar destruido en 1845 en el gran incendio de Filadelfia. Más tarde se dijo que, a lo largo de su historia, el autómata había tenido varios operadores que movían el mecanismo gracias a un tablero de ajedrez secundario. Cada pieza del tablero principal contenía un imán, así el operador podía saber qué pieza había sido movida y dónde. El operador hacía su movimiento mediante un mecanismo que podía encajarse en el tablero secundario, indicando al maniquí dónde mover.



W. de Kempelen del. Che a Mchcl occid. Basilea. P.G. Patz. fecit.
Der Schachspieler wie er vordem Spielte gezeigt wie er vrm. Le Joueur d'echecs, tel qu'on le montre avant le jeu, par devant.

Imagen 9: "El Turco" tal y como lo veía el público. Karl Gottlieb von Windisch - Copper engraving from the book: Karl Gottlieb von Windisch, Briefe über den Schachspieler des Hrn. von Kempelen, nebst drei Kupferstichen die diese berühmte Maschine vorstellen. 1783. Original Uploader was Schaelss (talk) at 11:12, 7. Apr 2004. Zeitgenössischer Kupferstich des von Wolfgang von Kempelen konstruierten, Türkischen Schachspielers“.

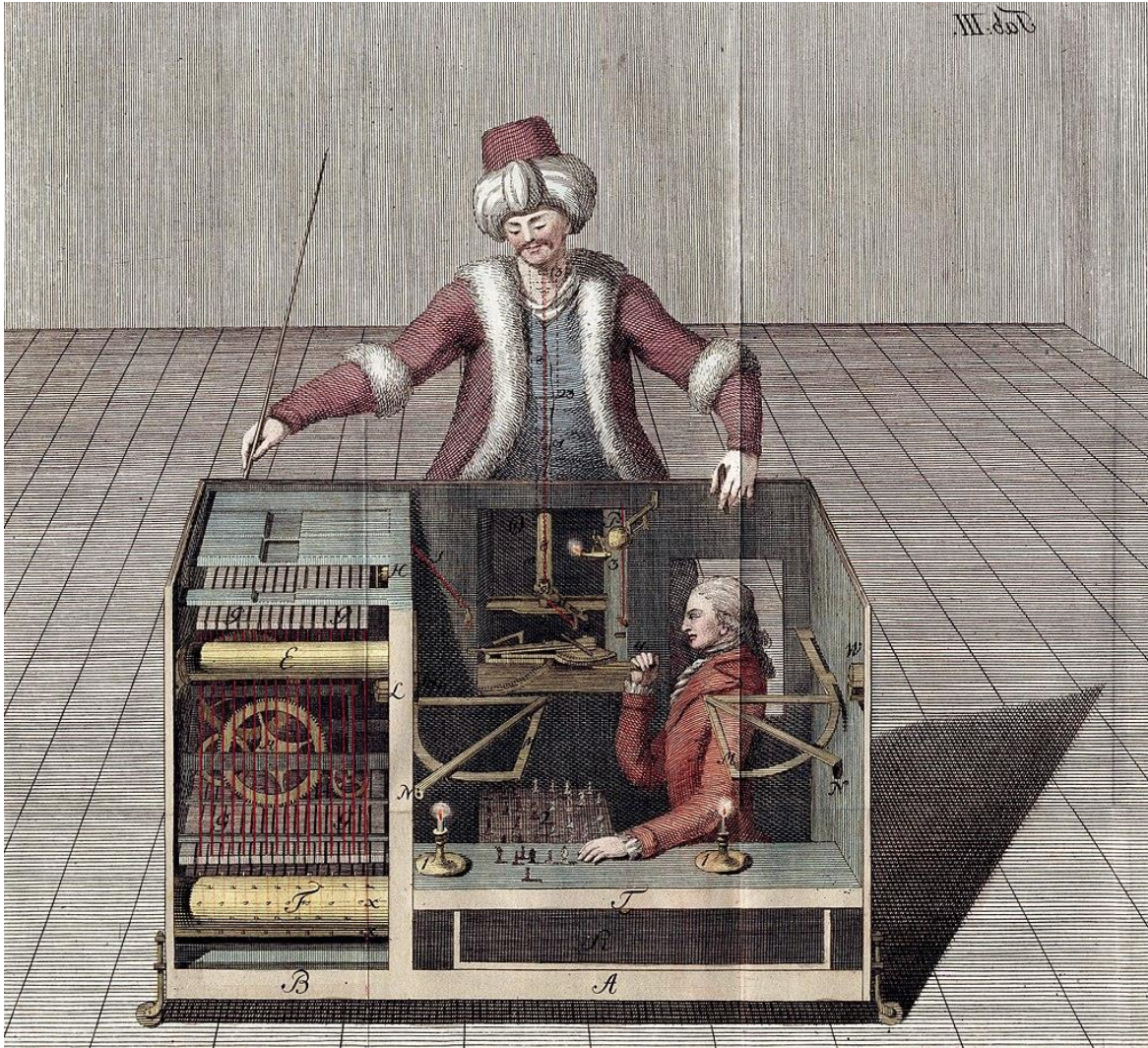


Imagen 10: Posible funcionamiento real de "El Turco". Joseph Racknitz - Humboldt University Library. From book that tried to explain the illusions behind the Kempelen chess playing automaton (known as The Turk) after making reconstructions of the device.

La fama de este autómatas hizo que se crearan otras muchas réplicas con el mismo truco de funcionamiento, algunas de ellas en el siglo XIX, como es el caso de Ajeeb, presentado por Charles Arthur Hooper en 1868; Ajeeb iba vestido de egipcio y fue exhibido muchas veces en Europa y América hasta 1929, cuando también fue destruido en un incendio; este autómatas consiguió ganar un torneo de ajedrez en Londres sin que nadie se percatara del artificio. También Mephisto, nacido en 1876 de la mano de Charles Godfrey Gumpley, fabricante de libros ortopédicos, se enfrentó a varios jugadores importantes como Henry Bird y Joseph Henry Blackburne, manejado según parece por Gunsberg.

Sin embargo, sí existió un autómata cuyo funcionamiento era totalmente real. Su creación se debe al español Leonardo Torres Quevedo, ingeniero y matemático, inventor de “El Ajedrecista”, presentado en la feria de París de 1914. Funcionaba utilizando unos electroimanes bajo el tablero, jugando automáticamente hasta el final con un rey y una torre contra un rey desde cualquier posición sin ninguna intervención humana.

Así, se puede considerar a estos autómatas, tanto los falsos como los reales, como pioneros de los modernos juegos de ajedrez informáticos y de ordenadores como Deep Blue, que mantienen el mismo espíritu y objetivos que sus predecesores: conseguir que una máquina pueda vencer a la mente humana.

La cultura asiática, especialmente China y Japón, ha tenido una gran tradición de autómatas que se ha mantenido desde tiempos muy antiguos hasta la actualidad. Ya en el año 2000 a. C. se cuentan leyendas chinas sobre autómatas, como la creada por el hijo del rey Tach`uan, hecho de madera, y tan semejante al hombre que confundía a todos los que lo veían, hasta que descubren su naturaleza y es destruido. En tiempos más cercanos se habla de varios emperadores chinos que, curiosos por estos inventos, apoyaron la creación de todo tipo de autómatas, desde los que poseían forma animal (pájaros, caballos, gatos, monos, etcétera) hasta otros con forma humana y que andaban, bailan o tocaban instrumentos.

En el Japón de los siglos XVIII y XIX los autómatas consiguieron un alto grado de importancia y complejidad. Se les llamaba *karakuri*, que se podría traducir como “aparatos mecánicos para producir la sorpresa en una persona” y se distinguían tres tipos de figuras: las *Butai Karakuri*, que se usaban en el teatro, las *Zashiki Karakuri*, más pequeñas y con las que se jugaba en las habitaciones, y las *Dashi Karakuri*, que se utilizaban en las festividades religiosas. Su mayor tarea era la representación de mitos y leyendas tradicionales aunque existían de todo tipo, como algunos que servían el té o lanzaban flechas con un arco. Ya entrados en el siglo XX y XXI se ve cómo la tradición del *karakuri* se mantiene en los modernos robots japoneses, con la creación de complejísimos robots antropomorfos como ASIMO, QRIO o Repliee Q1 o mascotas robóticas como Aibo, descendiente directo de los autómatas animales de siglos pasados.



Imagen 11: Karakuri japonés.

Viking I de la NASA, fue el primer robot estadounidense en Marte. El programa Viking de la NASA consistió en dos misiones no tripuladas al planeta Marte, conocidas como Viking I y Viking II. Este programa venía a suceder a la Mariner, una sonda orbital lanzada a Marte en 1971 con notable éxito; las naves Viking supondrían además las primeras dos misiones de aterrizaje estadounidenses sobre Marte y el primer estudio biológico del mismo. Cada misión poseía una sonda orbital (VO o Viking Orbiter) diseñada para fotografiar la superficie marciana desde la órbita del planeta, y actuar como un "intermediario" de comunicaciones entre la Tierra y la sonda Viking de aterrizaje o VL (Viking Lander), que se separaría de esta y se posaría sobre la superficie del planeta. Fue la misión más cara y ambiciosa jamás enviada a Marte hasta la fecha, con un coste total aproximado de 1000 millones de dólares de la época. Fue muy exitosa, y aportó la mayor parte de la información sobre Marte de la que se dispuso hasta finales de la década de 1990, con la llegada de los primeros rovers marcianos.

El Viking I se lanzó el 20 de agosto de 1975 y el Viking II el 9 de septiembre del mismo año, ambas a bordo de un cohete Titan III-E. Una vez llegados a la órbita de Marte, durante varios meses, las sondas orbitales realizaron un reconocimiento de la superficie; una vez seleccionados los lugares de aterrizaje, las dos secciones de la sonda se separaban, y la sección de aterrizaje ingresaba en la atmósfera de Marte, posándose suavemente en el lugar previsto. Los orbitadores continuaban fotografiando y llevando a cabo otras operaciones científicas, mientras los Viking Lander desplegaban instrumental científico en la superficie. La sonda (compuesta de ambas partes) completamente cargada de combustible, tenía una masa de 3527 kg.

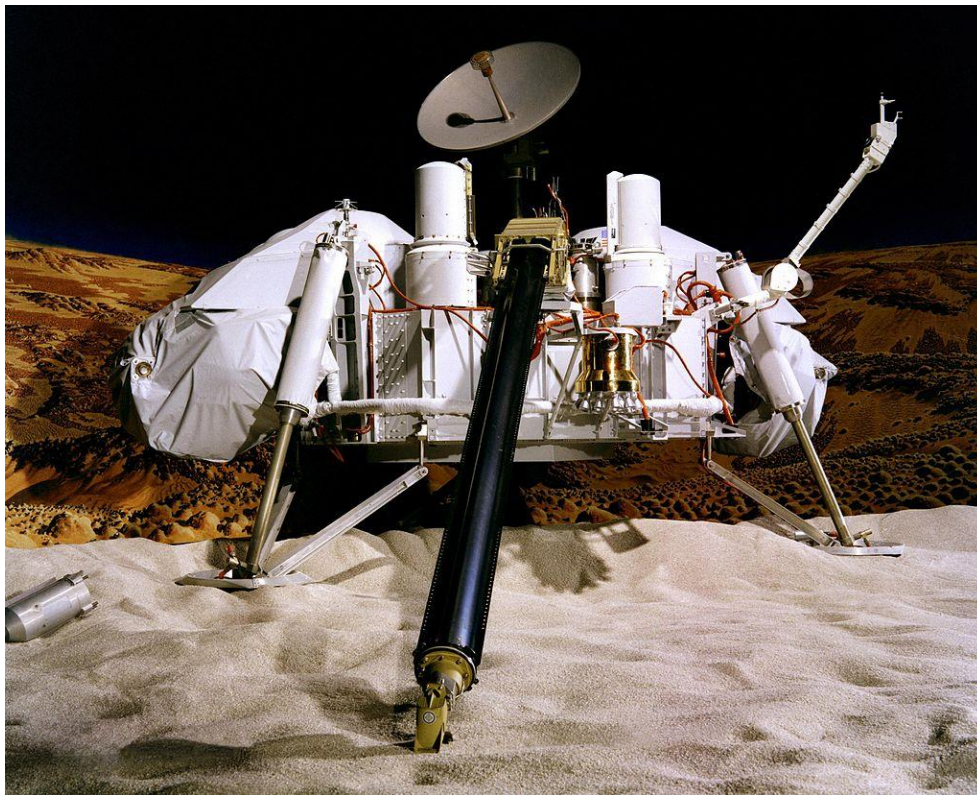


Imagen 12: Modelo de la sonda de aterrizaje Viking. NASA/JPL-Caltech/University of Arizona - NASA Image of the Day. This artist's concept depicts a Viking lander on the surface of Mars.



Imagen 13: Detalle del brazo robótico para la recogida de muestras. En el extremo puede divisarse la pala, y en la parte superior (centro de la imagen) el tamiz. El brazo podía girar 180° para poder verter las muestras en los embudos de recogida para los experimentos. Jeff Kubina from the milky way galaxy - Viking Lander Arm.

Un androide es un robot u organismo sintético antropomorfo que, además de imitar la apariencia humana, simula algunos aspectos de su conducta de manera autónoma. Es un término mencionado por primera vez por Alberto Magno en 1270 y popularizado por el autor francés Auguste Villiers en su novela de 1886 *La Eva futura*.

Los androides son producidos o se reproducen o los hace su creador. El cual es similar a un humano.

Etimológicamente, "androide" se refiere a los robots humanoides de aspecto masculino. A los robots de apariencia femenina se los llama ocasionalmente "ginoides", principalmente en las obras de ciencia ficción. En el lenguaje coloquial, el término "androide" suele usarse para ambos casos, aunque también se emplean las expresiones genéricas "robot humanoide" y "robot antropoide".

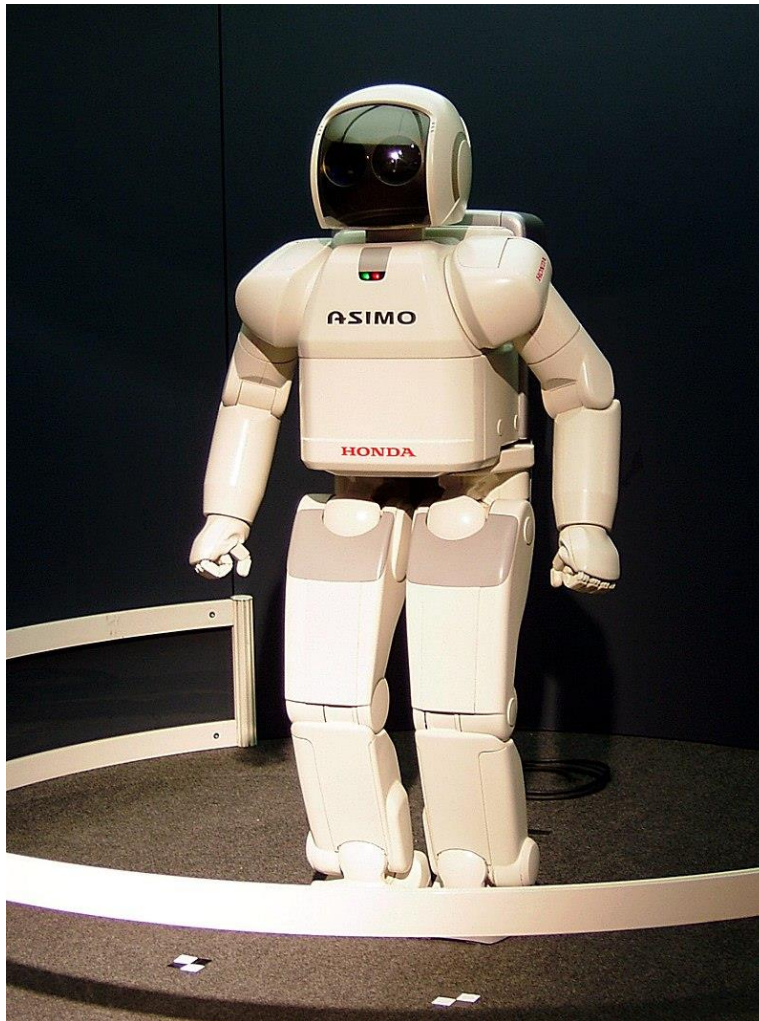


Imagen 14: Robot ASIMO de Honda.

Un androide es un robot u organismo sintético antropomorfo que, además de imitar la apariencia humana, simula algunos aspectos de su conducta de manera autónoma. Es un término mencionado por primera vez por Alberto Magno en 1270 y popularizado por el autor francés Auguste Villiers en su novela de 1886 *La Eva futura* (*L'Ève Future*), una novela de ciencia ficción simbolista escrita por el autor francés Auguste Villiers de l'Isle-Adam, iniciado en 1878 y publicado originalmente en 1886, la novela es conocida por popularizar el término «androide». Este libro es también el primer libro de la historia en utilizar la palabra "androide" (o Android) en su acepción actual.³⁴ Un caso muy parecido es el libro *R.U.R.* (*Robots Universales Rossum*) del checo Karel Čapek en el que se nombra por primera vez la palabra Robot que proviene de la palabra checa *robota* que significa trabajo forzado o en servidumbre.

Los androides son producidos o se reproducen o los hace su creador. El cual es similar a un humano.

Etimológicamente, "androide" se refiere a los robots humanoides de aspecto masculino. A los robots de apariencia femenina se los llama ocasionalmente "ginoides", principalmente en las obras de ciencia ficción. En el lenguaje coloquial, el término "androide" suele usarse para ambos casos, aunque también se emplean las expresiones genéricas "robot humanoide" y "robot antropoide".

Un robot humanoide que se limita a imitar los actos y gestos de un controlador humano, no es visto por el público como un verdadero androide, sino como una simple marioneta animatrónica. El androide siempre ha sido representado como una entidad que imita al ser humano tanto en apariencia, como en capacidad mental e iniciativa. Antes incluso de haber visto un verdadero robot en acción, la mayoría de las personas asocian la idea de robot con la de androide, debido a su extrema popularidad como cliché de la ciencia ficción.

La actitud de base entre el público frente a los androides varía en función del bagaje cultural que posea dicho público. En la cultura occidental la criatura humanoide, fabricada casi siempre por un sabio, es con bastante frecuencia un monstruo que se rebela contra su creador y en ocasiones lo destruye como castigo por su hubris; y el primero de los cuales no es necesariamente el monstruo de Frankenstein de Mary Shelley. Bien que dicho monstruo sea fácilmente el más famoso.

De hecho es tan notorio este fenómeno, que el reconocido experto en inteligencia artificial Marvin Minsky, llegó a narrar como en ocasiones llegaba a sentirse incómodo frente a una de sus creaciones, el androide Cog, cuando este presentaba conductas inesperadas.

En otras culturas las reacciones pueden ser bastante diferentes. Un ejemplo meritorio es la actitud japonesa de cara a los androides, donde el público no teme la antropomorfización de las máquinas y aceptan la idea que un robot tenga apariencia humana, entendiendo que este aspecto les permite interactuar más fácilmente con seres humanos. Además, la apariencia humanoide hace que sean mejor aceptados por la gente en general.

En la robótica la actitud de los expertos hacia los autómatas humanoides ha vacilado entre el entusiasmo y el escepticismo. Entusiasmo porque un robot humanoide puede tener enormes ventajas para cierta clase de funciones, escepticismo debido a que para que una máquina robótica sea útil se ha demostrado con ejemplos que la forma humana no es necesaria y a veces es incluso un estorbo (respecto a las capacidades actuales de los androides).

La construcción de un robot que imite convincentemente, aunque sea una parte ínfima, la libertad de gestos y movimiento humanos, es una tarea de una enorme complejidad técnica. De hecho, es un problema que en varias instancias está todavía abierto a la investigación y a la mejora, aunque ya existen varios ejemplos bastante meritorios en ese sentido, de robots humanoides que imitan ciertas conductas y capacidades humanas. Un ejemplo conocido en este sentido es el robot ASIMO de Honda, que es capaz de marchar en dos pies, de subir y bajar escaleras y de otra serie de proezas de locomoción bípeda.

Un robot es una entidad virtual o mecánica artificial. En la práctica, esto es por lo general un sistema electromecánico que, por su apariencia o sus movimientos, ofrece la sensación de tener un propósito propio. La independencia creada en sus movimientos hace que sus acciones sean la razón de un estudio razonable y profundo en el área de la ciencia y tecnología. La palabra robot puede referirse tanto a mecanismos físicos como a sistemas virtuales de software, aunque suele aludirse a los segundos con el término de bots¹.

¹ Un bot (aféresis de robot) es un programa informático que efectúa automáticamente tareas reiterativas mediante Internet a través de una cadena de comandos o funciones autónomas previas para asignar un rol establecido; y que posee capacidad de interacción, cambiando de estado para responder a un estímulo. Algunos ejemplos de bots son los rastreadores web de los motores de búsqueda de Internet, que recorren los sitios web de forma automática y recopilan información de los mismos de manera mucho más rápida y efectiva de lo que lo haría una persona. Los bots "buenos" cumplen los estándares de exclusión de robots, que los operadores de servidores pueden usar para influir en el comportamiento de un robot dentro de unos límites. Los bots "maliciosos" se utilizan, por ejemplo, para recopilar direcciones de correo electrónico con fines

No hay un consenso sobre qué máquinas pueden ser consideradas robots, pero sí existe un acuerdo general entre los expertos y el público sobre que los robots tienden a hacer parte o todo lo que sigue: moverse, hacer funcionar un brazo mecánico, sentir y manipular su entorno y mostrar un comportamiento inteligente, especialmente si ese comportamiento imita al de los humanos o a otros animales. Actualmente podría considerarse que un robot es una computadora con la capacidad y el propósito de movimiento que en general es capaz de desarrollar múltiples tareas de manera flexible según su programación; así que podría diferenciarse de algún electrodoméstico específico.

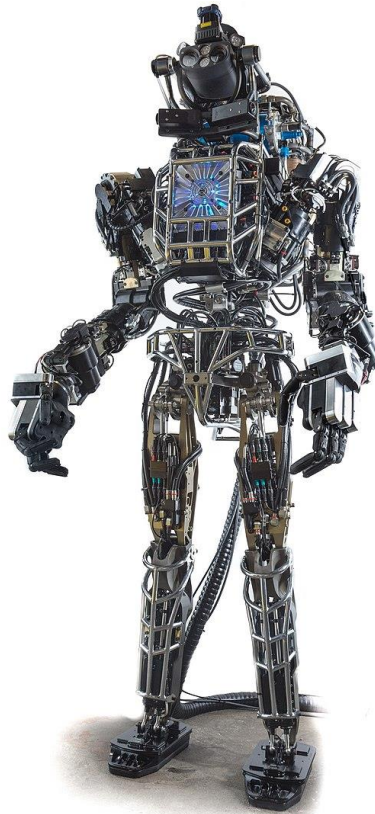


Imagen 15: El robot estadounidense Atlas (en desarrollo desde 2013) está diseñado para una variedad de tareas de búsqueda y rescate.

publicitarios, para hacer copias masivas no autorizadas de contenidos web o para espiar de manera sistemática las vulnerabilidades de software de los servidores con el objetivo de penetrar en ellos. En las redes sociales, los bots se utilizan para simular la interacción humana, hinchando artificialmente el número de visitas o seguidores, o automatizando respuestas para posicionar mensajes o influir en debates. Los denominados bots conversacionales son sistemas de inteligencia artificial que simulan una conversación con una persona utilizando el lenguaje natural. Es importante distinguir que bot es una definición funcional, y no hace diferencias en cuanto a su implementación. Un bot puede estar diseñado en cualquier lenguaje de programación, funcionar en un servidor o en un cliente, o ser un agente móvil, etc. A veces son llamados Sistemas Expertos, pues muchos se especializan en una función específica. La programación de un bot puede estar diseñada para cumplir tareas muy básicas como lo son el recordar alguna tarea o bien automatizar algún proceso, también existen bots con programación más compleja que buscan realizar actividades que conllevan toma de decisiones; estas decisiones son tomadas a partir de filtros o parámetros que el programador incluye en el código de programación. En estos días existen asistentes avanzados amigables que ayudan a manipular más fácilmente el código del bot.

Aunque las historias sobre ayudantes y acompañantes artificiales, así como los intentos de crearlos, tienen una larga historia, las máquinas totalmente autónomas no aparecieron hasta el siglo XX. El primer robot programable y dirigido de forma digital, el Unimate, creado por George Devol, fue instalado en 1961 para levantar piezas calientes de metal de una máquina de tinte y colocarlas.

Unimate fue el primer robot industrial,¹ se instaló en una cadena de montaje de General Motors en la Inland Fisher Guide Plant en Ewing (Nueva Jersey), en el año 1961. Fue creado por George Devol en los años 1953 usando una patente original de su propiedad. Devol, junto a Joseph Engelberger, fundaron la primera empresa fabricante de robots, Unimation.

La máquina realizaba el trabajo de transportar las piezas fundidas en molde hasta la cadena de montaje y soldar estas partes sobre el chasis del vehículo, una peligrosa tarea para los trabajadores, quienes podían exponerse a inhalar los gases de combustión de la soldaduras o a perder un miembro si no llevaban precaución.

El Unimate original constaba de una gran caja computarizada, unida a otra caja que se conectaba a un brazo articulado, con un programa de tareas almacenado en una memoria de tambor.

Las versiones modernas alcanzan los seis grados de libertad y están diseñadas para el manejo, a altas velocidades, de las distintas partes del coche, pudiéndose programar para otras tareas.

El Unimate también apareció en The Tonight Show auspiciado por Johnny Carson en el que se golpeó una pelota de golf en una taza, vertió una cerveza, agitó la batuta del director de orquesta, agarró un acordeón y lo ejecutó alrededor.

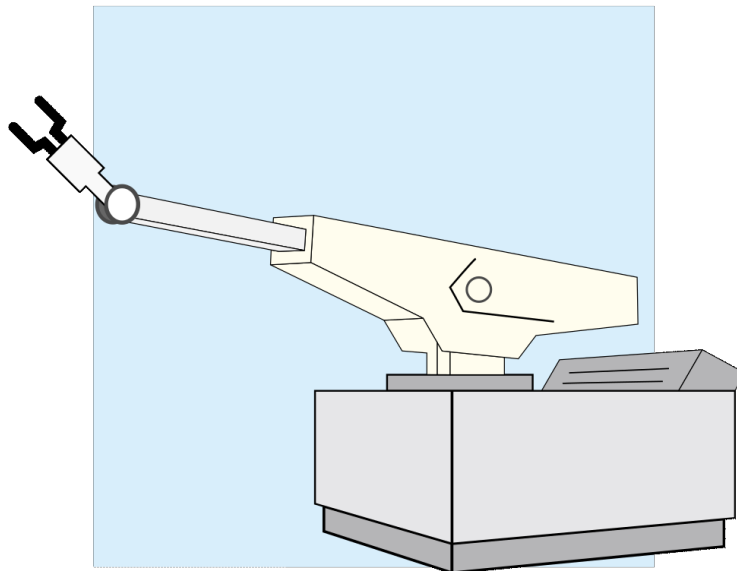


Imagen 16: Bosquejo de un robot Unimate.

El robot de fabricación más común es el robot industrial y de entre los robots industriales, el más común es el brazo articulado también llamado brazo robótico. Un brazo robótico típico se compone de siete segmentos metálicos, unidos por seis articulaciones. Una computadora controla el robot girando motores de pasos individuales conectados a cada junta (los brazos más grandes utilizan la hidráulica o neumática). A diferencia de los motores eléctricos de movimiento continuo, los motores de pasos pueden moverse en incrementos exactos. Esto permite que el ordenador pueda mover el brazo de manera muy precisa, repitiendo exactamente el mismo movimiento una y otra vez. El robot utiliza sensores de movimiento para hacer que se mueva la cantidad justa.

Un robot industrial con seis articulaciones se asemeja mucho a un brazo humano - tiene el equivalente de un hombro, un codo y la muñeca. Típicamente, el hombro está montado en una estructura de base estacionaria en lugar de a un cuerpo móvil. Este tipo de robot tiene seis grados de libertad, lo que significa que puede pivotar en seis formas diferentes. Un brazo humano, en comparación, tiene siete grados de libertad.

El trabajo del brazo humano es mover la mano de un lugar a otro. Del mismo modo, el trabajo del brazo robótico es mover un efector final de un lugar a otro. Se puede equipar brazos robóticos con todo tipo de efectores de extremo, que están adaptados a una aplicación particular. Un efector final común es una versión simplificada de la mano, que puede captar y transportar objetos diferentes. Las manos robóticas a menudo han incorporado sensores de presión que le dicen a la computadora que tan fuerte el robot está sujetando un objeto en particular. Esto evita que el robot tire o rompa lo que lleva. Otros efectores finales incluyen sopletes, los soldadores por puntos, taladros y la pintura por aire a presión entre otros.

Los robots industriales están diseñados para hacer exactamente lo mismo, en un ambiente controlado, una y otra vez. Por ejemplo, un robot podría cerrar las tapas de frascos de mantequilla que salen de una línea de montaje. Para enseñar a un robot cómo hacer su trabajo, el programador guía el brazo a través de los movimientos utilizando un controlador de mano (teach pendant). El robot almacena la secuencia exacta de los movimientos en su memoria, y lo hace una y otra vez cada vez que una nueva unidad viene por la línea de montaje.

Existen diferentes técnicas para programar robots industriales. Entre ellas se encuentran las técnicas de programación gestual y las de programación textual. En la programación gestual un operario guía al robot, manualmente o mediante controles remotos, enseñándole la tarea que este debe realizar. El robot va almacenando los pasos a seguir y luego puede repetirlos de manera autónoma. En la programación textual, en cambio, se realizan primero los cálculos de las posiciones y trayectorias que el robot debe recorrer y, con esta información, se crean las instrucciones del programa que el robot deberá ejecutar. Una vez transferido el programa al robot, este puede comenzar a realizar la tarea de manera autónoma.

La mayoría de los robots industriales trabajan en cadenas de montaje de automóviles, poniendo los coches juntos. Los robots pueden hacer este trabajo más eficientemente que los seres humanos gracias a su precisión, que les permite por ejemplo perforar siempre en el mismo lugar o apretar siempre los tornillos con la misma cantidad de fuerza, sin importar las horas que trabaje (cosa que no sucede con los humanos). Los robots de fabricación son también muy importantes en la industria electrónica, ya que se necesita un control increíblemente preciso para armar un microchip.

Los robots domésticos para la limpieza y mantenimiento del hogar son cada vez más comunes. No obstante, existe una cierta ansiedad sobre el impacto económico de la automatización y la amenaza del armamento robótico, una ansiedad que se ve reflejada en el retrato a menudo perverso y malvado de robots presentes en obras de la cultura popular. Comparados con sus colegas de ficción, los robots reales siguen siendo limitados.



Imagen 17: Robot fabricado por Toyota.

En 2002 Honda y Sony comenzaron a vender comercialmente robots humanoides como «mascotas». Los robots con forma de perro o de serpiente se encuentran, sin embargo, en una fase de producción muy amplia; el ejemplo más notorio ha sido Aibo de Sony.

AIBO (Artificial Intelligence en español: ‘robot de inteligencia artificial’, homónimo de AIBO ‘amigo’ o ‘compañero’ en japonés) es una serie de mascotas robóticas diseñadas y fabricadas por Sony. Sony anunció un robot prototipo a mediados de 1998. El primer modelo de consumo se introdujo el 11 de mayo de 1999. Los nuevos modelos fueron lanzados cada año hasta 2005. Aunque la mayoría de los modelos fueron perrunos, también se incluyeron otras inspiraciones robóticas como cachorros leones y turistas espaciales andróides, y solo la última versión, la ERS-7, fue explícitamente un «perro robot».

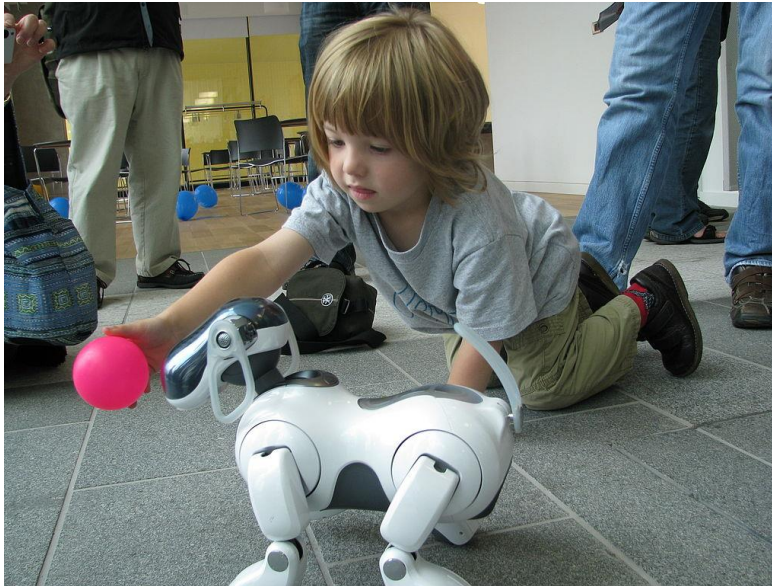


Imagen 18: AIBO ERS-7 siguiendo una bola rosa en manos de los niños

Los AIBO fueron comercializados para uso doméstico como «Robots de Entretenimiento». También fueron ampliamente adoptados por las universidades con fines educativos (por ejemplo: Robocup), para investigaciones de robótica y para la interacción humano-robot. AIBO ha sido utilizado en muchas películas, videos musicales y campañas publicitarias como íconos futuristas.

El 26 de enero de 2006, Sony anunció que iba a discontinuar AIBO y varios otros productos en un esfuerzo por hacer rentable a la empresa. También se discontinuó el desarrollo del robot QRIO relacionado. Posteriormente, se fue retirando gradualmente la atención al cliente del AIBO del Sony, con el soporte para el último ERS-7M3 que terminó en marzo de 2013. Sin embargo, está disponible algún soporte de terceros como por ejemplo la reparación y reacondicionamiento de la batería.

En 2006, AIBO se añadió a «Robot Hall of Fame» de la Universidad Carnegie de Mellon, con la descripción "el Sony AIBO representa el producto más sofisticado que se haya ofrecido a los consumidores de robot del mercado."

Los diseños iniciales del cuerpo del AIBO fueron creados por un amigo de Doi, el artista Hajime Sorayama. Ahora, estos diseños son parte de las colecciones permanentes del Museo de Arte Moderno y el Instituto Smithsonian. El diseño de la primera generación de AIBO's ganó el prestigioso «Good Design Award, Grand Prize» de Japón y un premio especial de Diseño Inteligente en los premios alemanes Red Dot del 2000.

Los modelos más recientes de AIBO fueron diseñados conjuntamente con prestigiosos diseñadores japoneses y continuaron ganando premios de diseño. El diseño del ERS-210 fue inspirado en los cachorros de león. Los cuerpos de la serie «ERS-3x» (Latte y Macaron, los AIBO de cabeza redonda lanzados en 2001) fueron diseñados por el artista visual Katsura Moshino ganando el «Good Design Award». El diseño de cuerpo, elegante y futurista del «ERS-220» para exploración espacial fue inspiración de Shōji Kawamori ganando el premio «Good Design Award» y «Design for Asia». Los ERS-7 también ganaron un «Premio al Buen Diseño».

En la actualidad, los robots comerciales e industriales se utilizan ampliamente y realizan tareas de forma más exacta o más barata que los humanos.

También se emplean en trabajos demasiado sucios, peligrosos o tediosos para los humanos. Los robots se usan en plantas de manufactura, montaje y embalaje, en transporte, en exploraciones en la Tierra y en el espacio, cirugía, armamento, investigación en laboratorios y en la producción en masa de bienes industriales o de consumo.

Otras aplicaciones incluyen la limpieza de residuos tóxicos, minería, búsqueda y rescate de personas y localización de minas terrestres.

Existe una gran esperanza, especialmente en Japón, de que el cuidado del hogar para la población de edad avanzada pueda ser desempeñado por robots.

Los robots parecen estar abaratándose y reduciendo su tamaño, una tendencia relacionada con la miniaturización de los componentes electrónicos que se utilizan para manejarlos. Además, muchos robots son diseñados en simuladores mucho antes de construirse y de que interactúen con ambientes físicos reales.

Además de los campos mencionados, hay modelos trabajando en el sector educativo, servicios (por ejemplo, en lugar de recepcionistas humanos¹⁴ o vigilancia) y tareas de búsqueda y rescate.

Recientemente se ha logrado un gran avance en los robots dedicados a la medicina,¹⁵ con dos compañías en particular, Computer Motion e Intuitive Surgical, que han recibido la aprobación regulatoria en América del Norte, Europa y Asia para que sus robots sean utilizados en procedimientos de cirugía invasiva mínima. Desde la compra de Computer Motion (creador del robot Zeus) por Intuitive Surgical, se han desarrollado ya 6 modelos de robot Da Vinci por esta última, pasando por el primero modelo DaVinci, S, Si, Xi, X y el más reciente lanzado "SP".

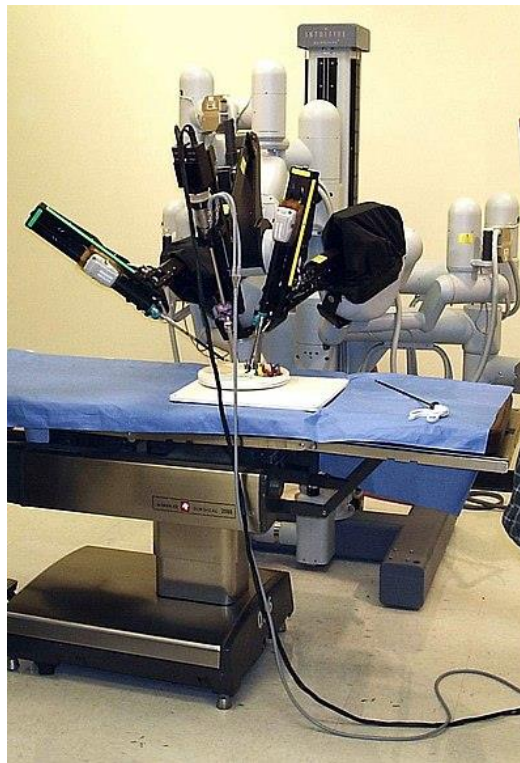


Imagen 19: Robot de cirugía. El Sistema Quirúrgico Da Vinci es un equipo de cirugía robótica, al cual es necesario realizar estudios más acabados con respecto de las habilidades médicas en su uso práctico.

Este dispositivo desarrollado por la empresa norteamericana Intuitive Surgical y aprobado, en el año 2000, por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos, el Sistema da Vinci –que se utiliza para múltiples procedimientos quirúrgicos, especialmente en prostatectomías-, está controlado por un cirujano que opera desde una consola y se diseñó para facilitar la cirugía compleja empleando un enfoque mínimamente invasivo. Este factor permite superar las limitaciones propias de la cirugía abierta y laparoscópica, potenciando en términos de visión, precisión y control las habilidades del cirujano. El robot da Vinci no es autónomo; requiere en todos los casos la intervención y toma de decisiones de un profesional que actúe como operador humano para todas las acciones.

El robot quirúrgico Da Vinci se compone de una consola ergonómica desde la que el cirujano opera sentado y que, normalmente, se encuentra en el mismo quirófano. Al lado del paciente se sitúa la torre de visión (formada por controladores, vídeo, audio y proceso de imagen) y el carro quirúrgico que incorpora tres o cuatro brazos robóticos interactivos controlados desde la consola, en el extremo de los cuales se encuentran acopladas las distintas herramientas que el médico necesita para operar, tales como bisturís, tijeras, unipolar, etc.

El robot da Vinci permite optimizar el rango de acción de la mano humana, reduciendo el posible temblor y perfeccionando todos los movimientos del cirujano. De esta manera, se minimizan las posibilidades de error en relación a otros sistemas quirúrgicos como la laparoscopia, procedimiento en el que el cirujano debe operar de pie con una visión del área anatómica en la que interviene en 2D. En contraposición, el da Vinci ofrece una visión tridimensional de la zona intervenida. Por otro lado, en la laparoscopia, el médico depende de un ayudante para posicionar la cámara correctamente, mientras que en el da Vinci, el cirujano gestiona la cámara de forma totalmente autónoma. También es importante subrayar que el instrumental de la laparoscopia ofrece unos índices de versatilidad limitados mientras que los instrumentos del da Vinci pueden operar de igual forma a cómo lo haría una muñeca humana, lo que permite realizar movimientos altamente precisos en espacios muy reducidos.

Otro valor añadido de gran relevancia que ofrece el robot da Vinci al profesional es la posibilidad de poder contar con una visión superior en 3D, alineada entre la zona anatómica afectada y el instrumental, una posición única desde la que se puede trabajar de forma cómoda, intuitiva y precisa.

Los robots da Vinci operan en centros hospitalarios públicos y privados de todo el mundo, con un estimado de 300.000 cirugías realizadas en 2013. En febrero de 2014 se encuentran operativas en el mundo casi 3.000 unidades, la mayoría de ellas (2.082) en los Estados Unidos de América.

Actualmente hasta diciembre de 2017 se contabilizan en el mundo alrededor de 4409 sistemas Da Vinci, siendo Estados Unidos el país con más equipos disponibles, con un total de 2,862. Con aplicaciones en Urología, Ginecología, Cirugía general, Coloproctología, Cirugía Pediátrica, Cirugía Torácica, Cirugía Cardíaca y ORL. También la automatización de laboratorios es un área en crecimiento. Aquí, los robots son utilizados para transportar muestras biológicas o químicas entre instrumentos tales como incubadoras, manejadores de líquidos y lectores. Otros lugares donde los robots están reemplazando a los humanos son la exploración del fondo oceánico y exploración espacial. Para esas tareas se suele recurrir a robots de tipo artrópodo.

3. Desarrollo:

Robot-t2 es un robot educativo realizado por alumnos y profesores de la Escuela Técnica N° 2 “Independencia”, Concordia, Entre Ríos; con ayuda de la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la UNER (Universidad Nacional de Entre Ríos) y de la carrera de Diseño Industrial de la UNLP (Universidad Nacional de La Plata).

Fue presentado al Concurso Nacional INNOVAR 2022 del MINCYT (Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación). Fue seleccionado para su exposición y quedó en el catálogo de inventos y productos innovadores, en la categoría “Robótica + Inteligencia Artificial”.

La información presentada fue la que se detalla a continuación en: texto para catálogo, narrando en qué consiste el proyecto, qué problema soluciona, las razones por lo cual es mejor que los existentes en el mercado (su diferencia con otros productos similares) y cual es su funcionamiento.

3.1. Texto para catálogo del Concurso Nacional INNOVAR 2022 MINCYT-Nación:

Robot-T2: es una robot didáctico para fines pedagógicos y educativos construido por la escuela Técnica N° 2 "Independencia" (Concordia, Entre Ríos) con asesoramiento de la carrera de Ingeniería Mecatrónica (Robótica) - UNER (Universidad Nacional de Entre Ríos, Sede Concordia).

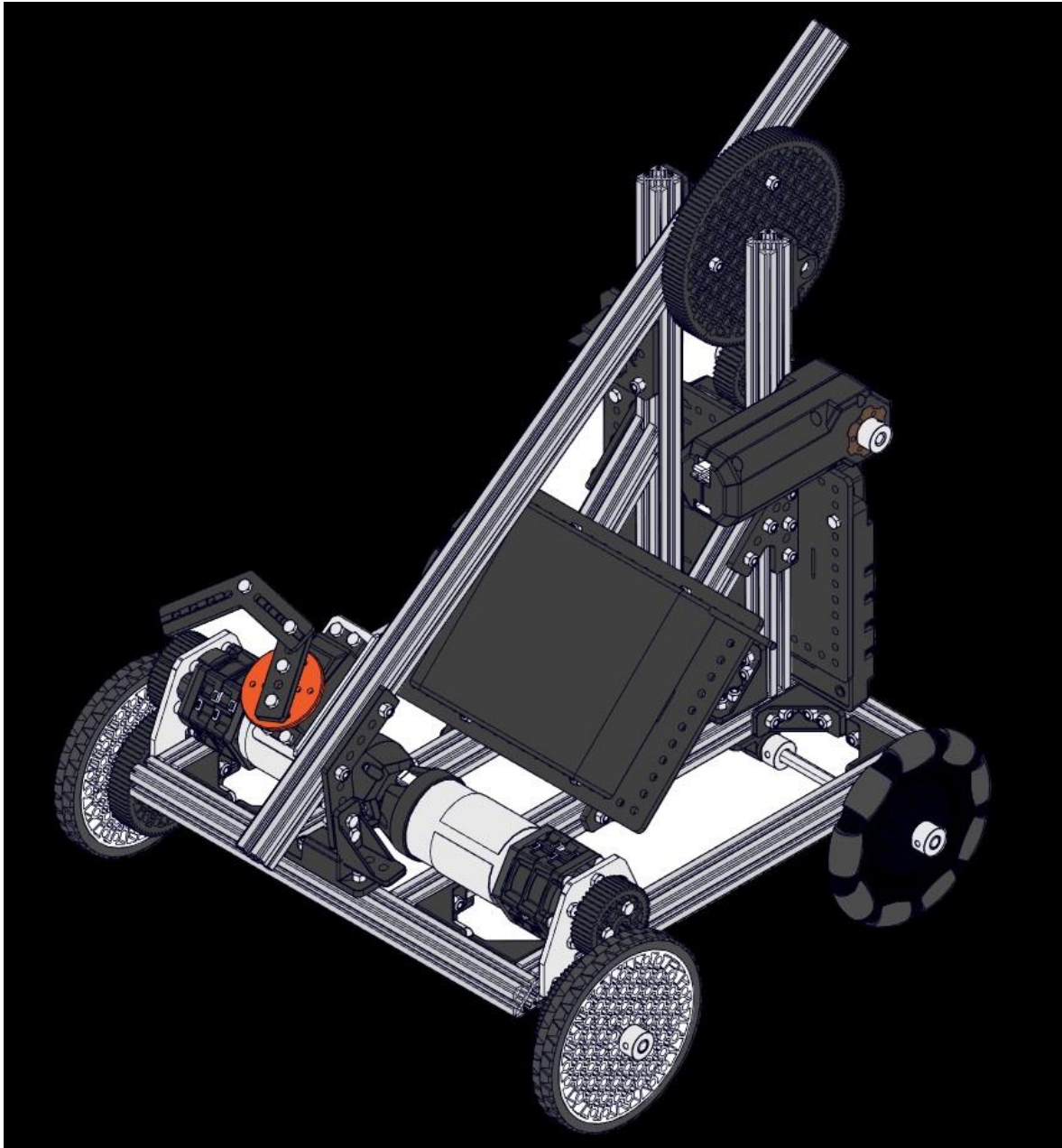


Imagen 20: Dibujo CAD. Posibilidades de ROBOT-T2.

3.2. ¿En qué consiste el proyecto? ¿Qué problema soluciona?

La Robótica busca acompañar la implementación de nuevas tecnologías en el sistema educativo e inspira habilidades fundamentales en la sociedad actual en los estudiantes. Les propone utilizar herramientas de programación y robótica para encontrar soluciones a grandes desafíos actuales de la Industria 4.0 y la actual Revolución industrial 4.0, al mismo tiempo que afianzan habilidades como la creatividad, la colaboración y el trabajo en equipo.

Aplicando habilidades de programación, computación y robótica se los prepara a los estudiantes para el mundo actual de la “Industria 4.0” con una “Educación 4.0” acorde al nuevo paradigma de la 4ta. Revolución Industrial, donde destacan conceptos como: inteligencia artificial, big data (minería de datos), la nube, realidad aumentada, internet de las cosas, diseño CAD, impresión 3D, cultura maker, drones, ecodiseño (reciclado, economía de materiales, eficiencia energética, etcétera), junto a las nuevas fuentes de energía (hidrógeno, solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, etc.).

La robótica es un medio para que las nuevas generaciones desarrollen principios básicos de programación y electrónica, que hoy por hoy son habilidades importantísimas que abren oportunidades en el mercado laboral (y la Educación Técnica Nacional no debe renunciar a ello con el asesoramiento del Sistema Universitario). Se promueve que este aprendizaje esté orientado a la búsqueda de soluciones creativas a los problemas de la vida real.

La enseñanza convencional en las escuelas debe tener un enfoque hacia la industria 4.0 haciendo uso de herramientas digitales, la inteligencia artificial, la informática y el análisis de datos (big data) para formar técnicos altamente competitivos. Competencias que ya no son el futuro, sino el presente.

Crear e implementar métodos de enseñanza y aprendizaje con un pensamiento crítico en donde las habilidades del ser y sus competencias serán determinantes para sobrevivir a los desafíos actuales. Articulando con la oferta educativa de educación superior para satisfacer las necesidades del entorno laboral. De este modo construiremos una oferta educativa sólida y actualizada a la demanda del mercado.

3.3. ¿Por qué es mejor que los existentes en el mercado? ¿Cuál es la diferencia? ¿por cual razón se decidió utilizar a REV Robotics?

REV Robotics es una empresa estadounidense especializada en la fabricación de componentes y kits para robótica educativa y de competición. Fue fundada en 2014 por un grupo de ingenieros y educadores con el objetivo de ofrecer herramientas y materiales asequibles y de alta calidad para la construcción de robots.

Entre los productos que ofrece REV Robotics se encuentran motores, servomotores, controladores, sensores, ruedas, chasis y otros componentes necesarios para la construcción de robots. Estos productos son ampliamente utilizados en competiciones de robótica, como FIRST Robotics Competition, VEX Robotics Competition y otros eventos de robótica en todo el mundo.

Además de sus productos de hardware, REV Robotics también ofrece recursos educativos y de programación para apoyar la enseñanza de la robótica en las escuelas y en la educación informal. Estos recursos incluyen tutoriales, guías de construcción, videos y otros materiales de enseñanza.

En resumen, REV Robotics es una empresa especializada en la fabricación de componentes y kits para robótica educativa y de competición, que ofrece una amplia gama de productos y recursos para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de la robótica en las escuelas y en la educación informal.

Se partió de la adquisición de partes y compra de piezas standard a REV Robotics, para la programación se utilizó un lenguaje de programación por bloques OnBotJava que acelera los tiempos de programación y limita los errores humanos del tipo de comandos, dicho entorno viene cargado en un “HuB” junto a una Tablet y los controles a distancia. Para poder programar y luego manejar el robot, se crea una red wifi privada entre el “HuB” y la Tablet y los controles. Existe una doble ventaja de la interfaz de (a) hardware y (b) software. Por la interfaz de (a) hardware entendemos que los controles son operados por un humano desde un joystick que envía la información (haciendo muy amigable el entorno de interface humana-máquina) y por interfaz (b) de software por bloques OnBotJava; sabemos que en programación orientada a objetos, una interfaz

(también llamada protocolo) es un medio común para que los objetos no relacionados se comuniquen entre sí, estas son definiciones de métodos y valores sobre los cuales los objetos están de acuerdo para cooperar.

En términos de programación orientada a objetos, una interfaz es un medio común para que los objetos se comuniquen entre sí. Las interfaces son definiciones de métodos y valores que los objetos acuerdan utilizar para cooperar. En el contexto de este proyecto de robot, la interfaz entre el software OnBotJava y los componentes del robot permite una comunicación eficiente y efectiva entre ambos, lo que resulta en un mejor rendimiento del robot en términos de velocidad, precisión y capacidad de respuesta.

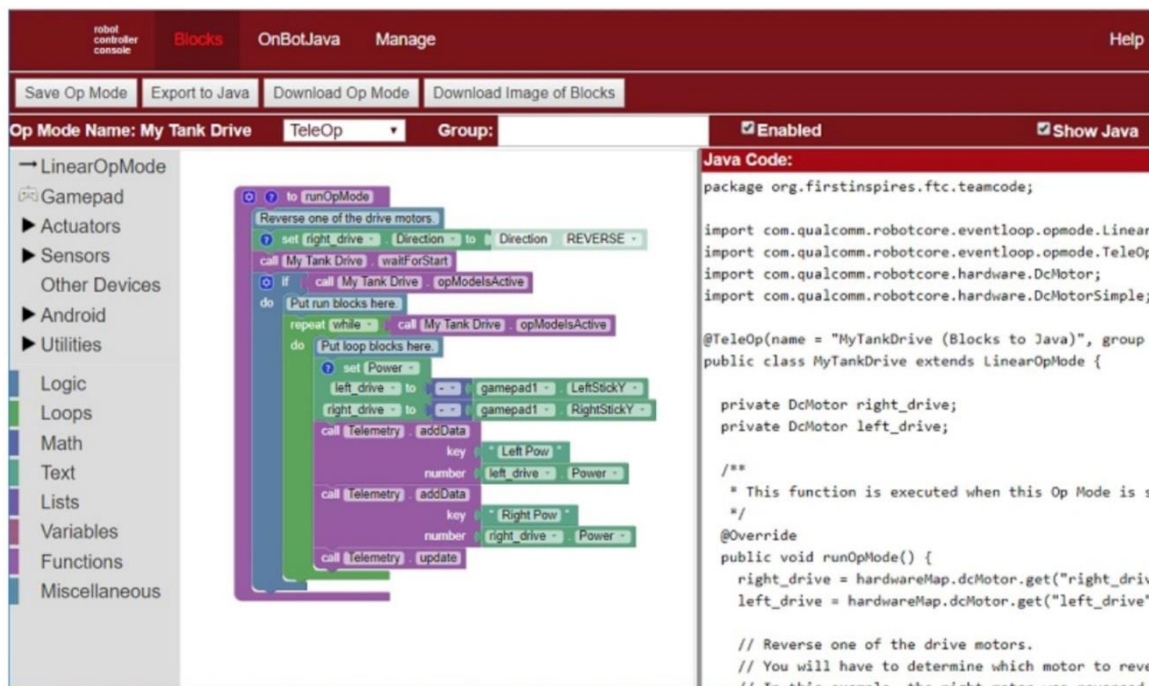


Imagen 21: Captura de pantalla del lenguaje de programación OnBotJava.

El proyecto de construcción de un robot que ha descrito parece utilizar una combinación de piezas y componentes pre-fabricados de REV Robotics y un sistema de programación personalizado basado en el lenguaje de programación OnBotJava. Este sistema ha sido diseñado específicamente para programar robots, y se utiliza con frecuencia en competencias de robótica de nivel intermedio.

OnBotJava es un lenguaje de programación visual que permite a los usuarios programar robots mediante la creación de bloques de código. Estos bloques representan comandos y acciones específicas que el robot debe llevar a cabo, y se pueden combinar para crear programas más complejos. Al utilizar bloques de código predefinidos, los usuarios pueden crear programas sin tener que escribir código manualmente. Además, al reducir la necesidad de escribir código manualmente, se reduce el riesgo de errores en la entrada de datos. El dispositivo "HuB" que menciona es probablemente el REV Robotics Expansion Hub, un dispositivo que actúa como un concentrador de comunicación para el robot. El Hub se conecta a los diferentes componentes del robot, como los motores, sensores y otros dispositivos, y actúa como intermediario entre ellos y la tablet o el teléfono inteligente que se utiliza para controlar el robot.

El Hub también proporciona una conexión Wi-Fi privada para que el dispositivo de control pueda conectarse al robot.

La interfaz de usuario para el control del robot es probablemente una aplicación personalizada que se ejecuta en una tablet o un teléfono inteligente. Esta aplicación se comunica con el Hub a través de la conexión Wi-Fi privada y permite al usuario controlar el robot utilizando un joystick o una serie de botones en la pantalla táctil. El software OnBotJava se ejecuta en el Hub, interpretando los comandos del usuario y controlando los motores y otros dispositivos del robot.

En resumen, el uso de piezas y componentes estándar de REV Robotics, junto con el sistema de programación personalizado basado en OnBotJava, permite la construcción y programación eficiente de robots. La combinación de un sistema de control basado en la interfaz de usuario y una interfaz de programación basada en bloques permite a los usuarios controlar y programar los robots de forma intuitiva y sin necesidad de habilidades de programación avanzadas.

3.4. ¿Cómo funciona el HubControl?

Funciona por el ensamblado de estructuras standarizadas (chasis, ejes, perfiles por extrusión en H, perfiles en L, etc.) con otras piezas mecánicas de elementos de máquinas (ruedas, cojinetes sencillos, piñón cremallera, engranajes, transmisiones flexibles como cadenas, y otros elementos de unión como tornillos, etc.) movidos por servomotores, actuadores y drive-motors de corriente continua alimentados por baterías de 12 (voltios). Lo que conforma un chasis con transmisión (ruedas) y una estructura portante del "HubControl" y su fuente de alimentación (baterías), luego viene el diseño de las estructuras subsidiarias (brazos ejecutantes de las tareas) con su motores, servos y actuadores correspondientes, Trabaja desde lo más sencillo como máquina simple (palancas de diversos grados, etc.), dependiendo del diseño hasta estructuras más avanzadas y el límite de las posibilidades estructurales del armado y ensamble de sus partes y las capacidades de programación del software (existe un límite físico para el hardware y el software).

HubControl es una plataforma de control y programación utilizada en robótica y otros proyectos de automatización. Se utiliza para controlar y coordinar los motores y sensores de un robot y para programar su comportamiento. El HubControl consta de una unidad central de procesamiento, sensores y actuadores, así como de una interfaz de programación.

En el caso de su pregunta, se refiere a la estructura portante del "HubControl", que es una estructura que alberga los componentes electrónicos del robot, como el controlador, la batería y otros dispositivos electrónicos. La estructura portante debe ser lo suficientemente robusta para soportar el peso y el impacto de los componentes electrónicos y mecánicos, así como para protegerlos de daños externos.

El HubControl suele funcionar con un lenguaje de programación específico, como OnBotJava, que permite programar el robot de manera sencilla y rápida utilizando bloques predefinidos de código. Este lenguaje de programación por bloques acelera los tiempos de programación y reduce los errores humanos de tipeo de comandos, lo que lo hace adecuado para proyectos de robótica educativa.

Además, el HubControl puede estar equipado con una tablet y controles a distancia que permiten al usuario controlar y programar el robot de manera remota. La creación de una red WiFi privada entre el HubControl y la tablet y los controles permite una comunicación confiable y segura entre estos dispositivos.

En resumen, el HubControl es un componente importante en la construcción de robots y proyectos de automatización que proporciona una plataforma de control y programación fácil de usar para el usuario. Su estructura portante protege los componentes electrónicos del robot y ayuda a asegurar su funcionamiento confiable y seguro.

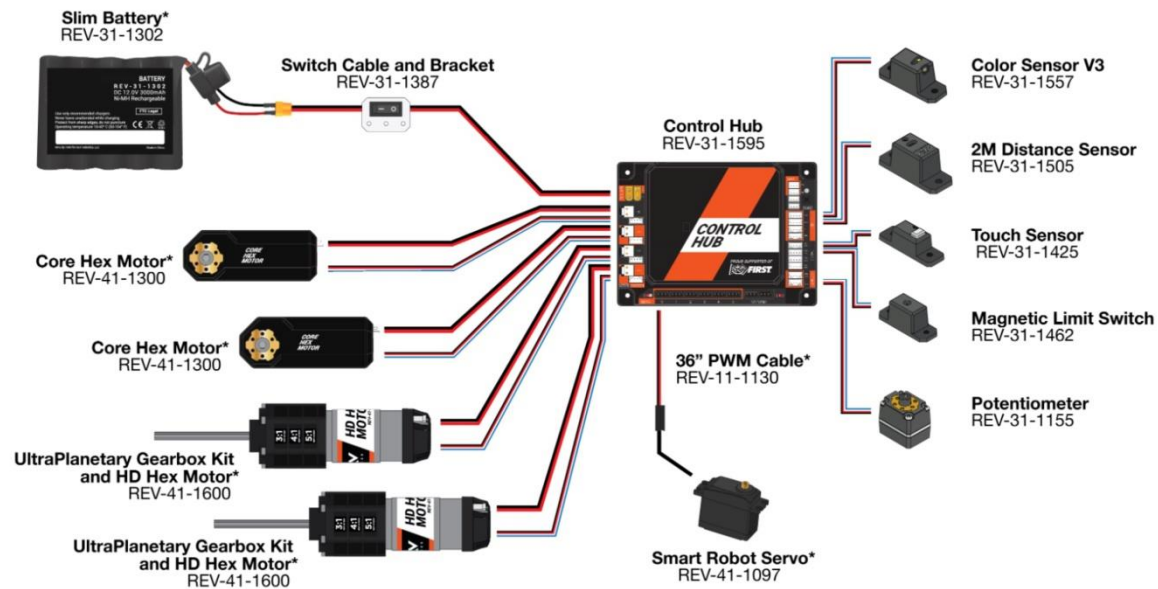


Imagen 22: Control HUB.

3.5. ¿Qué podemos decir de las piezas y partes estandarizadas y el chasis estructural del robot?

El proceso de ensamblaje de estructuras estandarizadas y piezas mecánicas de elementos de máquinas que se describe en su pregunta es un enfoque común utilizado en la construcción de robots y otros dispositivos mecatrónicos. El objetivo es construir un robot con una estructura robusta y fiable que pueda soportar los movimientos y las cargas que se le imponen.

El uso de estructuras estandarizadas como chasis, ejes y perfiles de extrusión en H y L, permite que las piezas sean intercambiables y se puedan ensamblar rápidamente. Esto reduce el tiempo y el costo de la construcción, ya que las piezas estandarizadas se pueden adquirir fácilmente y el ensamblaje se puede hacer rápidamente sin tener que diseñar y fabricar cada pieza individualmente.

Los elementos de máquinas como las ruedas, cojinetes sencillos, piñones, engranajes y cadenas se utilizan para transmitir el movimiento de los motores y actuadores a las diferentes partes del robot. Los servomotores, actuadores y drive-motors de corriente continua son los elementos principales que proporcionan la fuerza motriz al robot. Estos motores se alimentan con baterías de 12 voltios, que son adecuadas para proporcionar suficiente potencia para el funcionamiento del robot.

La estructura portante del "HubControl" se utiliza para albergar los componentes electrónicos del robot, como el controlador, la batería y otros dispositivos electrónicos. Los brazos ejecutantes de las tareas son estructuras subsidiarias que se utilizan para proporcionar una función específica al robot, como recoger y transportar objetos.

El diseño del robot puede ser simple o complejo, dependiendo de la tarea que se le asigne. Se pueden utilizar máquinas simples como palancas de varios grados para proporcionar un movimiento básico al robot. Las estructuras más avanzadas se pueden utilizar para proporcionar una mayor funcionalidad al robot.

Sin embargo, hay un límite físico para el hardware y el software, ya que la capacidad de carga, la velocidad y la precisión están limitadas por las capacidades de los componentes electrónicos y mecánicos. Por lo tanto, es importante diseñar el robot de manera efectiva para lograr un equilibrio entre la funcionalidad y la capacidad de carga.

Piezas y partes estandarizadas, armado del chasis estructural:

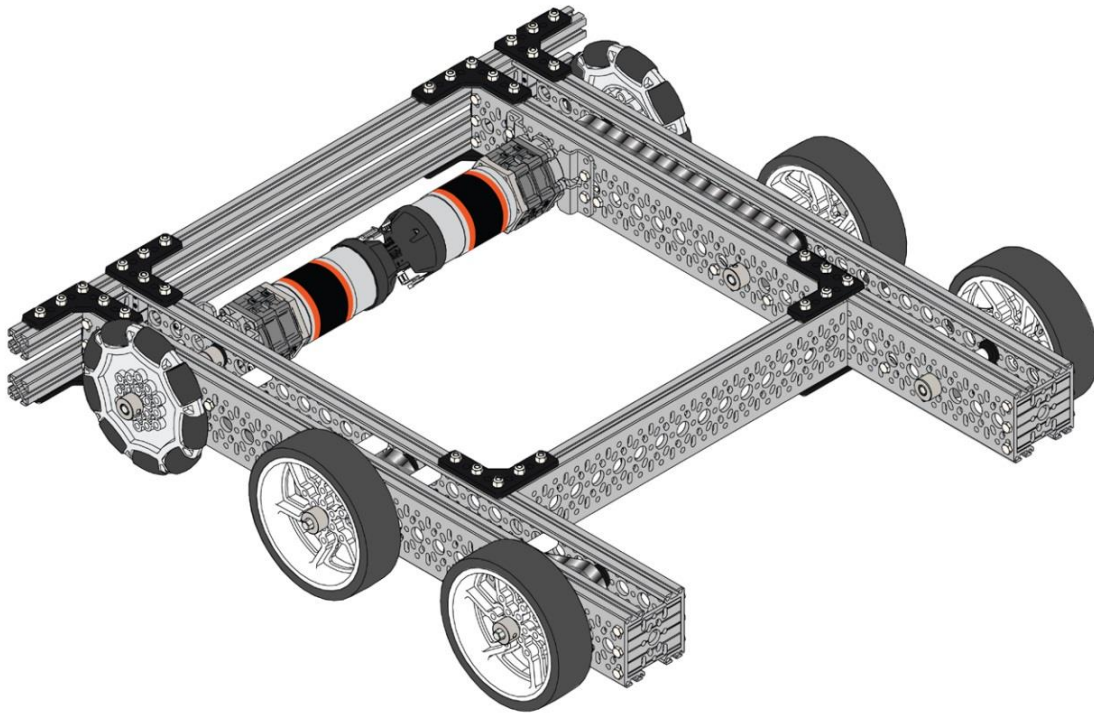
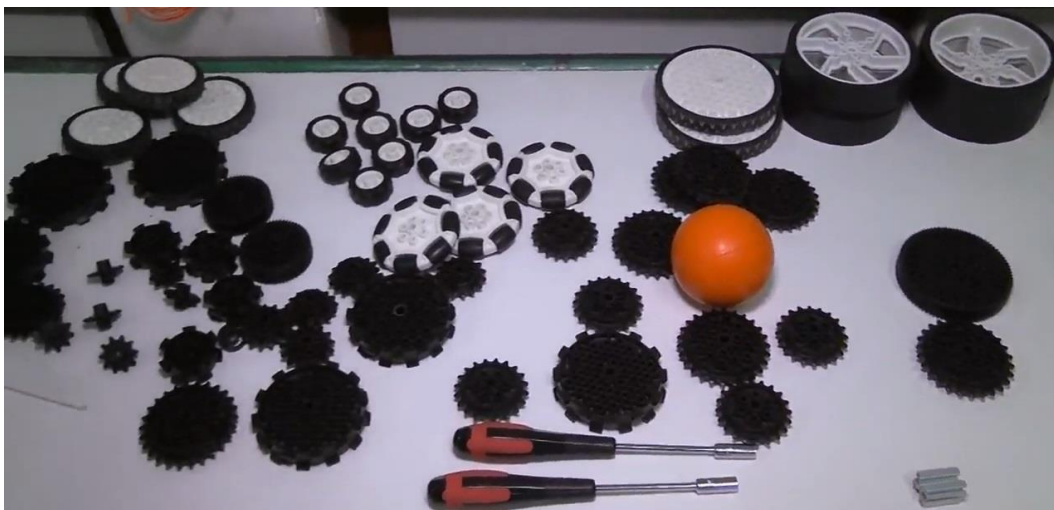
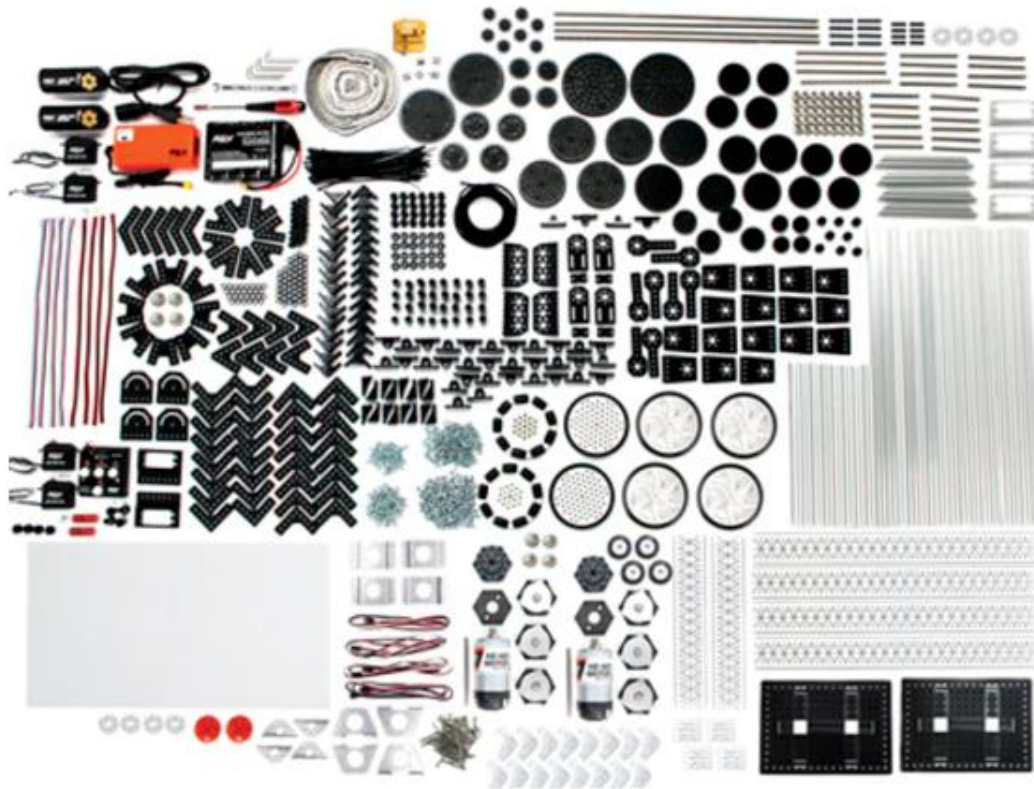


Imagen 23: Chasis.



Imágenes 24 y 25: Piezas estandarizadas.

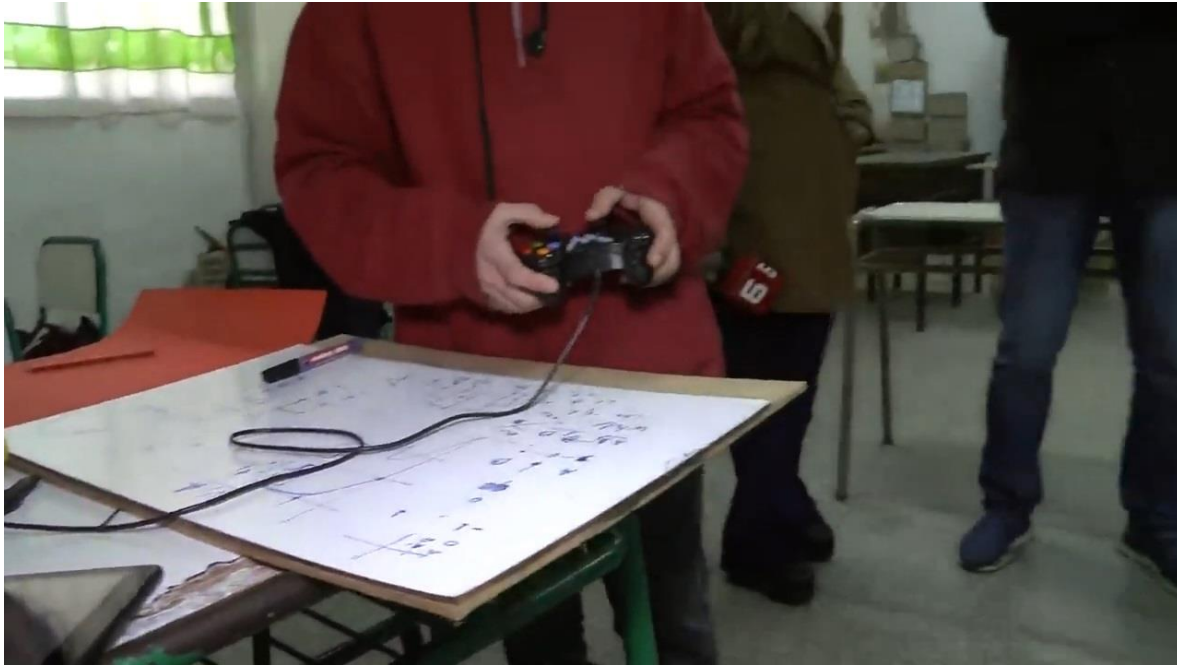


Imágenes 26 y 27: Piezas estandarizadas.

Para el control electrónico del hardware se utilizó un software o lenguaje de programación por bloques OnBotJava, dicho entorno viene cargado en un “HuB” junto a una Tablet y los controles a distancia. Para poder programar y luego manejar el robot, se crea una red wifi privada entre el “Control-HuB” y la Tablet y los controles se manejan por un joystick. El robot cuenta el "Control Hub" que es similar a un cerebro humano; se toman decisiones y se toman acciones basadas en el código almacenado en él, todos los actuadores y sensores están conectados al concentrador de control a través de los distintos puertos de entrada y salida (input-output).



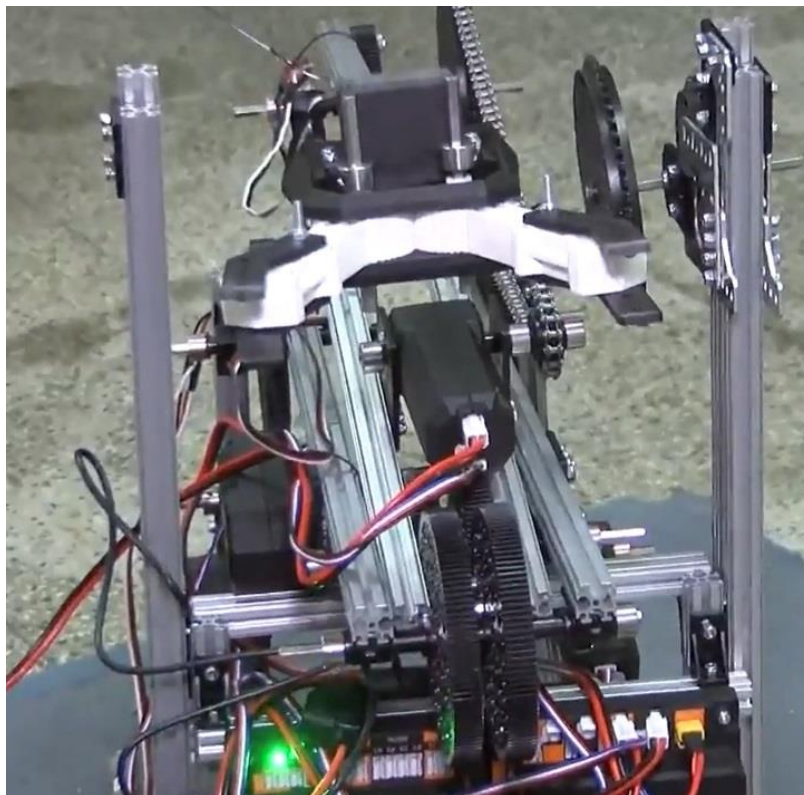
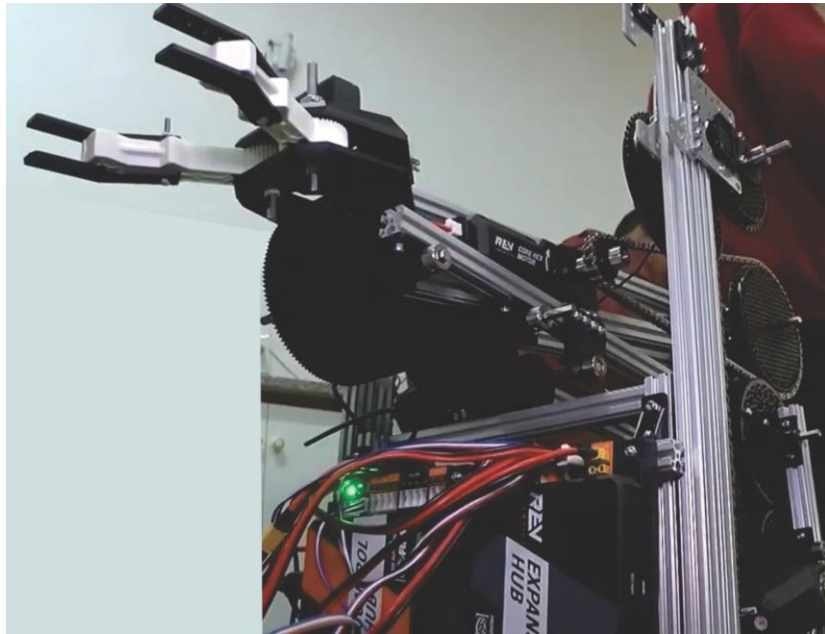
Imagen 28: HUB Control, Joystick, batería, cargador, cables, etc.

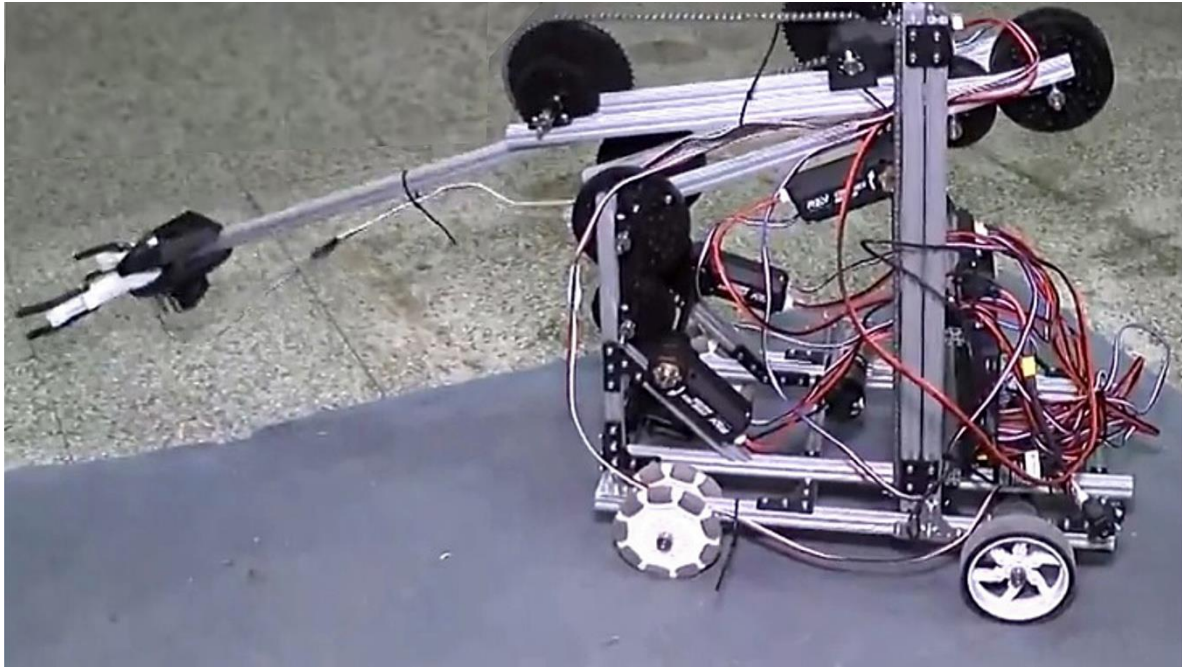


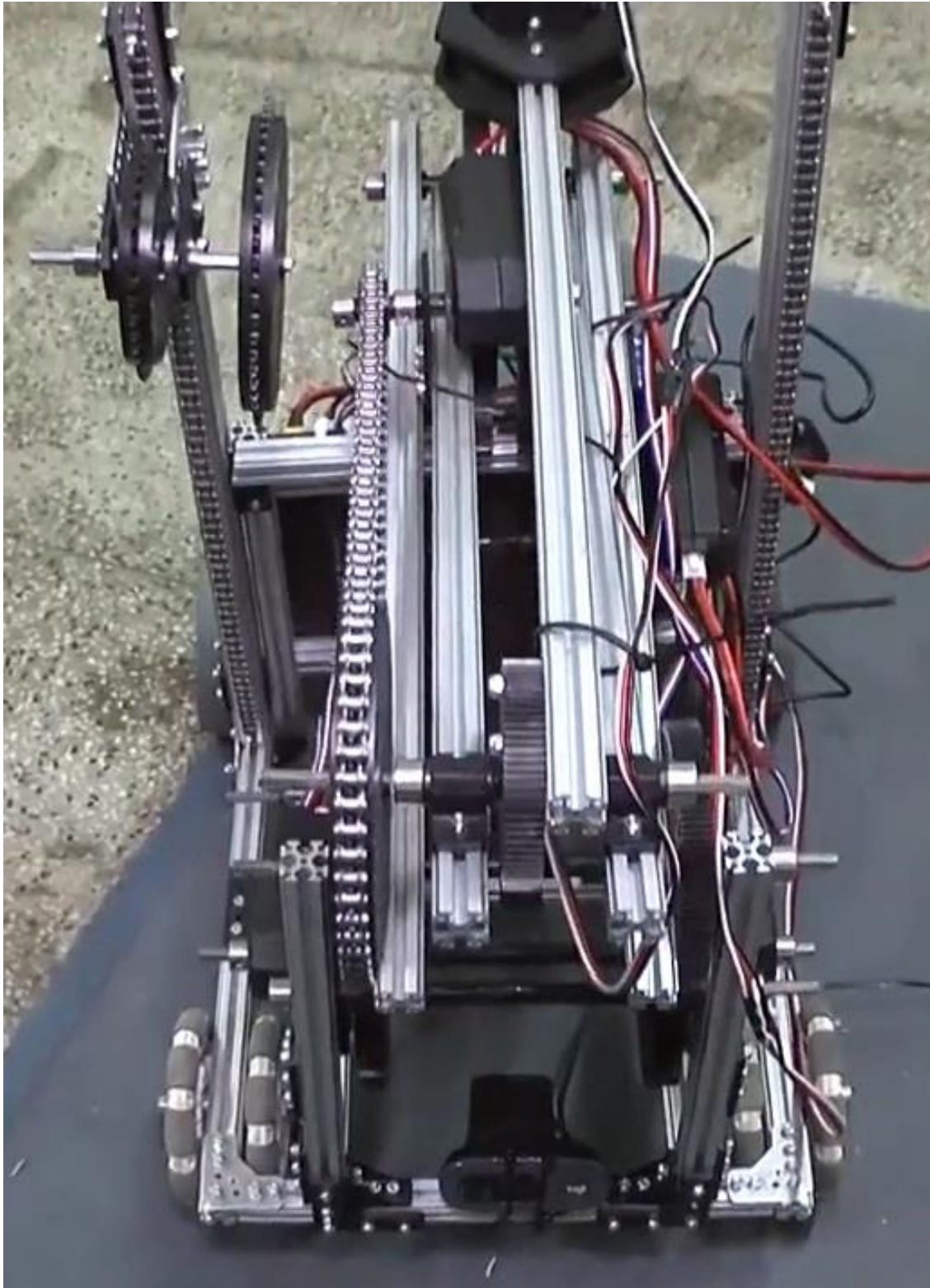
Imágenes 29 y 30: Alumnos programando en OnBotJava y operando el robot con el Joystick.

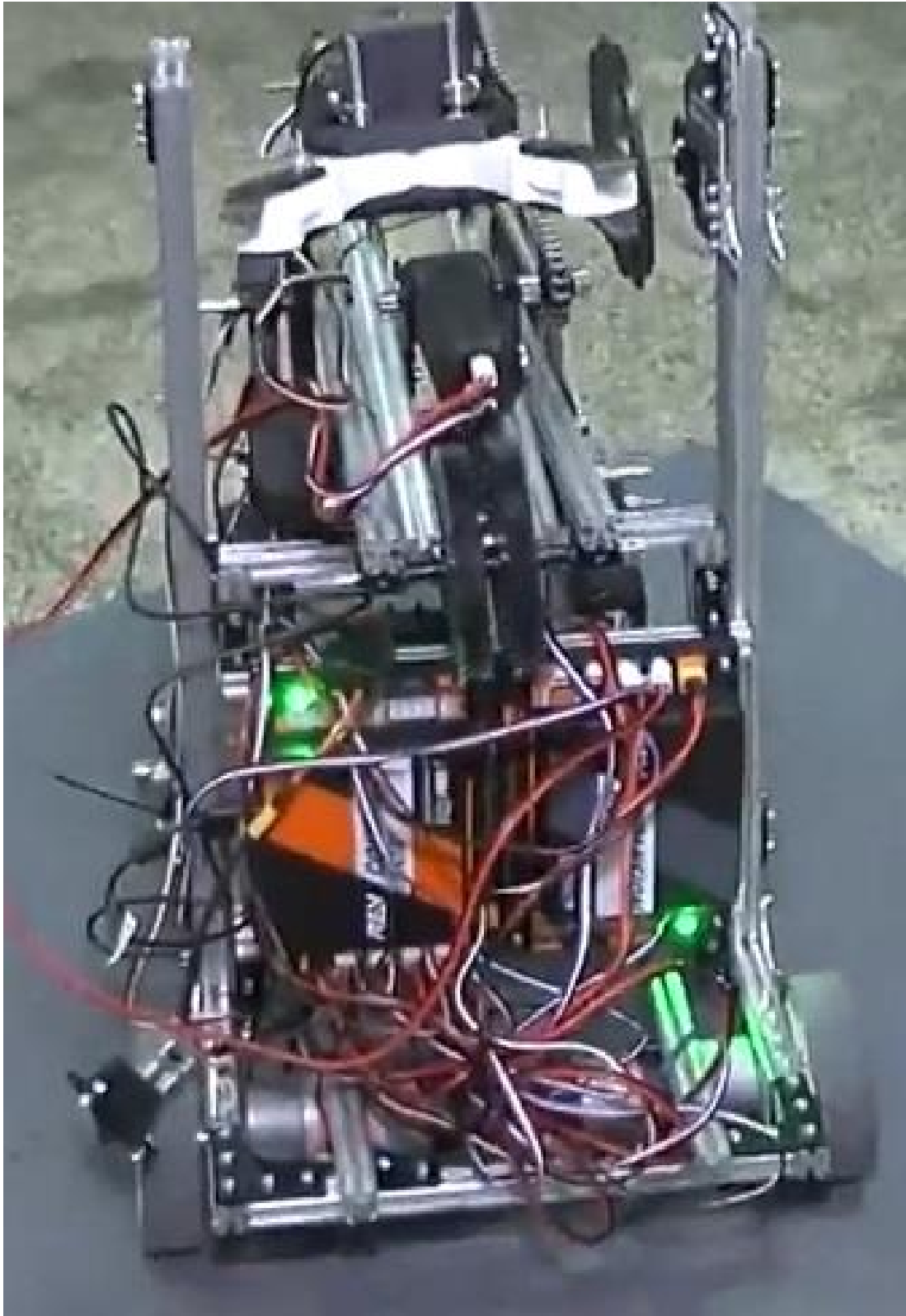
4. Fotos diversas del ROBOT-T2 construido en la E.E.T. N° 2.

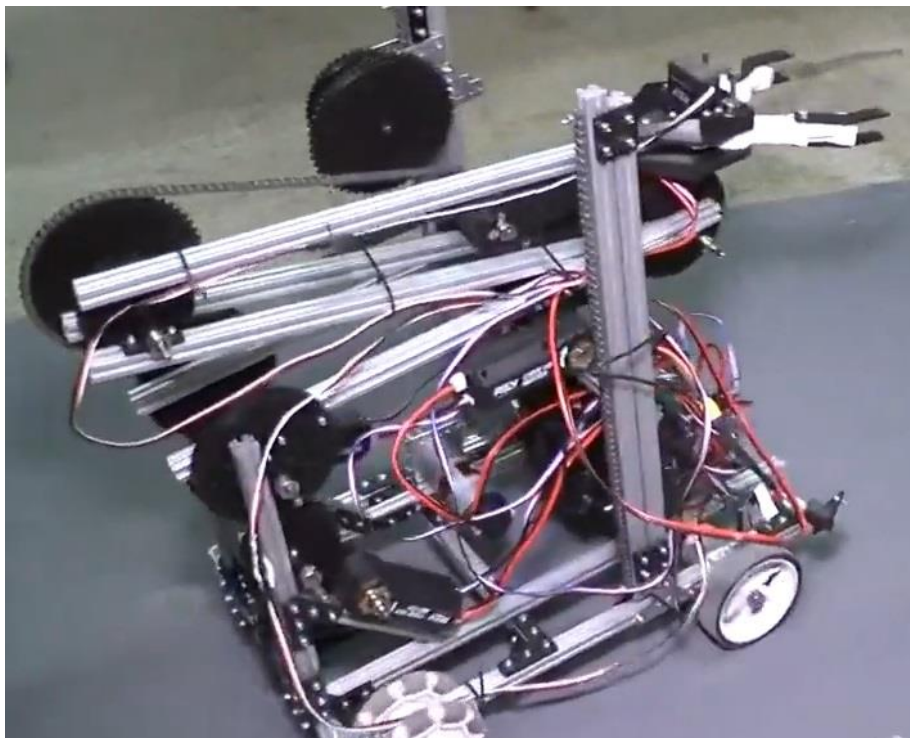
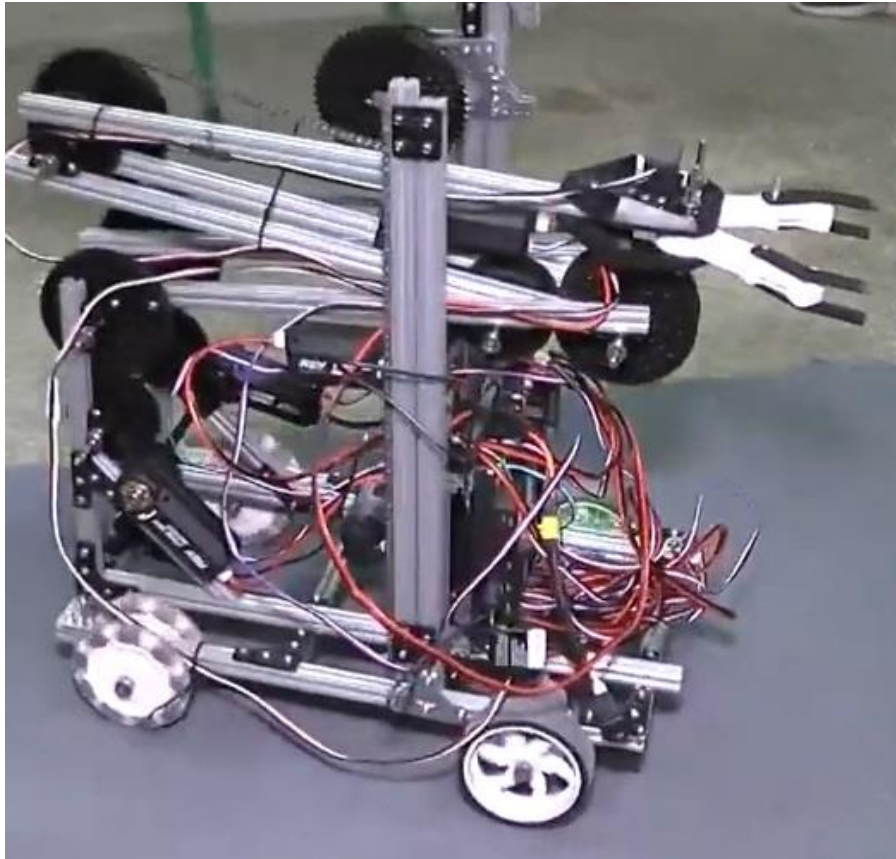
A continuación fotos de Robot-T2 desarrollado en la Escuela Técnica N° 2 “Independencia” de Concordia, Provincia de Entre Ríos.

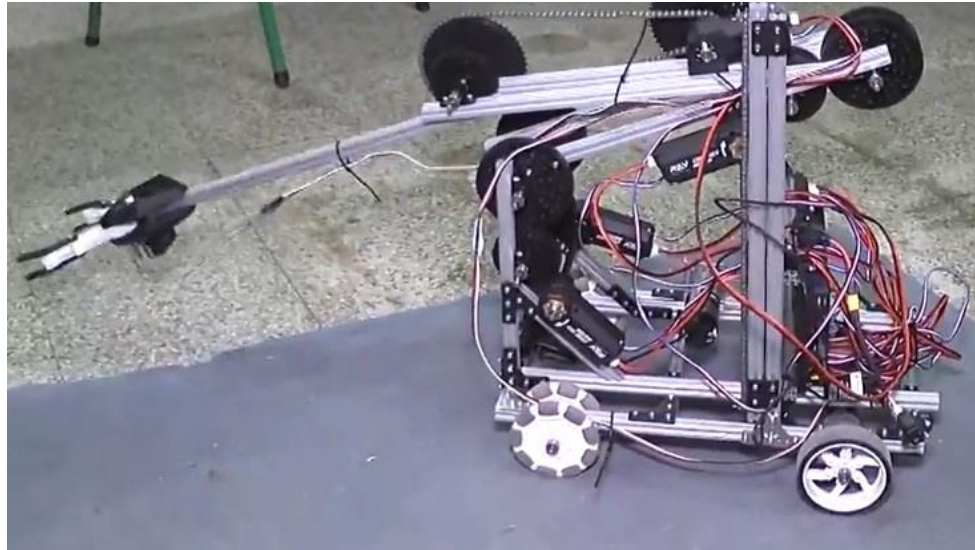
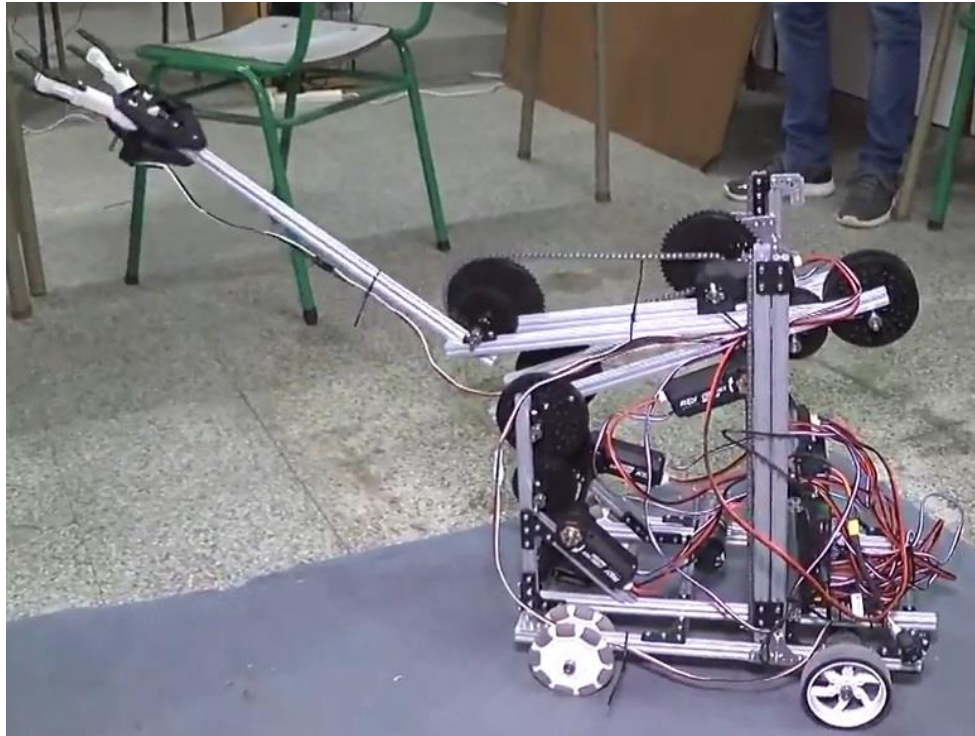


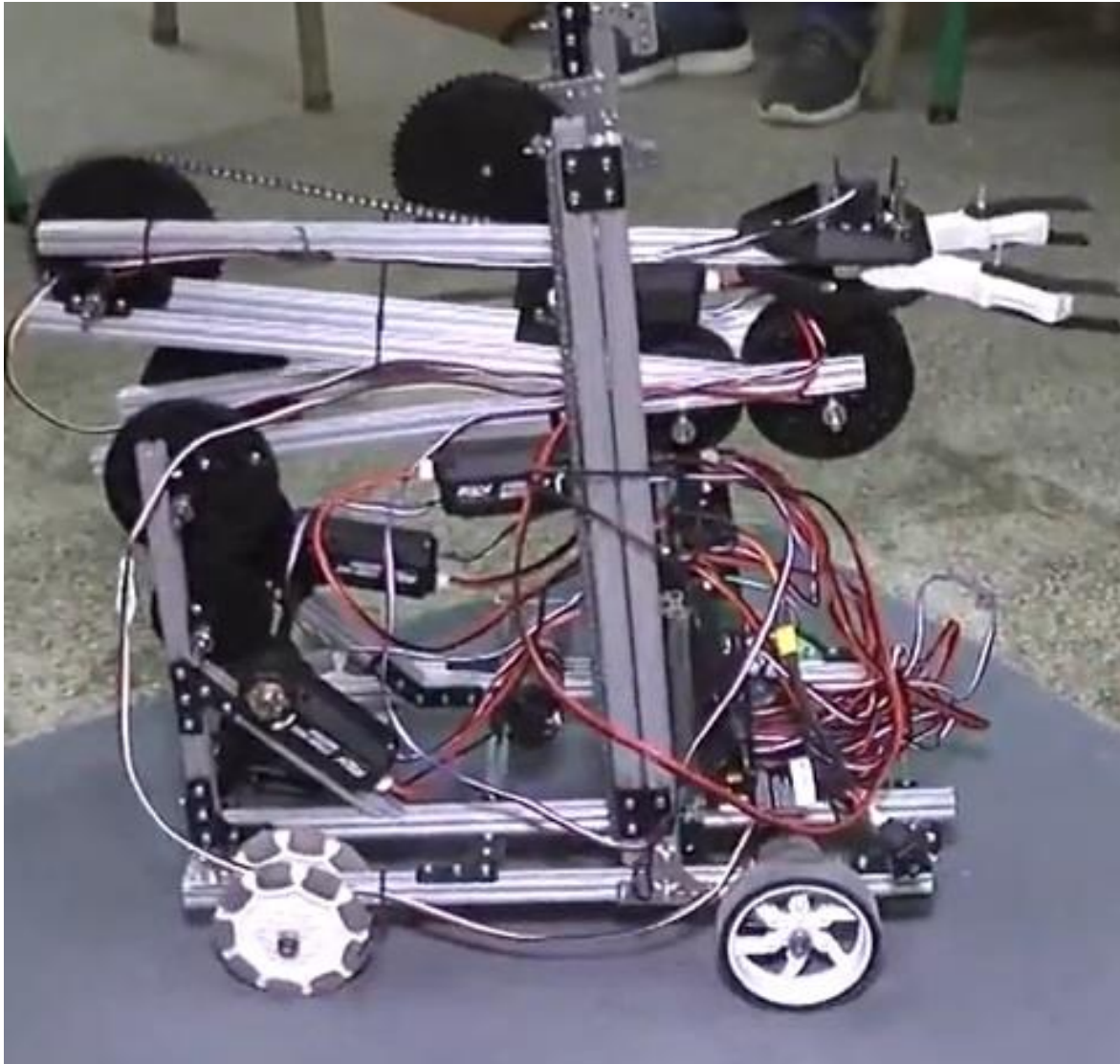












5. Conclusiones:

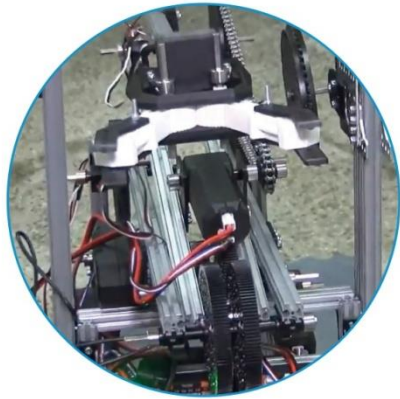
Robot-t2 es un robot educativo realizado por alumnos y profesores de la Escuela Técnica N° 2 “Independencia”, Concordia, Entre Ríos; con ayuda de la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la UNER (Universidad Nacional de Entre Ríos) y de la carrera de Diseño Industrial de la UNLP (Universidad Nacional de La Plata). Cumpliendo con los requerimientos de la especialidad de la carrera en computación de la Escuela Técnica, la programación y la robótica.

Fue presentado al Concurso Nacional INNOVAR 2022 del MINCYT (Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación). Fue seleccionado para su exposición y quedó en el catálogo de inventos y productos innovadores, en la categoría “Robótica + Inteligencia Artificial”.

Ver catálogo oficial, en la página n° 139 del siguiente link:

https://www.innovar.mincyt.gob.ar/catalogos/catalogo_innovar_2022.pdf

Con la siguiente imagen:




Robot-T2

ID-22961

Es un robot didáctico para fines pedagógicos y educativos.

 Ibar Federico Anderson: *federico.anderson@gmail.com*

 E.E.T. N° 2 "Independencia"

 Entre Ríos

Imagen 31: Captura de pantalla del catálogo digital del Concurso Nacional INNOVAR 2022 del MINCYT – Nación. Tecnópolis.

Esto demuestra el potencial de sus docentes, la capacidad técnica y tecnológica de la Escuela Técnica N° 2 y la creatividad de sus alumnos.

Por una educación 4.0 acorde a una Revolución Industrial 4.0.

Invitamos a ver el Video del Canal de Youtube del Canal periodístico “*Nueve Litoral*” (Ciudad de Paraná, Provincia de Entre Ríos), en el siguiente link:
https://www.youtube.com/watch?v=ISfcM9_mfyU

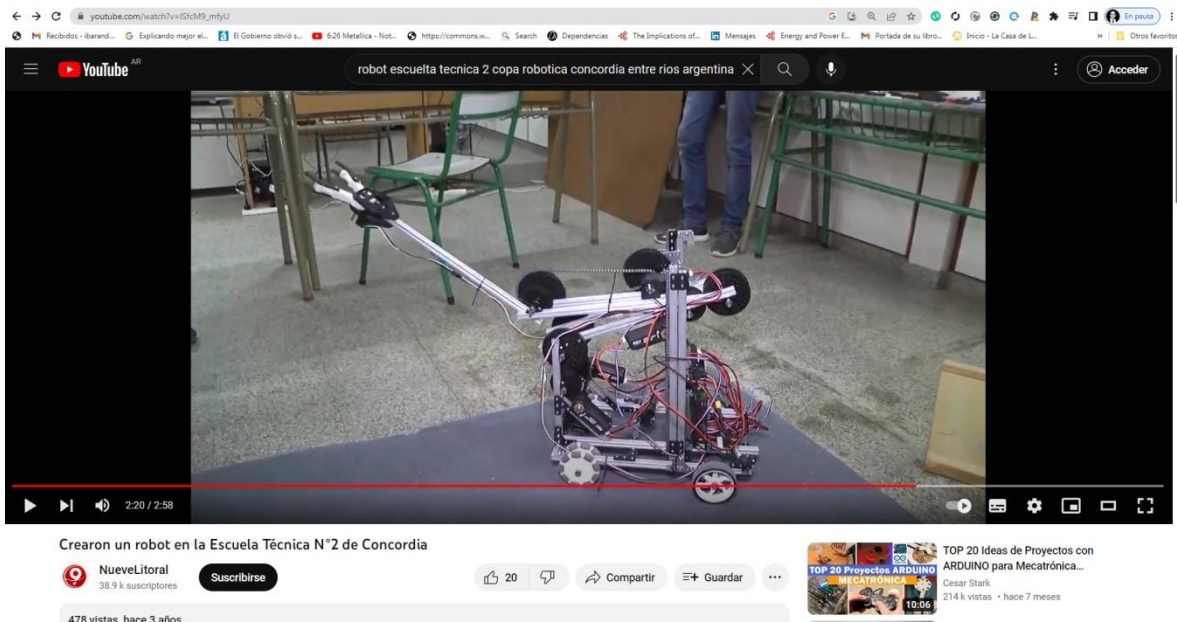


Imagen 32: Captura de pantalla de Youtube, del reportaje periodístico al Profesor Luis Ponti y alumnos. https://www.youtube.com/watch?v=ISfcM9_mfyU

6. Agradecimientos:

A la Sra. Directora de la E.E.T. N° 2 “Independencia” de Concordia, Provincia de Entre Ríos, Prof. Patricia Peña y su gestión del Equipo de Conducción. Por su confianza depositada en los Profesores de las diversas áreas de especialidad técnica de la Escuela. A todos (Docentes, Alumnos y Padres) que participan –de diverso modo- cada año en la Expo-Técnica-2; Expo que cada año se renueva, abierta a toda la comunidad educativa y la sociedad de la Ciudad de Concordia.

Muchas gracias a todos.

7. Bibliografía:

- Aguirre-Márquez, L. (2018). Fundamentos de mecatrónica. Madrid: Alianza.
- Aguirre-Márquez, A. (2017). Introducción a la mecatrónica. Madrid: Alianza.
- Akhloufi, M. A., Zahzah, E. H., & Tahiri, A. (2021). Robotics for handling industrial and dangerous applications: a review. *Robotics and Autonomous Systems*, 136, 103704. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103704>
- Anderson, I. F. “Mejoras de eficiencia energética (EE) en los motores monofásicos sincrónicos de 220 (VAC)/50 (Hz), tipo PMSM”. *Revista UIS Ingenierías*, vol. 18 (4), pp. 57-70, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n4-2019005> [En línea]. Recuperado de: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/9300/9869>
- Anderson, I. F. “Eco-turbina. Turbo ventilador eléctrico 220 (VAC)–50 (Hz), de bajo consumo: eficiente energéticamente”. *Innovación y Desarrollo Tecnológico y Social*, vol. 1 (1), pp. 1-28, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24215/26838559e001> [En línea]. Recuperado de: <https://revistas.unlp.edu.ar/IDTS/article/view/6270/7812>
- Anderson, I. F. “Diseño industrial mecatrónico y eficiencia energética (EE)”. IX Jornadas de Investigación en Disciplinas Artísticas y Proyectuales (JIDAP), FBA-UNLP, La Plata, Argentina, 2019, pp. 1-10. [En línea]. Recuperado de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/80838/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Anderson, I. F. “1° Premio Nacional INNOVAR 2021 de la Agencia Nacional I+D+I – MINCYT Nación: extractor de aire centrífugo, para ambientes contaminados con SARS-CoV-2, de alta eficiencia energética”. X Jornadas de Investigación en Disciplinas Artísticas y Proyectuales (JIDAP), FBA-UNLP, La Plata, Argentina, 2022, pp. 1-11. [En línea]. Recuperado de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/148463/Documento_completo.-ANDERSON.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Anderson, I. F. (2022). “Energy Efficient Centrifugal Air Extractor for Environments Contaminated With Sars-Cov-2 (Coronavirus). How to Build a Motor That Saves Electricity”. Preprints, pp. 1-31. DOI: <https://doi.org/10.31219/osf.io/gepbc> [En línea]. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/145958>
- Anderson, I. F. (2022). “Hertzian Motor: An Innovative Method to Obtain an Energy Efficiency of 90%, in Savings in Single-Phase Active Energy (Kwh), If The “Fan Law” Is Applied To PMSM-Type Synchronous Motors Without The Need to Apply The Use of Variable Frequency Drives (VFD)”. Preprints, pp. 1-58. DOI: <https://doi.org/10.20944/preprints202212.0319.v1> [En línea]. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/147431>
- Anderson, I. F. (2022). “Diseño industrial y electromecánico de un extractor de aire centrífugo de alta eficiencia energética para ambientes con Covid-19”. *Investigación Aplicada e Innovación I+i: TECSUP*; vol. 16, pp. 44-57. Recuperado de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/147583/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Anderson, I. F. (2023). Extractor de aire centrífugo energéticamente eficiente para ambientes contaminados con SARS-CoV-2 (Coronavirus). *Innovación y Desarrollo Tecnológico y Social*, vol. 4 (2), pp. 20-67, 2023. DOI: <https://doi.org/10.24215/26838559e032> [En línea]. Recuperado de: <https://revistas.unlp.edu.ar/IDTS/article/view/13271/13912>
- Arai, F., Matsuno, F., & Watanabe, K. (2015). *Biomechatronics*. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 20(1), 1-2. DOI: <https://doi.org/10.1109/TMECH.2014.2360441>
- Ceylan, H., & Dogan, S. (2018). Design and implementation of a low-cost mechatronics education set. *Mechatronics*, 49, 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2017.10.002>

- Chen, Y., Liu, H., Zeng, Z., & Huang, B. (2017). Dynamic modeling and analysis of a novel mechatronic gripper for automated drilling. *Mechatronics*, 43, 62-72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2017.03.001>
- Corke, P. (2011). *Robotics, vision and control: fundamental algorithms in MATLAB*. Springer. <https://hdl.handle.net/2027/heb.32632.0001.001>
- Craig, J. J. (2005). *Introduction to robotics: mechanics and control*. Pearson Prentice Hall. <https://hdl.handle.net/2027/heb.06745.0001.001>
- Dong, L., Yang, J., & Zou, J. (2021). Review on wearable robots. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 18(2), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1177/1729881421997694>
- Durán-García, A. (2006). *Programación de robots*. Madrid: Tecnos.
- Durán-García, L. (2009). *Programación de autómatas*. Madrid: Tecnos.
- Fernández-Gutiérrez, J. (2008). *Control numérico computarizado*. Madrid: Paraninfo.
- Fernández-Gutiérrez, R. (2011). *Mecatrónica industrial*. Madrid: Paraninfo.
- Fernández-Molina, M. (1999). *Mecatrónica*. Barcelona: Ediciones UPC.
- García-López, M. (2001). *Introducción a la automatización industrial*. Madrid: McGraw-Hill.
- García-López, M. (2005). *Introducción a la robotica*. Madrid: McGraw-Hill.
- González-Cruz, P. (1995). *Control de robot*. Madrid: Alianza.
- Hernández-Sánchez, D. (2003). *Fundamentos de robotica*. Barcelona: Ariel.
- Hernández-Sánchez, J. (2007). *Automatización y control*. Barcelona: Ariel.
- Kollar, I., Racz, J., & Gelle, E. (2020). Development of a mobile robot for transportation and loading of wood logs. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 17(3), 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1177/1729881419901044>
- Kaur, H., & Singh, K. (2020). A review of motion planning and obstacle avoidance techniques for autonomous mobile robots. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 98(1), 93-118. <https://doi.org/10.1007/s10846-019-01127-1>
- Kucuk, S. (2017). Design and control of autonomous underwater robots: a survey. *Journal of Marine Science and Engineering*, 5(4), 48. <https://doi.org/10.3390/jmse5040048>
- López-Gutiérrez, J. (1991). *Automatización y control de procesos*. Barcelona: Editorial Planeta.
- López-Jiménez, J. (2015). *Automatización industrial*. México DF: Síntesis.
- López-Jiménez, J. (2016). *Sistemas de control automático*. México DF: Síntesis.
- Martínez-Castillo, J. (1997). *Robotica industrial*. Madrid: Addison-Wesley.
- Moreira, A., de Faria, R. M., & Adamowski, J. C. (2020). Hybrid control applied to a mechatronic system: A study of fractional-order controllers. *ISA Transactions*, 100, 207-217. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2020.06.017>
- Nof, S. Y. (2003). *Handbook of industrial robotics*. John Wiley & Sons. <https://hdl.handle.net/2027/heb.06657.0001.001>
- Pérez-García, O. (2010). *Robótica industrial*. México DF: Pearson.
- Pérez-García, O. (2013). *Robótica aplicada*. México DF: Pearson.
- Rodríguez-Pérez, A. (1989). *Principios de robotica*. Madrid: Alianza.
- Rodríguez-Pérez, M. (2012). *Robotica aplicada*. Barcelona: McGraw-Hill.
- Rodríguez-Pérez, P. (2015). *Mecanismos robóticos*. Barcelona: McGraw-Hill.
- Rivas-López, C. (2019). *Autómatas programables*. Barcelona: Editorial Mundo Robot.
- Rivas-López, M. (2018). *Domótica y automatización industrial*. Barcelona: Editorial Mundo Robot.
- Samadiani, E., & Mojahedzadeh, R. (2021). Control of a 3-DOF cable-driven robot with elastic joints using virtual model control. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 102(2), 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10846-020-01289-5>
- Sánchez-González, A. (2020). *Introducción a la robotica*. Madrid: UNED.
- Sánchez-González, G. (2019). *Robotica avanzada*. Madrid: UNED.

- Sánchez-Rodríguez, L. (1993). *Autómatas programables industriales*. Madrid: Paraninfo.
- Shi, Y., Li, Y., & Song, Y. (2020). Review on cooperative and collaborative mobile robots. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 98(2), 195-216. <https://doi.org/10.1007/s10846-019-01142-2>
- Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2008). *Springer handbook of robotics*. Springer. <https://hdl.handle.net/2027/heb.07654.0001.001>
- Solano-Suárez, G. (2010). *Fundamentos de robótica*. Madrid: Pearson.
- Solano-Suárez, M. (2010). *Robótica y androides*. Madrid: Pearson.
- Spong, M. W., Hutchinson, S., & Vidyasagar, M. (2005). *Robot modeling and control*. John Wiley & Sons. <https://hdl.handle.net/2027/heb.07028.0001.001>
- Velásquez, J. D., & Kojima, F. (2019). Design of a two-wheel mobile robot with a pendulum-type mechanism for mobile manipulation tasks. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 95(3), 713-726. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10846-019-00994-2>
- Vicente-Hernández, F. (2013). *Mecatrónica industrial*. Barcelona: UPC.
- Vicente-Hernández, N. (2013). *Autómatas programables*. Barcelona: UPC.