Una Revisión Sobre la Evolución de la Robótica Móvil

José Guillermo Guarnizo Marin Ph.D¹, Daniela Bautista Díaz², Juan Sebastián Sierra Torres³

¹Grupo de Estudio y Desarrollo en Robótica GED, Facultad de Ingeniería Electrónica. Universidad Santo Tomás.
jose.guarnizo@usantotomas.edu.co

²Facultad de Ingeniería Electrónica. Universidad Santo Tomás. daniela.bautista@usantotomas.edu.co

³Facultad de Ingeniería Electrónica. Universidad Santo Tomás. juansierrat@usantotomas.edu.co

Resumen—La robótica móvil ha mantenido un constante avance en el último siglo, obteniendo importantes resultados que van desde simples autómatas bioinspirados, hasta el desarrollo cada vez más creciente en el campo de los vehículos autónomos, pasando por exploración espacial, así como una clara tendencia en el aumento de aplicaciones industriales, gracias a la mejora en el desarrollo de procesadores, sensores tales como cámaras y el aumento en la eficiencia de las baterías aplicadas en los robots.

En el presente documento se va a realizar una revisión sobre la evolución que ha tenido la robótica móvil desde una perspectiva histórica, partiendo desde sus orígenes hasta aplicaciones recientes en el campo de la industria y la salud, presentando una perspectiva de cómo los robots móviles se hacen cada vez más presentes en distintas aplicaciones.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la humanidad ha existido la tendencia de diseñar y construir máquinas capaces de realizar labores propias de los seres humanos, llevando con esto al diseño de robots que deben enfrentar ambientes peligrosos para o que puedan deteriorar la calidad de vida de las personas, realizando actividades que son inherentes al mismo ser humano. Las aplicaciones mediante robots móviles, como máquinas automáticas capaces de trasladarse en diversos ambientes, han tomado gran relevancia en la vida del hombre moderno y por supuesto, en el desarrollo científico. Un robot móvil se puede definir como una entidad computacional con la capacidad de moverse [1], que contiene tanto sensores que permiten obtener información de su entorno, como actuadores que facilitan su movimiento.

Los robots móviles se desarrollaron gracias a la necesidad de tener vehículos capaces de operar en diferentes ambientes. Por lo cual, estos dispositivos tienen la capacidad de realizar movimientos precisos sobre entornos no estructurados; la información que va recogiendo en su recorrido puede ser incierta y es procedente de sensores, mostrando el estado actual del vehículo. Se debe tener en cuenta que estos dispositivos son creados gracias a la gran evolución mecánica, sensorial y racional que se ha dado a lo largo de los años [2].

En el siguiente documento se va a presentar una revisión del estado del arte sobre la evolución histórica de los robots

móviles. En la sección II se presenta una revisión desde el punto de vista histórico. En la sección III se presentan distintas aplicaciones. En la sección IV se plantean algunas conclusiones sobre las futuras líneas de investigación en la robótica móvil.

II. REVISIÓN CRONOLÓGICA SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LOS ROBOTS MÓVILES

Leonardo Da Vinci fue uno de los primeros inventores que dio inicio al estudio científico de la máquina, donde se tiene en cuenta su codificación en un “lenguaje de inversión y su deconstrucción en elementos básicos de la máquina”, ya que se basaba en la evolución del conocimiento que fue originado en gremios y talleres. Uno de sus grandes inventos es el vehículo autopropulsado, el cual ayudó a avanzar con el diseño de los robots móviles [3].

En los años de 1939-1945, durante la segunda guerra mundial se construyeron dos armas alemanas, conocidas Misiles V1 y V2, los cuales fueron utilizados para el bombardeo de las ciudades que estaban en guerra. El misil V1 tenía muy poca potencia en el reactor, lo cual impedía que este pudiera despegar por sí mismo, con el fin de solucionar este problema se utilizó un sistema de catapulta para su lanzamiento logrando acelerar hasta 320 Km/h. El misil V2 fue el primero creado de largo alcance, precursor de los cohetes modernos que se utilizaron en programas espaciales norteamericanos y soviéticos, de donde se obtuvieron las primeras imágenes de la tierra desde el espacio [4].

Entre 1948 y 1949 W. Walter Grey construyó un robot llamado como “Máquina Speculatrix” o también conocidas como “Tortugas”, presentado en la Figura 1. Este dispositivo realizaba 3 comportamientos de forma autónoma, uno de ellos es pasar obstáculos de forma torpe, el segundo es volver a su madriguera o también conocida como lugar de reposo, su tercer comportamiento era recargar sus baterías antes de que se agoten su energía. Se debe tener en cuenta que la tercera habilidad de este robot es la más atrayente ante los espectadores, ya que recargar las baterías por sí solo los convierte en dispositivos potencialmente autónomos, siendo independientes hasta de su propio creador, esto es lo que más llama la atención de estos dispositivos ya que se menciona que “el profesor Walter podría morir y siempre que hubiese

corriente eléctrica, las tortugas seguirán funcionando” [5].

Figura 1. Robot tortuga de Gray Walter [5].

Los avances tecnológicos son principalmente para ayudar y facilitar las tareas a los seres humanos, es por esto que en 1969 surgió la idea de crear cortadoras de césped robóticas, desarrollando el primer cortacésped comercial llamado “Mowbot”. Este elemento es un producto innovador, siendo automático a la hora de cortar con una gran precisión en cada uno de sus cortes, este dispositivo también es considerado virtualmente libre de mantenimiento, con un alcance de 7,000 pies cuadrados [6].

Por otro lado, en la década de 1970, la Universidad de Stanford comenzó con la elaboración de los primeros robots con inteligencia artificial, el primer diseño fue llamado “Shakey”. Este dispositivo estaba compuesto con ruedas en su base, sensores de golpes de bigotes de gato y una barra de empuje, en su centro estaba toda la caja electrónica que consta de una unidad de control de cámara y una computadora, mientras que en la parte superior del robot tenía una cámara de televisión, con una antena para comunicación radio bidireccional. Los diseñadores de software de “Shakey” programaron al robot para que evitara chocar contra paredes y bloques, podían navegar por rampas y puertas, entre otras funciones. Dicho dispositivo tenía incluido en su base de datos un mapa de la habitación donde se encontraba principalmente y seguía su posición de una forma bastante precisa, realizando un conteo de las revoluciones de cada una de las ruedas, si dicho conteo no llevara al robot a la ubicación prevista, se usaría la cámara de televisión para buscar puntos de referencias y con el fin de corregir la localización [7].

En la misma década de 1970 la Unión Soviética desarrolla el robot “Lunokhod 1”, uno de los primeros vehículos con control remoto que pisó la luna el 17 de noviembre de 1970. El dispositivo fue diseñado con ocho ruedas, tenía una longitud de 2.22 metros, 1.60 metros de ancho y pesaba 756 kilogramos. Lunokhod exploró la luna ampliamente por casi un año de

actividad, con más de 10 kilómetros de recorrido y con una capacidad de transmitir más de veinte mil imágenes, el robot era teledirigido desde la tierra. Una parte importante de esta misión era la utilización de un reflector láser diseñado y construido por especialistas, lo cual permitió obtener medidas de la distancia entre la tierra y la luna con una mayor exactitud [8]. Seis años después del lanzamiento de “Lunokhod 1” en 1976 la NASA envía dos naves espaciales no tripuladas a Marte, en su programa llamado “Viking”. El objetivo principal de estas naves era buscar señales de vida en dicho planeta. Con cada misión se tenía una sonda orbital con la que se podía fotografiar la superficie marciana y actuaba como un apoyo en las comunicaciones entre la tierra y la sonda de las naves Viking, los datos encontrados por señalaron la detección de la respiración microbiana en Marte, sin embargo el experimento de análisis molecular no pudo detectar la materia orgánica, es por esto que la NASA podría suponer que “se había encontrado una sustancia que imita la vida”, pero que sin embargo no era la vida [9]. En 1977 el proyecto Voyager fue diseñada para aprovechar la alineación de planetas que se dio a finales de los años setenta entre Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Esta nave espacial tenía una trayectoria de vuelo que permite navegar de un planeta a otro sin tener la necesidad de emplear grandes sistemas de propulsión, donde se debe tener en cuenta que el vuelo sobre cada uno de los planetas modifica la trayectoria del dispositivo y aumenta la velocidad lo necesario con el objetivo de que llegue al siguiente destino. Estas naves fueron lanzadas el 20 de agosto de 1977, realizando estudios sobre Júpiter, Saturno y las lunas más grandes de los planetas. Sin embargo, las naves fueron reprogramadas para que obtuvieran mayores capacidades de las que tenían cuando se fueron de la tierra [10].

En 1972 se inicia el desarrollo de los robots humanoides, a partir de la elaboración de los exoesqueletos, la primera versión de estos elementos fue diseñados para la rehabilitación de personas discapacitadas como distrofia muscular, parapléjicos y similares, buscando cubrir los principios y conceptos básicos del control en la robótica humanoide [11]. Estos elementos estaban constituidos por una alimentación neumática y electrónica programada, dicho dispositivo fue llamado “Miomir Vukobratovic”. El exoesqueleto fue realizado y probado en una clínica ortopédica de Belgrado, este fue entregado al Instituto de Traumatología y Ortopedia en Moscú como cooperación científica, tecnológica y con gran desarrollo para la parte de la medicina. Se entiende que dicho elemento fue desempeñado principalmente para diagnosticar, observar el funcionamiento y trabajar en nuevos diseños que ayuden con el desarrollo de ortopédicos activos, este dispositivo utilizaba motores como actuadores, siendo estos unos de los dispositivos más importantes, así como se utilizan actualmente en el desarrollo y elaboración de robots humanoides [12].

En el año de 1980 se diseñó y elaboró el robot llamado “RB5X”, el cual consta de una base motorizada, su sistema de energía estaba compuesto por baterías recargables, contiene varios sensores para ayudar con su desplazamiento y por último este está compuesto por un brazo opcional que tenía la capacidad de realizar un levantamiento aproximadamente de una libra. Los desarrolladores de Software del dispositivo

RB5X, realizaron un trabajo adecuado lo cual hizo que con su programación el robot mantuviera su correcto funcionamiento a la actualidad, tanto así que estos todavía están en el mercado, ya que son normalmente utilizados para entregar objetos, regalos, cartas, entre otros [13]. La primera actualización de una computadora IBM con su propio mecanismo de hardware y software fue creada en 1983 por Stevo Bozinovski y Mihail Sestakov, siendo la herramienta principal para controlar los robots móviles mediante programación paralela, utilizando el sistema multitarea de la computadora IBM Series/1. Estos dispositivos fueron diseñados como computadoras de laboratorio y creados principalmente para el desarrollo en la robótica móvil, en aplicaciones como fuentes de moduladores, procesamiento de señales y como unidad para el manejo de entradas, y salidas analógicas [14].

En los años noventa surgen los primeros robots móviles con la capacidad de movimiento de estructuras donde el conocimiento es incierto, ya que este solo cuenta con elementos que le brindan información del terreno en el que se encuentra. Es por esto que el creador del brazo robótico industrial Joseph Engelberger, trabaja en el diseño de los primeros robots móviles autónomos que ayudan con funciones básicas en hospitales, donde tiene como labor principal realizar servicio de mensajería móvil autónomo para el transporte de materiales [15], presentando uno de los primeros robots totalmente autónomo capaz de llevar entregas entre departamentos de los hospitales y estaciones de enfermería. El sistema de control para dicho dispositivo es un concepto jerárquico, para la planificación de redes de navegación, el robot evita personas u otros objetos, la planificación de la ruta se realiza mediante un gráfico de búsqueda en la base de conocimientos que se tengan guardados, ya que, si el robot encuentra algún obstáculo en la ruta planificada, este será redirigido con la base de conocimientos de topografía guardada.

Edo Franzi, André Guinard y Francesco Mondada diseñaron y construyeron a “Khepera”, un pequeño robot móvil autónomo destinado a actividades de investigación y con el objetivo de observar la evolución de los controladores neuronales que ayudan a que el robot pueda evitar obstáculos robustos, diseñando controladores para este propósito en condiciones de luz media [16], el robot cuenta con un volumen menor a una pulgada cúbica, está compuesto con un procesador de referencia 68HC11, ruedas controladas por motores de corriente continua con reductores integrados, sensores infrarrojos, su fuente de energía son baterías de reloj y tiene resistencia mecánica relativa gracias a su pequeño tamaño. Con los elementos mencionados anteriormente se pudo demostrar un comportamiento para evitar obstáculos.

En 1994 se diseñaron los vehículos gemelos de nombres robot VaMP y VITA-2, los cuales fueron creados con el objetivo de definir cuál era el mejor para recorrer más de mil kilómetros en una carretera de tres carriles de París en tráfico pesado estándar a velocidades de hasta 130 km/h. Este proyecto tuvo origen en la Universidad de Carnegie Mellon, sus creadores utilizaron un enfoque basado en visión artificial [17].

Entre 1996 y 1997 la NASA envía el Mars Pathfinder con

su Rover Sojourner a Marte. El Rover explora la superficie, ordenada desde la tierra, teniendo en cuenta que el trabajo principal de estos dispositivos era capturar imágenes multicolores de la cámara planetaria de campo ancho tanto para el Rover como para Mars [18].

Desde 1999 hasta 2006, la marca Sony presenta al mercado a “Aibo”, un perro robótico capaz de ver, caminar, interactuar con su entorno y a su vez tener una apariencia real [19]. Con la creación de este dispositivo se buscó representar la integración de dos áreas de investigación, la primera relacionada con la parte de las interfaces de voz y el impacto social a la tecnología informática, la segunda área relacionada con artefactos computacionales sin vinculación a las personas con un mundo físico y con relación a la realidad aumentada. Sin embargo, al unir las dos áreas de investigación nombradas, con el uso de la computación para integrar las personas interactivas en artefactos físicos, los robots personales representan una nueva generación para la interacción humano-computadora. Es por esto que Sony diseña a un perro robótico, para poder hacer que interactúen una persona razonable y una computación sofisticada. Para lograr este objetivo, existen varios elementos y factores que son necesarios a tener en cuenta, como sensores que ayudan a que el robot detecte distancias, la aceleración, la vibración y la presión. El robot posee partes móviles de la estructura morfológica de un perro (boca, cabeza, orejas, piernas, cola, entre otras), el diseño mecánico permite un total de veinte grados de libertad, activándose según la detección de cada sensor, esto permite comportamientos como si se le toca suavemente la cabeza al robot este se puede comportarse de una manera distinta a si se presiona bruscamente [20], una imagen de este robot es presentada en la Figura 2.

Figura 2. Robot Aibo diseñado por Sony [21].

Como se ha mencionado anteriormente los avances tecnológicos se han desarrollado de una manera bastante notoria, al punto que se pueden diseñar y crear robots emulando estructuras o comportamientos de animales, en este caso en el 2001 se dio inicio al proyecto Swarm-bots o también conocidos como S-bot, diseñando sistemas multi-agentes con estructuras de insectos [22].

En el año 2002 ya se empiezan a observar implementaciones de robots para la domótica, es por esto que parece “Roomba”, un robot móvil autónomo doméstico que limpia el piso. Roomba es la primera aspiradora automática comercial, donde se aplicaron algoritmos de mapeo y localización en aplicaciones domésticas, de igual manera se busca la alternativa de adaptarlos a diferentes superficies, con

el objetivo de limpiar una habitación donde fue desarrollado un patrón de movimiento más eficiente y con un sistema de recarga óptima [23].

Como se ha mencionado a lo largo del documento existen robots que han ayudado a los estudiantes con el desarrollo de sus habilidades y conocimientos, siendo esta una de las aplicaciones del robot “Nao”, este dispositivo es ampliamente utilizado por universidades de todo el mundo como plataforma de investigación y herramienta educativa, ya que este está diseñado para desempeñarse en diferentes áreas de interés, un ejemplo de esto y el más importante es que fueron utilizados principalmente para el cuidado de niños autistas [24]. Después de años de investigación el robot Nao es capaz de tener un mayor nivel de interacción entre usuarios, esto gracias a que tienen una mayor potencia informática, una mayor estabilidad y una mayor precisión en su sistema, brindando nuevas posibilidades para la investigación. En el año 2013 se presenta “Poppy”, el primer robot humanoide de código abierto basado en impresión 3D, con patas diseñadas para la locomoción bípeda, mide 84 cm, pesa 3.5 kg y aloja 25 actuadores inteligentes. Lanzado en octubre de 2013, este robot fue diseñado con el objetivo de realizar un estudio más profundo acerca de la robótica humanoide [25]. En el año 2014, se diseñó y se creó a “Pepper”, este es un robot semi-humoide fabricado por SoftBank Robotics (anteriormente Aldebaran Robotics), diseñado con la capacidad de leer emociones. Fue presentado en una conferencia el 5 de junio de 2014 y se exhibió en las tiendas de teléfonos móviles SOFTBANK MOBILE en Japón a partir del día siguiente. Este dispositivo se ha convertido en recursos instrumentales para las empresas en los Estados Unidos, este robot ha sido orientado especialmente a la robótica social, en particular a la atención de clientes en recepciones y lugares comerciales, optimizando las operaciones y facilitando el aprendizaje para estos. Sin embargo, Pepper no es solamente utilizado para el funcionamiento o apoyo de las empresas, sino también para fines educativos, ya que este tiene un gran nivel tecnológico, donde los estudiantes y docentes pueden explotar sus conocimientos y habilidades [26], en la Figura 2 se puede ver una foto del robot Pepper en las instalaciones del laboratorio de robótica de la Universidad Santo Tomás.

Por otro lado, en el año 2016 se diseñó el robot humanoide llamado “Sophia”, diseñado con rasgos femenino, Sophia tiene componentes animatronicos que le permite recrear gestos sutiles, con capacidad de adquirir de atributos generales de los seres humanos [27]. Sophia es un robot humanoide social desarrollado por la empresa con sede en Hong Kong Hanson Robotics. Sus creadores ven a Sophia como el mejor robot para tener ocupaciones de asistencia social, ya que tiene características que permiten reconocer y saludar a las personas por su nombre, mantiene una conversación normal, rastrea las expresiones faciales de los humanos, entre otras características [28]. Desde el año 2013 la empresa ARGOS organizó un desafío, donde se buscaba la creación de robots para trabajar en condiciones extremas en instalaciones de petróleo y gas a nivel del mar, con el objetivo de diseñarlo para que sea capaz de llevar a cabo tareas que requieran mucho tiempo, detectar anomalías e inspección de equipos, y con esto facilitar

operaciones peligrosas para los operadores. Para dar solución al desafío planteado se diseñaron robots autónomos operándolos desde plataformas de petróleo y gas, debido a que estos solo necesitan de intervención humana para su mantenimiento durante períodos cortos y programados [29].

Figura 2. Robot Pepper.

III. APLICACIONES DE LA ROBÓTICA MÓVIL

El uso de diferentes robots colaborativos móviles en el campo de la industria, continúa siendo una forma relativamente nueva donde se pueden ejecutar diferentes tareas haciendo más fácil el trabajo a los seres humanos, debido a que se están desarrollando robots industriales inteligentes con diversos grados de autonomía, obteniendo una nueva división de tareas entre humanos y robots [30], ya que estas son máquinas realizan varias funciones a través de sus propias capacidades de potencia y control, los cuales pueden ser guiados por humanos, ejecutarse de acuerdo con programas preestablecidos, aunque también tiene la capacidad de planificar y ejecutar acciones basadas en principios establecidos desde la inteligencia artificial [31]. Algunos de los robots móviles que se han diseñado y elaborado a lo largo de los años son las que se presentan a continuación.

Una de las aplicaciones que se han logrado de los robots móviles, son aquellos que están elaborados con un control modular que permite realizar tareas de manipulación en diferentes entornos, es por esto que, en el año 1996 en el laboratorio de robótica de la Universidad Jaume I de España, se implementó un dispositivo con una plataforma móvil, un brazo articulado con pinza, diferentes tipos de sensores, junto a un

sistema de control para regular la fuerza y velocidad de dicho robot. Una de las mayores complicaciones que se tuvieron con el diseño del robot ha sido el tema del agarre que se debe tener para la pinza del brazo, ya que este debe tener una cierta precisión y fuerza en cada movimiento para que pueda dejar y coger algún objeto. En su arquitectura también se encuentran diferentes módulos de acción y percepción para que el robot percibe y actúa según sea necesario [32]. Es por esto que las industrias 4.0 (Cuarta revolución industrial) han diseñado e implementado robots conocidos como “Co-Bots” los cuales tienen las mismas características mencionadas anteriormente, pero más livianos, más flexibles, es más fácil su programación, ofreciendo diferentes capacidades informáticas para un trabajo seguro y por último estos tienen una gran movilidad que hace más fácil su movimiento por la fábrica [33].

En el año 2006 Neobotix MM-500, creó un manipulador móvil el cual fue construido con un brazo robótico montado en una plataforma móvil, el sistema de manipulación que se implementó ofrece como se mencionó anteriormente una plataforma móvil con un espacio de trabajo para dicho manipulador, ya que tiene más grados de libertad en la plataforma. Para este dispositivo se utiliza un software que permita planificar las trayectorias, donde el algoritmo creado hace uso del concepto de manipulabilidad extendida para restricciones externas al robot como los diferentes obstáculos que se pueden encontrar [34]. Avances como el acá comentado pretenden ayudar a que los seres humanos ya no estén en secciones de trabajos peligrosas, uno ejemplo de esto puede ser los robots que se utilizan para la manipulación de un artefacto explosivo o para la manipulación de materiales radiactivos, también se debe tener en cuenta que estos también se pueden clasificar en robots aéreos de vigilancia [35].

Para el año 2013 UBR-1 Unbounded Robotics, logró un gran avance tecnológico en Estados Unidos. Diseñaron robots combinando la movilidad y la manipulación para crear dispositivos que puedan ejecutarse como un trabajador humano, teniendo en cuenta que estos fueron planteados con las especificaciones de los investigadores y las empresas en donde se van a probar, el UBR-1 viene prediseñado para futuros cambios según las necesidades del usuario. Entre sus habilidades consta en que se puede acceder fácilmente a los puertos de la computadora en un panel lateral, con esto también es necesario tener en cuenta que ellos tienen un rango más amplio de movilidad, con una gran duración de la batería, también puede navegar e interactuar con objetos: Este robot está diseñado para que sea más fácil su mantenimiento y reparación. Los robots UBR-1 han sido utilizados en empresas para cumplir tareas simples y extender la movilidad, pudiendo ser utilizados por personas mayores que permanecen solas, ayudándoles con la movilidad, así como también para alcanzar o recoger objetos, entre otras aplicaciones [36].

El robot móvil LD-250 de Omron creado en 2019, es capaz de levantar cargas de hasta 250 kg. Este robot es utilizado a nivel industrial no solo por su capacidad de carga sino también por su autonomía, por lo que puede usarse para transportar componentes de automóviles grandes, con el objetivo de optimizar el sistema autónomo de transporte de materiales pesados, ya que tiene la suficiencia de tener diferentes cargas

útiles, mediante la gestión del tráfico, la gestión de la batería y navegación de vehículos. Este dispositivo fue diseñado con el objetivo aumentar la productividad en las fábricas y mejorar la rentabilidad de la producción a nivel industrial [37].

En relación con el campo de la medicina, fue diseñando un robot autómatas que entrega de medicamentos en hospitales, de igual forma ayuda con los servicios a los pacientes, así como realiza algunas funciones de enfermería en procedimientos quirúrgicos [38]. El diseño de esta máquina es de aproximadamente 1.75 metros de altura, tiene sonidos, luces y es completamente programable. Como se mencionó anteriormente estos robots son utilizados en hospitales, mientras se movilizan van emiten un sonido suave ocasionalmente con el objetivo de avisar que está alrededor, ya que tiene la capacidad de detectar obstáculos y personas en su entorno, o área de trabajo. Son utilizados principalmente para entregar medicamento, limpiar las camas, recoger los residuos de las comidas y una de las características más importantes es que cada robot tiene la capacidad de viajar más de 12 millas por día sin necesidad de ser recargado [39]. Distintos trabajos de robótica han sido enfocados en desinfección en instituciones médicas, contribuyendo de una manera simple, rápida y eficaz a la esterilización en salas de clínicas y hospitales [40]. El sistema robótico Da Vinci fue diseñado para el campo de la medicina, con el objetivo de expandir las capacidades de los cirujanos y permitir cirugías complejas utilizando un enfoque mínimamente invasivo [41].

Una de las aplicaciones más interesantes en el diseño de dispositivos electrónicos es la creación que Marc Raibert lanzó al mercado en el 2019 la cual fue llamada “SpotMini”, diseñado con objetivos recreativos, ya que este dispositivo puede hacer las veces de mascota robot [42]. Según su creador este es uno de los robots más silenciosos que han construido, pesa alrededor de 14 kilogramos, tiene una velocidad máxima de 1.6 metros por segundo, contiene 12 motores en sus patas, cámaras de 360 grados para evitar y detectar obstáculos, tiene dos puertos para la recarga de energía, protección contra la lluvia, el polvo y la humedad, posee una autonomía de aproximadamente 90 minutos. Este dispositivo utiliza un modo de navegación autónomo donde actúa con la curiosidad que tiene un animal real, lo cual fue bastante asombroso para los espectadores, donde también pudo dar un gran giro en el mercado ya que este es uno de los robots con características bípedas.

En Japón se ha implementado uno de los primeros dispositivos para inspección en tuberías llamado “Robots-Inspectores” creado por Water Research Centre, estos robots son utilizados generalmente para detectar defectos en las tuberías y de esta manera determinar si se pueden reparar, o si es necesario cambiarlas. Dichos dispositivos están conectados por un cable para el suministro de energía, la transmisión de comandos de control, datos captados por el dispositivo y finalmente la medición de la distancia recorrida [43]. Uno de los sistemas robóticos que está siendo utilizado en Noruega para sus pozos petroleros, es conocido como robot de serpiente submarina, ya que tiene la capacidad de acceder a través de aberturas estrechas. Normalmente es utilizado para operaciones de inspección y monitoreo, con una locomoción bio inspirada a

través de pasos oscilatorios, mediante el uso de diferentes sensores que le permitan determinar la velocidad y las características de los fluidos encontrados. Este dispositivo es diseñado con el objetivo de evitar que los trabajadores deban operar en zonas riesgosas, pero sean los encargados de monitorear a los robots que cumplirán su labor [44].

De igual forma se ha avanzado en el desarrollo de drones que han ayudado notoriamente en las industrias, dada su autonomía, tamaño, peso y fuente de energía. Dichos dispositivos requieren de una comunicación inalámbrica controlado desde tierra, donde se reciben todos los datos que se adquieren de sensores y cámaras, entre otros elementos de comunicación que se puedan adicionar [45]. Una aplicación de vehículos aéreos no tripulados se presenta en la India, donde se están utilizando drones en los campos agrícolas para el control de plagas, mediante el uso de un protocolo de red de código abierto de punto a punto, esto quiere decir una comunicación entre el dron y la estación de control de tierra [46].

Debido a la emergencia sanitaria que se vive desde el año 2020, la robótica móvil en el campo de la medicina ha sido de gran utilidad para la lucha contra el Covid-19, dando lugar a una gran variedad de productos de desarrollo tecnológico con el fin de ayudar a la contención de la crisis. Para la emergencia sanitaria es de gran importancia atender las recomendaciones que se dan como extremar la limpieza, distanciamiento social entre otras, es por esto que la robótica se convierte en una herramienta importante en la lucha contra el covid-19. Por ejemplo, en la clínica Victoria de Medellín se ha implementado un robot móvil diseñado para esterilizar espacios o ambientes, dando como beneficios la limpieza rápida y efectiva sin necesidad de tener contacto físico con personas durante el proceso de desinfección [47]. Por otro lado, en diferentes países donde se contiene este virus se han implementado robots capaces de clasificar a los pacientes, realizando un análisis de radiografías mediante el uso de algoritmos basados en inteligencia artificial de igual forma existen robots teleguiados por policías con el objetivo de patrullar en las calles y que las personas respeten el confinamiento [48]. En la India se han desarrollado robots móviles para la entrega de comida y medicamentos a pacientes con Covid-19, con el fin de minimizar el contagio en el personal médico [49]. Una revisión completa sobre distintas aplicaciones de la robótica móvil para combatir el Covid-19 es presentada en [50]. En [51] se presenta un estudio sobre el impacto que ha tenido la pandemia de Covid-19 en el mercado internacional de robots móviles.

IV. CONCLUSIONES

Con la elaboración del presente documento de trabajo se puede concluir que gracias a los avances tanto científicos como tecnológicos se ha logrado dar un giro a la historia de la robótica móvil, observando que desde los años treinta hasta los años sesenta esta tecnología fue enfocada a aplicaciones militares como por ejemplo primeros misiles, los cuales fueron utilizados en la segunda guerra mundial. Paradójicamente durante la guerra fría, los robots fueron creados para ayudar a la evolución de la ciencia, como por ejemplo las aplicaciones en robótica espacial, mientras que ya desde los años noventa se diseñan e implementan aplicaciones con fines educativos,

ayudando en la parte de la medicina, en la parte de la asistencia social, robots interactivos (animales, humanoides), entre otras aplicaciones.

Los robots manipuladores móviles autónomos pueden realizar tareas repetitivas o pensadas, como dirigir, recoger y transportar mercancías. Todos estos dispositivos tienen la capacidad de ser programados para que ejecuten las funciones que se necesitan para la aplicación que sea necesaria, es por esto que se puede concluir que gracias a estos robots se le puede facilitar el trabajo a los seres humanos en tareas peligrosas, difíciles, o de alto riesgo que puedan ser realizadas por un robot autómatas. Sin embargo, no todos los comentarios de estos avances son buenos, existen personas que opinan que estos dispositivos podrían llegar a reemplazar a los seres humanos, generando inquietud sobre la integridad y los puestos de trabajos que realizan millones de personas. Pese a estas preocupaciones, el impacto social que ha causado la robótica móvil ha sido positivo, ya que estos avances no solo ayudan a las industrias, sino también se ha convertido en retos para los estudiantes o profesores de diferentes instituciones, a nivel de proyectos de investigación, permitiéndole a los estudiantes aprender a construir modelos que normalmente van acompañados de un programa informático desarrollado por ellos mismos en algunos casos, la finalidad de esto es que los estudiantes se familiaricen los diferentes dispositivos programables, para que desarrollen competencias útiles tanto en su futuro personal como profesional.

Como se ha mencionado previamente, a largo de los años los robots móviles están cambiando la vida de los seres humanos, incluyendo con esto la interacción entre las personas y las máquinas, esto también ha generado la necesidad de desarrollar protocolos de comunicación máquina-máquina, incluyendo con esto la integración de los robots con tecnologías IoT (Internet of Things). Así mismo, unas de las aplicaciones más importante que pueden ayudar al avance de ciencia y la medicina, es el diseño e implementación de robots que ayuden en cirugías sin embargo, el diseño de este tipo de dispositivos tiene que ser probado rigurosamente ya que requieren un grado de precisión muy crítico. De igual forma otras aplicaciones que se pueden tener los robots móviles están basadas en el diseño de robots de búsqueda para desastres naturales, ya que al utilizar el análisis de las señales de mapeo generadas en el terreno se pueden detectar objetos o personas que necesiten ayuda.

V. REFERENCIAS

- [1] P. Flocchini, G. Prencipe, N. Santoro y G. Viglietta, «Distributed computing by mobile robots: uniform circle formation,» *Distributed Computing*, vol. 30, p. 413–457, 2017.
- [2] H. B. Schmid, «“Robot” as a Life-Form Word,» de *Sociality and Normativity for Robots*, Springer, Cham, 2017, pp. 233-250.
- [3] F. C. Moon, *The Machines of Leonardo Da Vinci and Franz Reuleaux: Kinematics of Machines from the Renaissance to the 20th Century*, Springer, 2007.
- [4] Y. Le Maner, «Chapter Six Strategicaerial Research During The Second World War: The Case Of Germany'S New Weapons,» de *Images of Conflict: Military Aerial Photography and Archaeology*, Cambridge Schollars, 2009, pp. 69-85.
- [5] M. Gross, «Towards living machines,» *Current Biology*, vol. 23, n° 18, pp. R821-R823, 2013.
- [6] G. Klančar, A. Zdešar, S. Blažič y I. Škrjanc, «Chapter 1 - Introduction to

- Mobile Robotics.» de *Wheeled Mobile Robotics*, Elsevier, 2017, pp. 1-11.
- [7] B. Kuipers, E. A. Feigenbaum, P. E. Hart y N. J. Nilsson, «Shakey: From Conception to History,» *AI Magazine*, vol. 38, n° 1, pp. 88-103, 2017.
- [8] M. I. Malenkov, «Creation of Lunokhod-1 as an outstanding scientific and technological achievement of the XX century,» *Solar System Research volume*, vol. 47, p. 610-617, 2013.
- [9] G. V. Levin y P. A. Straat, «Completion of the Viking labeled release experiment on Mars,» *Journal of Molecular Evolution*, vol. 14, p. 167-183, 1979.
- [10] H. S. Bridge, J. W. Belcher, R. J. Butler, A. J. Lazarus, A. M. Mavretic, J. D. Sullivan, G. L. Siscoe y V. M. Vasyliunas, «The plasma experiment on the 1977 Voyager Mission,» *Space Science Reviews*, vol. 21, p. 259-287, 1977.
- [11] D. Katić y M. Vukobratović, «Survey of Intelligent Control Techniques for Humanoid Robots,» *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, vol. 37, p. 117-141, 2003.
- [12] D. Milanés-Hermosilla y A. Castilla Pérez, «Generación de trayectorias para el brazo robótico (ArmX),» *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, vol. 37, n° 3, pp. 58-71, 2016.
- [13] T. E. Bell, «Robots in the home: Promises, promises: While great expectations are held for certain robot types, the robots for fun and educational purposes are limited in their adaptability to useful tasks,» *IEEE Spectrum*, vol. 22, n° 5, pp. 51-55, 1985.
- [14] S. Bozinovski y L. Bozinovska, «Beyond Artificial Intelligence toward Engineered Psychology,» de *First International ICST Conference, IT Revolutions 2008*, Venice, Italy, 2008.
- [15] J. M. Evans y B. Krishnamurthy, «HelpMate®, the trackless robotic courier: A perspective on the development of a commercial autonomous mobile robot,» de *Advanced Research Workshop on Autonomous Robotic Systems*, Coimbra, Portugal, 1997.
- [16] J. Chavas, C. Corne, P. Horvai, J. Kodjabachian y J.-A. Meyer, «Incremental evolution of neural controllers for robust obstacle-avoidance in Khepera,» de *European Workshop on Evolutionary Robotics*, Paris, France, 1998.
- [17] F. Thomanek y E. D. Dickmanns, «Autonomous road vehicle guidance in normal traffic,» de *Asian Conference on Computer Vision ACCV 1995: Recent Developments in Computer Vision*, Singapore, 1995.
- [18] A. J. Spear, «Mars Pathfinder's lessons learned from the Mars Pathfinder Project Manager's perspective and the future road,» *Acta Astronautica*, vol. 45, n° 4-9, pp. 235-247, 1999.
- [19] M. Fujita, «Robotics Research. The Ninth International Symposium,» de *AIBO: Towards the Era of Digital Creatures*, 2000.
- [20] A. Weiss, D. Wurhofer y M. Tscheligi, «"I Love This Dog"—Children's Emotional Attachment to the Robotic Dog AIBO,» *International Journal of Social Robotics*, vol. 1, p. 243-248, 2009.
- [21] Cnet, «Cnet,» [En línea]. Available: <https://www.cnet.com/home/smart-home/sonys-robot-dog-aibo-has-a-new-gig-patrolling-your-home/>. [Último acceso: 20 03 2021].
- [22] F. Mondada, G. C. Pettinaro, A. Guignard, I. W. Kwee, D. Floreano, J.-L. Deneubourg, S. Nolfi, L. M. Gambardella y M. Dorigo, «Swarm-Bot: A New Distributed Robotic Concept,» *Autonomous Robots*, vol. 17, p. 193-221, 2004.
- [23] P. J. McKerrow, «Where are all the mobile robots?,» de *Applied Intelligent Systems*, Springer, 2004, pp. 179-200.
- [24] J. C. C. Gillesen, E. I. Barakova, B. E. B. M. Huskens y L. M. G. Feijs, «From training to robot behavior: Towards custom scenarios for robotics in training programs for ASD,» de *2011 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, Zurich, Switzerland, 2011.
- [25] M. Lapeyre, P. Rouanet y P.-Y. Oudeyer, «The poppy humanoid robot: Leg design for biped locomotion,» de *2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Tokio, Japan, 2013.
- [26] J. Lafaye, D. Gouaillier y P.-B. Wieber, «Linear model predictive control of the locomotion of Pepper, a humanoid robot with omnidirectional wheels,» de *2014 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, Madrid, Spain, 2014.
- [27] J. Danaher, «Welcoming Robots into the Moral Circle: A Defence of Ethical Behaviourism,» *Science and Engineering Ethics*, vol. 26, p. 2023-2049, 2020.
- [28] C. Chesher y F. Andrealló, «Robotic Faciality: The Philosophy, Science and Art of Robot Faces,» *International Journal of Social Robotics*, vol. 13, pp. 83-96, 2021.
- [29] P. Merriaux, R. Rossi, R. Bouteau, V. Vauchey, L. Qin, P. Chanuc, F. Rigaud, F. Roger, B. Decoux y X. Savatier, «The VIKINGS Autonomous Inspection Robot: Competing in the ARGOS Challenge,» *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 26, n° 1, pp. 21-34, 2019.
- [30] M. Xuhong y L. Zhizeng, «The Design and Implement of Embedded Remote Control System in Industrial Robot,» de *2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering*, Hangzhou, China, 2012.
- [31] B. Qin, Q. Luo, Y. Luo y J. Zhang, «Research and Application of Key Technologies of Edge Computing for Industrial Robots,» de *2020 IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)*, Chongqing, China, 2020.
- [32] M. Prats, P. J. Sanz, E. Martínez, R. Marín y A. P. del Pobol, «Manipulación autónoma multipropósito en el robot de servicios jaume-2,» *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial IRIAI*, vol. 5, n° 2, pp. 25-37, 2008.
- [33] F. Sherwani, M. M. Asad y B. Ibrahim, «Collaborative Robots and Industrial Revolution 4.0 (IR 4.0),» de *2020 International Conference on Emerging Trends in Smart Technologies (ICETST)*, Karachi, Pakistan, 2020.
- [34] H. Cheng, H. Chen, Y. Liu y W. Sheng, «Human-like indoor navigation for Autonomous Industrial Mobile Manipulator,» de *2012 IEEE International Conference on Information and Automation*, Shenyang, China, 2012.
- [35] M. Ganeshmurthy y G. Suresh, «Path planning algorithm for autonomous mobile robot in dynamic environment,» de *2015 3rd International Conference on Signal Processing, Communication and Networking (ICSCN)*, Chennai, India, 2015.
- [36] E. Ackerman, «UBR-1 Robot From Unbounded Robotics Revolutionizes Affordable Mobile Manipulation,» *IEEE Spectrum*, pp. <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/unbounded-robotics-revolutionizes-affordable-mobile-manipulation-with-ubrl>, 21 10 2013.
- [37] S. Kaluza, «Neuer mobiler Roboter von Omron,» *ATZproduktion*, vol. 7, pp. 24-25, 2020.
- [38] D. Hebesberger, T. Koertner, C. Gisinger y J. Pripfl, «A Long-Term Autonomous Robot at a Care Hospital: A Mixed Methods Study on Social Acceptance and Experiences of Staff and Older Adults,» *International Journal of Social Robotics*, vol. 9, p. 417-429, 2017.
- [39] A. Khan y Y. Anwar, «Robots in Healthcare: A Survey,» de *Science and Information Conference CVC 2019: Advances in Computer Vision*, Las Vegas, NV, USA, 2019.
- [40] A. Begić, «Application of Service Robots for Disinfection in Medical Institutions,» de *International Symposium on Innovative and Interdisciplinary Applications of Advanced Technologies*, Teslić, Bosnia and Herzegovina, 2017.
- [41] I. Karabegović y V. Doleček, «The Role of Service Robots and Robotic Systems in the Treatment of Patients in Medical Institutions,» de *International Symposium on Innovative and Interdisciplinary Applications of Advanced Technologies (IAT)*, Bosnia and Herzegovina, 2017.
- [42] E. Guizzo, «Boston Dynamics' Spot Robot Dog Goes on Sale,» *IEEE Spectrum*, pp. <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/boston-dynamics-spot-robot-dog-goes-on-sale>, 24 09 2019.
- [43] H. Ogai y B. Bhattacharya, *Pipe Inspection Robots for Structural Health and Condition Monitoring*, Springer, 2018.
- [44] E. Kelasidi, P. Liljebäck, K. Y. Pettersen y J. T. Gravdahl, «Experimental investigation of efficient locomotion of underwater snake robots for lateral undulation and eel-like motion patterns,» *Robotics and Biomimetics*, vol. 2, n° 8, 2015.
- [45] M. N. Boukoberine, Z. Zhou y M. Benbouzid, «Power Supply Architectures for Drones - A Review,» de *IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Lisbon, Portugal, 2019.
- [46] U. R. Mogili y B. Deepak, «An Intelligent Drone for Agriculture Applications with the Aid of the MAVlink Protocol,» de *International Conference on Innovative Product Design and Intelligent Manufacturing*

System (ICIPDIMS 2019), Rourkela, India, 2019.

- [47] El Tiempo, «El moderno robot que limpia áreas afectadas con covid-19 en Medellín,» *El Tiempo*, pp. <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/el-moderno-robot-que-limpia-areas-afectadas-con-covid-19-en-medellin-473986>, 17 03 2020.
- [48] ABC, «Drones, robots y aplicaciones: tecnologías al servicio de la lucha contra el coronavirus,» *ABC*, pp. https://www.abc.es/tecnologia/informatica/soluciones/abci-drones-robots-y-aplicaciones-tecnologias-servicio-lucha-contra-coronavirus-202003260232_noticia.html, 01 09 2020.
- [49] S. Deshmukh y A. Haleem, «Framework for Manufacturing in Post-COVID-19 World Order: An Indian Perspective,» *International Journal of Global Business and Competitiveness volume*, vol. 15, pp. 49-60, 2020.
- [50] M. Cardona, F. Cortez, A. Palacios y K. Cerros, «Mobile Robots Application Against Covid-19 Pandemic,» de *2020 IEEE ANDESCON*, Quito, Ecuador, 2020.
- [51] M. Cardona, A. Palma y J. Manzanares, «COVID-19 Pandemic Impact on Mobile Robotics Market,» de *2020 IEEE ANDESCON*, Quito, Ecuador, 2020.