

Diseño de un brazo robótico tipo SCARA, con la ayuda de la herramienta CAD-ADAMS, para uso didáctico de los estudiantes de la Universidad Nacional de Loja

Design of a robotic arm type SCARA, with the help of the CAD-ADAMS tool, for didactic use of the students of the National University of Loja

Recebimento dos originais: 05/11/2018

Aceitação para publicação: 07/12/2018

José Leonardo Benavides Maldonado

Master em Control Automático y Sistemas Informáticos por la Universidad Central de las Villas (UCLV)-Cuba

Universidad Nacional de Loja (UNL), Cda Universitaria

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado y Reinaldo Espinosa, La Argelia, Loja-Ecuador

E-mail: jose.benavides@unl.edu.ec

Jorge Ivan Tocto

Doctor en Ciencias de la Educación, mención enseñanza de matemáticas-ESPOCH

Universidad Nacional de Loja (UNL), Cda Universitaria

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado y Reinaldo Espinosa, La Argelia, Loja-Ecuador

E-mail: jitocto2007@yahoo.es

Edgar Alberto Ochoa Vásquez

Magister en Electromecánica por la Universidad Nacional de Loja

Municipio de Loja, UMAPAL

Dirección: Bolivar y Jose Antonio Eguiguren

E-mail: edgaracho@yahoo.com

Franklin Gastón Pinta Sarango

Ingeniero Industrial de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Universidad Nacional de Loja (UNL), Cda Universitaria

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado y Reinaldo Espinosa, La Argelia, Loja-Ecuador

E-mail: frankg1109@hotmail.com

Cristian Pullaguari

Estudiante de Ingeniería Electromecánica de la UNL

Universidad Nacional de Loja (UNL), Cda Universitaria

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado y Reinaldo Espinosa, La Argelia, Loja-Ecuador

E-mail: cfpupialeso@unl.edu.ec

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo el aprovechamiento de los avances tecnológicos para solucionar el problema de automatización en las industrias de la provincia de Loja en el sur del Ecuador, considerando para esto el funcionamiento de un brazo robótico tipo SCARA, que permita dar solución a la solución de la pequeña y mediana industria de este sector, El sistema consiste en el acoplamiento de elementos móviles accionados por motores de corriente continua (servomotores) y

censada para que la señal sea procesada por una tarjeta de control que se programada para realizar los movimientos y que por el momento no es objeto de estudio de esta investigación, los esquemas y dibujos desarrollados se realizaron en el software ADAMS 2013. Finalmente se presentan los resultados obtenidos, así como las ventajas y desventajas de trabajar con este programa en comparación a otros que permiten para su simulación y control importarlos a MATLAB®.

Palabras-clave: CAD-ADAMS, Cinemática, Dinámica y Robot –SCARA.

ABSTRACT

The present investigation aims to take advantage of technological advances to solve the problem of automation in the industries of the province of Loja in southern Ecuador, considering for this the operation of a robotic arm type SCARA, which allows solving the solution of the small and medium industry in this sector. The system consists of the coupling of mobile elements driven by motors of direct current (servomotors) and registered so that the signal processed by a control card that programmed to perform the movements and that now is not the object of study of this research, the diagrams and drawings developed made in the ADAMS 2013 software. Finally, the results obtained presented, as well as the advantages and disadvantages of working with this program in comparison to others that allow for its simulation and control, import them into MATLAB®.

Keywords: CAD-ADAMS, Kinematics, Dynamics and Robot -SCARA.

1 INTRODUCCIÓN

El uso de robots manipuladores se ha generalizado en el ensamblaje de circuitos impresos y hasta en cirugías de operaciones, sin embargo, es en la industria automotriz donde ha sido mayor su empleo, en aplicaciones como soldadura de puntos, pintura spray, manipulación de partes de carrocería, chasis (Iñigo, R., & Vidal, 2004).

Así mismo, diferentes investigaciones han estudiado esta cercanía entre humanos y robots, en (Vasconcelos, P., Pereira, H., Macharet, D., & Nascimento, 2015), se menciona que existen algunas reglas sociales que se deben respetar, por ejemplo, la relación del espacio personal entre los individuos (proxémica (Dimension, 1996)). Esta técnica de interacción es utilizada en (Mead, R., & Matarić, 2012), en donde, propone un marco probabilístico que utiliza la distancia entre el usuario y el robot, así como los ángulos entre ellos. Un robot llamado Pomodoro se presenta en (Alves, F., Silva, I., & Ferasoli, 2014), este robot utiliza la proxémica como comportamiento social en su aplicación de robot asistente, otros trabajos de investigación, modelos y aplicaciones se encuentran en (Fujiwara, Y., Hiroi, Y., Tanaka, Y., & Ito, 2015), (Denker, A., Dilek, A., Sarioğlu., Savaş, B., & Gökdél, 2015), (Boukas, E., Kostavelis, I., Gasteratos, A., & Sirakoulis, 2015), (Butler, J., & Agah, 2001). Que son una fuente de información para en el presente trabajo presentar una metodología de construcción, selección y cálculo para el diseño mecánico y electrónico de las principales partes de un brazo robótico tipo SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm), este tipo de robot es un brazo planar antropomórfico de dos articulaciones rotacionales para la base y hombro, respectivamente, que se mueve en un plano horizontal; la tercera articulación es

prismática, para este tipo de configuración todos los ejes de movimiento z_1 , z_2 y z_3 son paralelos entre sí (Reyes, 2011).

Lo anterior se logra combinando los principios fundamentales de la mecánica, conocimientos de resistencia de materiales, diseño de elementos de máquinas, materiales de construcción mecánica.

2 METODOLOGÍA

La construcción de un robot se fundamenta en el modelo dinámico; es decir, al usar una herramienta CAD como ADAMS, lo que se hace es llevar los esquemas y planos de ingeniería de los eslabones que se deducen directamente del modelo dinámico, para luego transportar a dicho programa, para su maquinado y construcción mecánica. De esta forma, un robot industrial puede ser estudiado y se pueden hacer las adecuaciones pertinentes antes de llegar a la etapa de construcción.

Diseño mecánico del brazo robótico

Para el diseño del brazo robótico se deben considerar los siguientes aspectos:

Selección del Modelo

En la web se encuentran modelos comerciales y caseros de varias formas y tamaños, en el trabajo que se muestra aquí se dispone de una base de aluminio a la cual se le agregará servomotores y eslabones con una herramienta de pinza que permita levantar objetos pequeños. Entre algunas opciones de modelos se dispone en base a los siguientes criterios:

Por su tipo: Actualmente existe una gran variedad de robots con diversas estructuras geométricas y mecánicas que definen su funcionalidad y aplicación, esto se resume en la Tabla 1 (Reyes, 2011).

Tabla.1 Clasificación de los robots.

Clasificación de robots		
Móviles	Terrestres: ruedas, patas	
	Submarinos, aéreos-espaciales	
Humanoides	Diseño complejo	
Industriales	Brazos Mecánicos	Robots Manipuladores

Por su estructura mecánica: La estructura fundamental de los robots industriales es la cinemática abierta, la cual puede tener diferentes combinaciones de articulaciones rotacionales y prismáticas dando origen a diversos tipos de robots se resumen en la siguiente Tabla 2 (Reyes, 2011).

Tabla. 2 Diferentes tipos de robots y sus características.

Robot	Características
Antropomórfico (RRR)	3 articulaciones de rotación
SCARA (RRP)	2 articulaciones y 1 prismática
Esférico (RRP)	2 articulaciones rotacionales y 1 prismática
Cilíndrico (RPP)	1 articulación rotacional y 2 prismáticas
Cartesiano (PPP)	3 articulaciones prismáticas

Los cuales se los puede apreciar en la Figura 1, donde se muestran en forma gráfica los diferentes tipos de robots presentados en la Tabla 2.

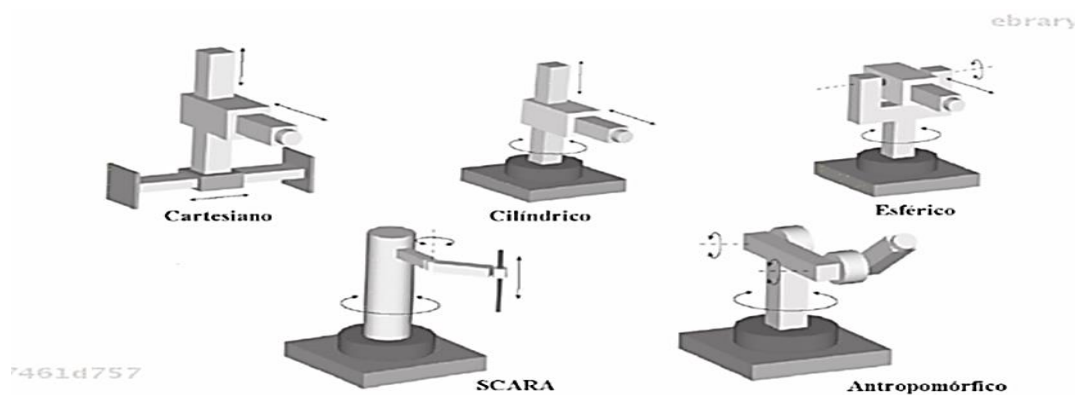


Figura 1 Modelos de brazos robóticos usados en las diferentes aplicaciones industriales, Fuente: (Reyes, 2011).

Por su aplicación: La robótica en la educación escolar se plantea como un espacio de experimentación, basado en aprendizaje activo y constructorista, en el que se propone un problema y los estudiantes buscan maneras creativas posibles para solucionarlo (Robótica, 2015). Por lo tanto el modelo más conveniente es un robot manipulador de tipo antropomórfico, con desplazamiento a base de servomotores. Como se puede apreciar con lo antes mencionado la robótica se encuentra presente en muchos campos, en este artículo lo que se busca es mostrar los resultados alcanzados al diseñar un brazo robótico que forma parte de un laboratorio de investigación de control automático

3 DISEÑO EMPLEANDO HERRAMIENTAS CAD

Se hace uso del software Solidworks y Adams, los cuales proveen facilidad de diseño y cálculo. Según las medidas de la base disponible se realizan el respectivo diseño del brazo en Solidworks, posteriormente se realiza la simulación en el mismo software para luego ser trasladado a Adams el cual apoyará con los cálculos cinemáticos y dinámicos.

El análisis de movimiento de SolidWorks utiliza las relaciones de posición de ensamblaje, junto con los contactos de piezas y un sólido solver basado en la física para determinar con precisión los movimientos físicos de un ensamblaje con carga. Una vez realizado el cálculo de las fuerzas y movimiento del ensamblaje, puede llevarse a cabo un análisis estructural de los componentes para garantizar el rendimiento del producto (Dassault Systemes, 2018), seguidamente en la Figura 3 se muestra el dibujo completo realizado y que permitirá realizar las simulaciones pertinentes, para conocer muchos criterios que son de mucha utilidad antes de la construcción del brazo robótico.

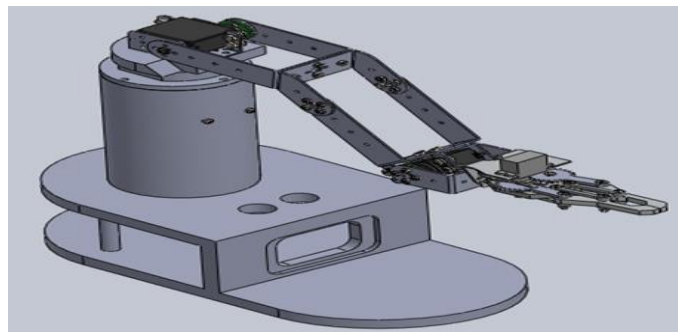


Figura 3 Diseño del brazo robótico tipo SCARA, realizado con la ayuda de SolidWorks y ADAMS, Fuente: Autor

Seguidamente utilizando la tecnología de solución de dinámica multicuerpo, ADAMS ejecuta dinámicas no lineales en una fracción del tiempo requerido por las soluciones FEA. Las cargas y fuerzas calculadas por las simulaciones realizadas por este software mejoran la precisión de FEA al proporcionar una mejor evaluación de cómo varían a lo largo de una gama completa de entornos operativos y de movimiento (MSC Software, 2018), esto se presenta en la Figura 4.

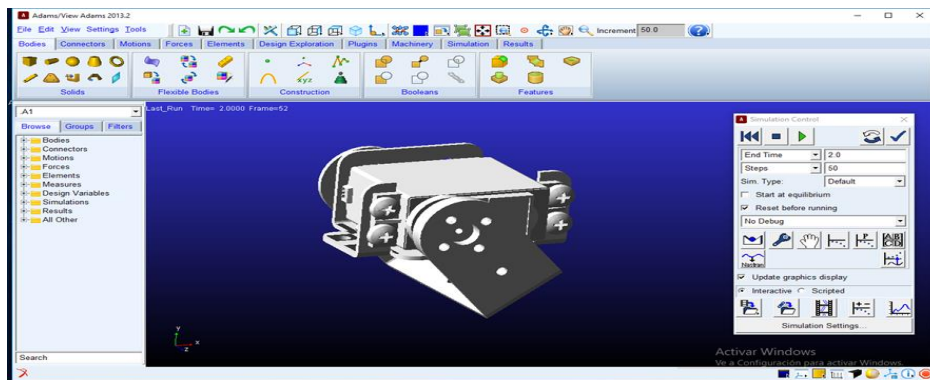


Figura 4 Ambiente de ADAMS para entornos operativos y de movimiento, Fuente: Autor

4 CONSIDERACIONES FINALES.

Para simular estructuras mecánicas complejas, se puede usar el SimMechanics de MATLAB[®] pero se dejó de hacerlo porque se simplifica notablemente el trabajo al usar ADAMS, principalmente porque se debía calcular las matrices de momentos de inercias que son muy complejas de obtener en especial para robots paralelos. Sin embargo con ADAMS (al cual se le

puede enviar los diseños desde cualquier sistema CAD) solo se tiene que especificar las masas de los elementos y él mismo calcula la dinámica, y lo mejor que tiene es que es compatible con MATLAB®.

5 CONCLUSIONES

- Desde MATLAB®, se envían los pares o fuerzas que manda a aplicar el algoritmo de control y ADAMS para retornar la posición, velocidad y aceleración que adquiere la pieza que se desea este acoplada a otras.
- Sobre "contact force", es el mecanismo que tiene ADAMS para determinar colisiones entre objetos y restringir los movimientos.
- Si no se tiene pares ni movimientos programados en la simulación, cuando se la ejecuta la gravedad hará lo suyo, de hecho se tiene que anclar la base al plano para que no se "caiga" el manipulador completo.
- La matriz Jacobiana es la derivada de la matriz que determina la cinemática, por tanto es la que indica la velocidad, y el Jacobiano se le llama al determinante de esa matriz que permite determinar las singularidades de la estructura, es decir, los puntos por los que no se pueden pasar, buscando las posiciones que lo indeterminan.
- Si se desea comprobar el alcance de la posición del extremo, así como la potencia disponible es suficiente que se mida velocidad y/o aceleración alcanzada con esos pares... etc...

REFERENCIAS

- Alves, F., Silva, I., & Ferasoli, H. (2014). "Intelligent Control Architecture for Human-Robot Interaction." In *Robotics Symposium and Robocontrol (SBR-LARS)* (p. 259–264.).
- Boukas, E., Kostavelis, I., Gasteratos, A., & Sirakoulis, G. (2015). "Robot Guided Crowd Evacuation," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 12(2), 739–751.
- Butler, J., & Agah, A. (2001). "Psychological Effects of Behavior Patterns of a Mobile Personal Robot." *Autonomous Robots*, 10, 185–202.
- Dassault Systemes. (2018). Dassault Systemes. Recuperado de <https://www.solidworks.es/>
<https://www.solidworks.com/es/category/simulation-solutions>
- Denker, A., Dilek, A., Sarioğlu., Savaş, B., & Gökdel, Y. (2015). "RoboSantral: An autonomous mobile guide robot,," In *IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)* (p. 459–463.). Seville.
- Dimension, T. H. (1996). Man's Use of Space in Public and Private. In Hall (Ed.). The Bodley

Head Ltd.

Fujiwara, Y., Hiroi, Y., Tanaka, Y., & Ito, A. (2015). "Development of a mobile robot moving on a handrail Control for preceding a person keeping a distance,." In *24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (p. 413–418.). Kobe.

Iñigo, R., & Vidal, E. (2004). *Robots industriales manipuladores*. (Alfaomega, Ed.). Barcelona-España.

Mead, R., & Mataric, M. (2012). "A probabilistic framework for autonomous proxemic control in situated and mobile human-robot interaction,." In *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)* (p. 193–194.). Boston, MA.

MSC Software. (2018). MSC Software. Recuperado de <http://www.mscsoftware.com/product/adams>

Reyes, F. (2011). *Robótica, Control de Robots Manipuladores*. (Alfaomega, Ed.). México D.F., México.

Robótica. (2015). Robótica. Recuperado de <https://es.slideshare.net/poli1971/robtica-45949811>.

Vasconcelos, P., Pereira, H., Macharet, D., & Nascimento, E. (2015). "Socially Acceptable Robot Navigation in the Presence of Humans" (p. 222–227.). Uberlandia: ,in Latin American Robotics Symposium and Brazilian Symposium on Robotics (LARS-SBR).