

Solución de un cubo Rubik a través de un robot Lego EV3

José Guadalupe Sosa Meléndez¹, Dr. Luis Carlos Méndez González²,
Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón³ y MC. Abel Eduardo Quezada Carreón⁴

Resumen— El cubo de Rubik ha sido uno de los mayores juegos de destreza creados en toda la historia, en el cual existen 43 trillones de posibles combinaciones, pero solo 1 es la correcta. Lo anterior ha llevado a que miles de personas en el mundo busquen algoritmos matemáticos e informáticos para la solución de dicho juego en un tiempo corto. En este artículo se propone el desarrollo de un algoritmo programado a través de la plataforma del Lego EV3 en la cual se dé solución al cubo de Rubik, para ello se emplea un algoritmo matemático de escaneo de colores, los cuales es procesado por medio del controlador del robot Lego EV3. Los resultados que se han obtenido en promedio desde que la pieza es analizada por el algoritmo hasta que el robot soluciona el último paso del cubo se aproxima a 45 segundos.

Palabras clave—Cubo Rubik, Robótica, Labview. Lego EV3.

Introducción

El cubo Rubik es un juego mecánico, inventado por Erno Rubik en 1974. Este consiste en un sistema móvil que consta de 6 caras de diferentes colores, cada una de las caras del cubo están subdividida en 3x3 cuadros del mismo tamaño. Este cubo consiste en rotar cada una de las caras en torno a su eje, con el fin de hacer las combinaciones correspondientes para llevar a cabo cada uno de los colores con el fin de que una misma cara tenga el mismo color.

A lo largo de los años este juguete cuenta con una complejidad que ha fascinado a todas las personas y ha dado un golpe en la ciencia de la computación. Con nada más y nada menos que $4.3252 \cdot 10^{19}$ configuraciones posibles.

El resolver este cubo ha llevado al ser humano a desarrollar diversos diseños de robots para el desarrollo de este, por ejemplo: El robot Baxter: es un robot humanoide, desarrollado por la compañía Rethink Robotics. Mide entre 122 y 190 cm de alto, posee 2 brazos con 7 articulaciones cada una, 4 tipos de rotación y 3 codos intercaladas entre sí. Posee sensores para determinar la posición y torque, contiene en sus dos manos y cabeza cámaras. Robot, Visión artificial con Labview: diseñada con base de aluminio, utiliza engranajes, motores paso a paso utilizando un circuito integrado para su movimiento, cuenta con una cámara web Slim 300x con una resolución de 8 megapíxeles, emplea una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) para enlazarlo con Labview. Cubestormer 3: diseñado por David Gilday y Mike Dobson, proyecto realizado alrededor de 18 meses y es capaz de resolver el cubo rubik en 3.253s con un conjunto de procesador de tecnología ARM de un teléfono Samsung Galaxy s4, manipula el cubo mediante el uso de cuatro brazos robóticos que son controlados por 8 bloques de Lego EV3. Robot MIT: diseñado por los estudiantes Ben Katz y Jared Di Carlos, consta de un motor que actúa dentro de cada cara del cubo controlado por la electrónica para el control. Con ayudas de cámaras Web, el software personalizado determina el estado inicial de cada cara resolviendo el cubo en 0.38 segundos.

Por lo que en este artículo se presenta un robot basado en LEGO Mindstorm EV3, este posee piezas lego, 2 motores grandes, un motor chico, sensor de color, un sensor infrarrojo además de un bloque EV3 con la finalidad de establecer un módulo didáctico para la solución de este problema de ingeniería.

¹ José Guadalupe Sosa Meléndez es estudiante de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez al122278@alumnos.uacj.mx

² Dr. Luis Carlos Méndez González es profesor investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. luis.mendez@uacj.mx

³ Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón es profesor investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Luis.picon@uacj.mx

⁴ MC. Abel Eduardo Quezada Carreón, es profesor investigador del departamento de ingeniería eléctrica y computación en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. abquezad@uacj.mx

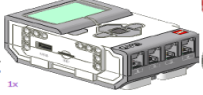
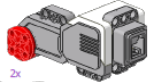
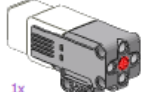
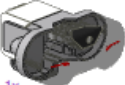

Descripción del Método

Para la elaboración de este proyecto fue necesario la construcción de hardware y software, por lo que esta sección se encuentra dividida en 2 para explicar ampliamente lo desarrollado en cada una de las partes de este proyecto.

Hardware construido

En esta sección describiremos los elementos empleados para la elaboración del robot de Rubik. El hardware empleado se muestra a continuación en la tabla 1

Tabla 1: Elementos del Lego EV3 empleados para la construcción del robot

 <p>BLOQUE EV3</p>	<ul style="list-style-type: none"> • procesador ARM9 a 300 MHz. • Memoria flash de 16 MB y 64 MB RAM • Puerto USB 2.0 • 4 puertos para sensores (puerto 1,2,3,4) • 4 puertos para servo-motores (puerto A, B, C, D) • Bluetooth
 <p>SERVOMOTOR</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor de rotación de 1 grado • Funcionamiento de 160-170 rpm. • Rotación de 2 Ncm • Torque de rotor bloqueado de 40 Ncm
 <p>SERVOMOTOR</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor de rotación de un grado • Funcionamiento de 240-250 rpm. • Rotación de 8 Ncm • Torque de rotor bloqueado de 12 Ncm
 <p>SENSOR INFRARROJO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Modo baliza: Distancia de 200 cm, puede calcular la dirección generada de la baliza y su distancia. • Modo proximidad: utiliza ondas de luz reflejada por el objeto y calcula la distancia, con una distancia hasta 70cm
 <p>SENSOR DE COLOR</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Modo color: reconoce los colores, negro, azul, verde, rojo, blanco y marrón. • Modo intensidad: mide la intensidad de luz reflejada en una escala de 0 a 100, de muy oscuro a muy luminoso.

Proceso de Ensamblaje

Procede a desarrollar la parte donde se ubicará nuestro cubo de rubik, esta parte consta con un engranaje que ensambla en nuestro servomotor, permitiendo la rotación circular para armar correctamente el cubo según con los datos recolectados con el sensor de luz.

A continuación, procede con la elaboración de nuestro brazo robótico, este está ubicado a la izquierda de nuestro prototipo LEGO EV3, este es ensamblado en nuestro otro servomotor permitiendo mover nuestro cubo de rubik de posición mediante movimientos hacia adelante y hacia atrás. Continúa con la elaboración de nuestro siguiente brazo robótico, en este se localiza nuestro sensor de color, este está ubicado en la parte derecha de nuestro prototipo LEGO EV3, este es ensamblado en un servomotor, permitiéndole hacer movimientos hacia adelante y hacia atrás, permitiendo la lectura de los colores de nuestro cubo de rubik, en un extremo trae un conductor eléctrico y por el otro lado una cámara oscura que capta los colores.

Se construirá el brazo robótico donde ira colocado nuestro sensor infrarrojo, este está ubicado en la parte de atrás de nuestro prototipo, este nos permite detectar si está ubicado o no nuestro cubo de rubik en la base.

Se ensambla el ladrillo principal EV3, en la parte frontal, en este son conectados los sensores y servomotores para que nuestro prototipo funcione correctamente. En la siguiente Figura 1 se muestra nuestro prototipo completamente armado:



Figura 1. Prototipo ensamblado con la plataforma LEGO EV3.

Procedemos con la elaboración de nuestro programa, echo mediante el software LEGO MINDSTORM EV3:

Primero procedemos a poner nuestro prototipo en su posición original, una vez hecho esto iniciamos el programa en nuestro bloque EV3, este hará un sonido activando el sensores y servomotores a través de un reset de cada uno de estos poniéndolos en un punto 0 como se muestra en la figura 1, después se activa el sensor infrarrojo el cual este detecta si esta nuestro cubo rubik en su posición.

Una vez el sensor infrarrojo detectando el cubo rubik en el bloque EV3 nos muestra un mensaje “remove cubo” como se muestra en la figura 2, y a su vez removiendo el cubo nos muestra otro mensaje “insertar cubo” como se muestra en figura 3, una vez insertando el cubo rubik el sensor manda la señal a nuestros servomotor, estos permitirán el movimiento de rotación de nuestro cubo rubik y a nuestro sensor de color, nuestro sensor empezará a escanear y a detectar los diferentes colores de nuestro cubo rubik, a través de un escáner RGB. Si nuestro sensor no detecta al menor un color este al terminar el primer escaneo automáticamente empezara a escanearlo de nuevo hasta que los valores sean verdaderos, terminando con el sensor de color como se muestra en la figura 4, el bloque EV3 analiza los datos mandados por el sensor de color y procede a calcular la matriz para la resolución de nuestro cubo rubik, calcula el tiempo en el cual se llevara a cabo toda la resolución de este y a su vez los movimientos totales en los cuales tardara en completar nuestro objetivo de llevar todos los colores a su posición original.

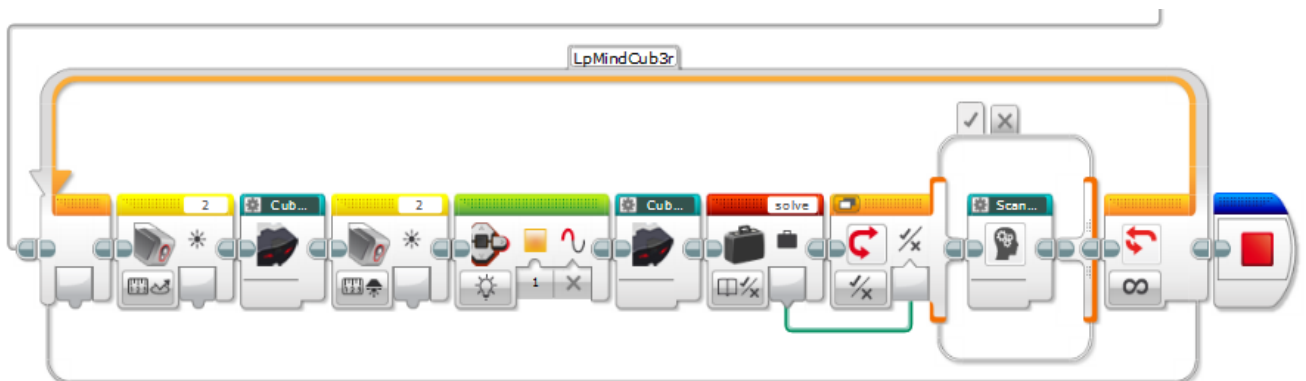


Figura 2. Proceso de programación del sensor infrarrojo del LEGO EV3.

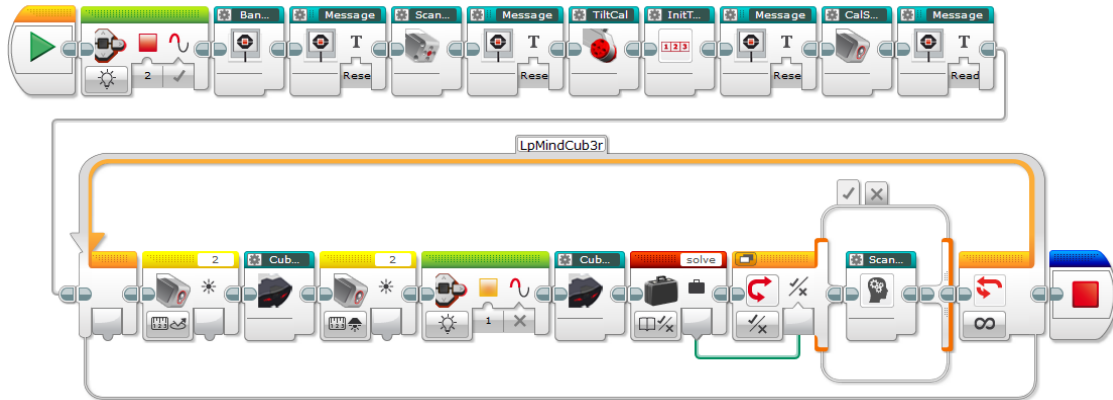


Figura 6. Programación final del robot de Rubik Lego EV3.

Para validar el proceso en el cual el cubo de Rubik si es resuelto por el algoritmo propuesto en la sección anterior se diseñó la siguiente tabla con la cual se pone a prueba las capacidades del algoritmo para resolver diferentes casos en la cual pueda ser solucionado el cubo de Rubik.

Tabla 2: Tabla para la validación del algoritmo del LEGO EV3.

Dificultad	Criterio de la dificultad
Muy Fácil	El cubo de Rubik es solucionado por una persona en menos de 5 movimientos
Fácil	El cubo de Rubik es solucionado por una persona entre 6 y 11 movimientos
Media	El cubo de Rubik es solucionado por una persona entre 12 y 20 movimientos
Difícil	El cubo de Rubik es solucionado por una persona entre 21 y 30 movimientos
Muy Difícil	El cubo de Rubik es solucionado por una persona en más de 30 movimientos

Para la tabla 2, se consideró movimiento todo aquel donde alguno de los ejes del cubo en bloques de 3 se desplace por cualquiera de los ejes que posee el cubo (véase la figura 7). Ahora empleando la tabla 2 se diseñó para cada de dificultad 15 diferentes muestras con distintos movimientos en el cubo de Rubik. Para cada experimento se midió el tiempo que tarda el algoritmo en resolver cada escenario y se tomó la media de cada uno de los experimentos y se obtuvieron los promedios de cada caso, por lo que en la tabla 3 se presentan los resultados de estos experimentos.



Figura 7. Ejemplo de movimiento del cubo de Rubik.

Tabla 3: Tabla para la validación del algoritmo del LEGO EV3.

Dificultad	Tiempo promedio de solución en Segundos
Muy Fácil	5.51
Fácil	11.28
Media	20.23
Difícil	30.65
Muy Difícil	45.01

En base a los resultados obtenidos en la tabla 3, se puede establecer que el algoritmo y el hardware es adecuado para la enseñanza de conceptos básicos como robótica, programación y de aspectos de mecatrónica como sensores y motores.

Conclusiones

Considerando las opciones actuales de este tipo de robots que han sido realizados de manera didáctica este robot aún se queda un poco corto para la velocidad que estos robots podrían llegar a manejar, pero fundamentando que el costo de este es relativamente bajo este puede ser una opción para automatizar la solución del cubo de Rubik en un tiempo razonable. Los aspectos con los cuales este robot puede ser mejorado son a partir de los aspectos de hardware, ya que la parte lógica (el algoritmo de solución) es la adecuada dado a que en base a la tabla 3 el algoritmo ha podido resolver cada uno de los casos que se le ha presentado al robot esto independientemente de la complejidad que pueda presentar el problema. Por otro lado, la flexibilidad que ofrece los Lego para ensamblar diferentes tipos de robots puede llegar a representar una alternativa para realizar prototipos rápidos de ingeniería para probar algoritmos y realizar cambios rápidos para diferentes tipos de aplicaciones de ingeniería. Por último, la programación grafica que poseen los legos EV3 facilita que el diseño de la parte lógica del robot sea mas sencilla y más rápida que con alguna otra programación tradicional.

Referencias.

1. Acosta Paucar, J. D. (2014). Dispositivo autómatá programado para la solución del Cubo de Rubik que contribuya con la investigación tecnológica del área de robótica de unidades Tulcán. Universidad Regional Autónoma de los Andes "UNIDADES". Tulcán-Ecuador.
2. Barrón Sánchez, P. C, y Cortes López, A. (2015). Programación con lego para la educación. Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo. Tlahuelilpan de Ocampo, Hgo.
3. Bolívar Severino, C. A. (2019). Resolviendo el cubo de Rubik con el robot Baxter. Universidad de Concepción.
4. LEGO Mindstorm EV3. Guía de uso. Group. ©2013, 2015 The LEGO Group. 041329.
5. Millán Vásquez, J. A, y Vega Almeida, M. A. (2012). Diseño y construcción de un sistema robotizado para resolver una de las caras de un Cubo 2x2x2 empleando visión artificial con labview. Escuela Politécnica Nacional.
6. R. Julieta, Jesica, y A. Viejo, Vanesa. Cubo de Rubik. Universidad Tecnológica Nacional Regional Buenos Aires. EST 2015, 18° Concurso de Trabajos Estudiantiles. 44 JAIIO- EST 2015 – ISSN 2451-761.