



Prototipo de brazo robótico en la producción de ganchos de $\frac{1}{4} \times 2'' \frac{1}{2}$ en el área del roscado por laminación

Palabras clave: Grados de libertad, seguridad, roscado por laminación, brazo robótico.

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad dar a conocer el desarrollo y procedimiento del roscado por laminación, a partir de este se busca llevar a cabo la construcción de un prototipo de brazo robótico el cual cumpla con el correcto posicionamiento de la materia prima en la máquina de roscado, en el procedimiento de desarrollo en primer lugar se tomaron datos los cuales ayudan a identificar las falencias del proceso de roscado por laminación una vez se tiene estos datos se procede a diseñar el brazo robótico en el *software autodesk Inventor*, a su vez se realiza la impresión 3D del mismo esto con el fin de desarrollar la estructura. Para llevar a cabo la construcción de este se debe tener conocimientos previos tales como los grados de libertad a usar, cinemática, los cuales aportan al autor pautas y criterios al momento de realizar la construcción del prototipo.

Jojan Estiven Moreno López*
Yojan Estiven Vargas Calderón**

* Jojan.moreno@uniagustiniana.edu.co

** Yojan.vargas@uniagustiniana.edu.co

**Ingeniería Mecatrónica, Universitaria
Agustiniana. Semillero SEIMA**

Recibido: 1 de octubre de 2022 |

Aceptado: 1 de noviembre de 2022

¿Cómo citar?

Moreno López, J.E., Vargas Calderón, Y.E., (2022). Prototipo de brazo robótico en la producción de ganchos de $\frac{1}{4} \times 2'' \frac{1}{2}$ en el área del roscado por laminación. *Expresiones, Revista Estudiantil de Investigación*, 9(18), 20-30.

Introducción

En la industria metalmecánica especialmente en la manufactura de productos metálicos realizados en Colombia, se lleva a cabo, en su gran mayoría con métodos manuales en los que los operarios se ven expuestos en todo momento a cualquier tipo de riesgos desde lesiones, cortaduras, desguinches hasta amputaciones. Todo esto supone un gran riesgo para el operario exponiendo su integridad física. La investigación se enfoca en la automatización del proceso, y como a partir de esto evitar los accidentes y percances ocurridos en la industria metalmecánica.

En la presente investigación encontrará el proceso de cómo diseñar y construir un brazo robótico de cuatro grados de libertad, el cual proporciona una funcionalidad adecuada en la industria metalmecánica, así como describir al sector que representa un peligro latente para el operario, con el fin de solucionar el inconveniente de este problema y así reducir el índice de accidentalidad por mal posicionamiento de la materia prima en la maquinaria y al mismo tiempo obtener una mayor eficiencia en el proceso a tratar.

Los principales beneficiados con esta investigación son los operarios de la maquinaria de roscado por laminación (ya que se reducen las lesiones por mal posicionamiento)

y los empresarios (se benefician por una mayor eficiencia y precisión en su producto). Con esta investigación se espera conocer cómo es el proceso de realización de roscado de $\frac{1}{4} \times 2'' \frac{1}{2}$ y con ello realizar un estudio del subproceso. Como objetivo, se busca diseñar un sistema robótico el cual ayude en el proceso de fabricación para ganchos de $\frac{1}{4} \times 2'' \frac{1}{2}$ a la hora de realizar el posicionamiento para el roscado por laminación en un extremo.

Fundamentación teórica

La automatización y la robótica son dos tecnologías estrechamente relacionadas. Las necesidades actuales de aumentar la productividad y generar productos acabados de calidad alta y uniforme, provocan que la industria busque una automatización como una tecnología que esté relacionada con el empleo de sistemas mecánicos electrónicos y computacionales en la operación y control de la producción (Saquimux, s.f.). Se plantea llevar a cabo la automatización del proceso mediante la implementación de un brazo robótico de 4 grados de libertad.



Diseño del prototipo

El diseño de los elementos mecánicos que constituyen el prototipo, y el material idóneo para su construcción con respecto a la función que cumple cada elemento. Estos elementos son los siguientes:

Brazo Robótico: se trata de un brazo mecánico que se puede programar y tiene como función imitar o realizar funciones parecidas al del brazo humano. Estos mecanismos pueden ser parte de robots más complejos o ser independientes (RIPIPSA, 2021).

Partes que conforman un brazo robótico:

- Controlador: es representado por un microordenador con una unidad central encargada de calcular los procesos, movimientos y comandos a ejecutar.
- Actuadores: corresponde a los motores encargados de generar fuerza para los movimientos.
- Manipulador: parte mecánica que cumple la función de realizar los movimientos de los brazos mecánicos.
- Mano robótica o gripper: es la extensión final de la muñeca y cumple la función o tarea del movimiento mecánico final, según sea el componente que corresponde a una pinza o alguna herramienta que cumpla las funciones de las condiciones de trabajo. (RIPIPSA, 2021).

Funcionamiento de un brazo robótico

El funcionamiento de los brazos robóticos se lleva a cabo mediante la ejecución de un conjunto de lenguajes de programación que establecen las principales funciones. Estos incorporan sensores, los cuales consolidan los objetivos de automatización para de esta manera ejecutar las referencias por fuerza, aceleración, temperatura, ubicación, etc. (RIPIPSA, 2021)

Tipos de brazo robótico: el empleo de diferentes combinaciones de articulaciones en un robot da lugar a diferentes configuraciones, con características para tener en cuenta tanto en el diseño y construcción del robot como en su aplicación. Siendo las más utilizadas la rotacional (R) y la prismática (P). (Pareja, 2021; Montenegro y Yaguachi, 2021)

Como se puede observar en la tabla 1 se presenta las diferentes configuraciones de brazos robóticos y como a partir de estas el brazo robótico adquiere un nombre, como por ejemplo el brazo Angular, que posee tres articulaciones giros o rotaciones, o el cartesiano, el cual posee tres articulaciones prismáticas o desplazamientos.

Robot antropomórfico

Es una máquina utilizada para la manipulación de todo tipo de elementos. El robot antropomorfo puede programarse para la manipulación de cualquier tipo de elemento. Para ello se diseñan y fabrican *gripper* que permiten la manipulación de cajas, garrafas, botellas, sacos o cualquier otro elemento (PACK abc, 2021).

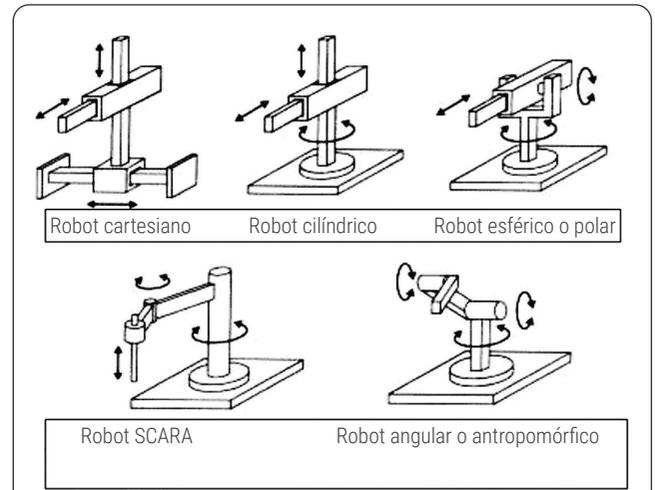


Figura 1. Tipos de brazos robóticos
 Nota. Tomado de Estudio para puesta en marcha de un robot. Clasificación de los Robots SCARA AdeptTrhee-XL (Pareja, 2010, p. 11).

Tabla 1. Tipos de configuración del brazo robótico

Nombre	Características
Cartesiana	3 desplazamientos, (PPP)
Cilíndrica	2 desplazamientos y 1 giro (PRP)
Polar	2 desplazamientos y 1 giro (RPP)
Angular	3 giros (RRR)
SCARA	1 desplazamiento y 2 giros (RRP y PRR)

Nota. Adaptado de Estudio para puesta en marcha de un robot. Clasificación de los Robots SCARA AdeptTrhee-XL (Pareja, 2010).

La máquina está equipada con un largo brazo robótico articulado, el cual está montado en una base giratoria, para desplazarse rápidamente y con precisión sobre los 4 ejes. En el extremo del brazo se encuentra montada una pinza multifunción o gripper que se puede equipar para distintos tipos de trabajos (CONCETTI, 2021).

Cinemática de un brazo robótico

El modelo cinemático de un robot es el análisis del movimiento de este con respecto a un marco de referencia. Existen dos métodos fundamentales, cinemática directa y cinemática inversa (Escandón y Trujillo, 2021).

Grados de libertad

Se denomina grado de libertad (g.d.l.) a cada una de las coordenadas independientes que son necesarias para describir el estado del sistema mecánico del robot (posición y orientación en el espacio de sus elementos). Normalmente,

en cadenas cinemáticas abiertas, cada par eslabón-articulación tiene un solo grado de libertad, ya sea de rotación o de traslación. Pero una articulación podría tener dos o más g.d.l. que operan sobre ejes que se cortan entre sí. (Inteligencia Artificial, 2021)

Gripper

En la elección o diseño del gripper, se ha de tener en cuenta factores limitados por un objeto tales como peso, forma geométrica, tamaño, fuerza necesaria a aplicar y mantener para sostener. Además, se debe tener en cuenta el peso de este gripper o pinza de agarre, ya que este puede afectar la inercia del robot, el equipo de accionamiento y la capacidad de control. (Rodríguez, 2022).

Materiales

Al momento de seleccionar el material de la estructura se debe considerar el costo, qué tan manipulable es el material, la resistencia mecánica, la disponibilidad en el mercado y el uso que se le vaya a dar al robot (Montenegro y Yaguachi, 2020).

Metodología

La metodología más apropiada para este proyecto es la investigación cuantitativa. Este enfoque nos permite analizar de manera objetiva y cuantificable los problemas clave en la industria metalmecánica, como el tiempo requerido para llevar a cabo diversas tareas por parte de los operadores en empresas dedicadas a la metalmecánica. En particular, nos centramos en el proceso de roscado por laminación.

Se han llevado a cabo visitas periódicas durante cuatro meses a la planta "Torniroscados Boyacá". En esta se ha evidenciado falta de continuidad del operario a la hora de la realización o ejecución en una de las partes que une un segmento de la escalerilla con otra, este elemento es conocido como gancho bastón zincado de ¼ x 2" ½ al cual se le ha realizado un estudio estadístico, en el cual se logra evidenciar problemas como contratiempos en el área de roscado. Se ha obtenido, según la investigación del presente proyecto, resultados estadísticos de tiempo empleado en realizar la labor de roscado del operario en diferentes cantidades a distintos tiempos, los cuales podemos utilizar como un punto de referencia en el tiempo utilizado para realizar cierta labor.

Tabla 2. Tipos de gripper

Tipo	Accionamiento	Uso
Gripper de presión angular	Neumático o eléctrico	Transporte y manipulación de piezas sobre las que no importe presionar
Gripper de enganche	Neumático o eléctrico	Pinzas de grandes dimensiones o sobre las que no se puede ejercer presión
Ventosa de vacío	Neumática	Cuerpo con superficie lisa y poco porosa
Electroimán	Eléctrico	Piezas ferromagnéticas

Nota. Tomado de Rodríguez (2022).

Tabla 3. Materiales y cualidades de estos

Material	Disponibilidad	Costo	Resistencia	Corte
Madera	Excelente	Bueno	Malo-Excelente	Malo-Excelente
Contrachapado	Excelente	Regular	Excelente	Regular
Acero	Bueno	Bueno	Excelente	Malo-Excelente
Aluminio	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno-Excelente
Poliestireno	Bueno	Regular	Mala-Regular	Bueno-Excelente
PLA	Excelente	Bueno	BuenoExcelente	Bueno-Excelente

Nota. Adaptado de Montenegro y Yaguachi (2020).

Tabla 4. Datos obtenidos en el roscado por laminación

Hora de Inicio	Hora de finalización	Cantidad de materia prima roscada	Tiempo empleado	Tiempo empleado en pausas activas
7:00am	12:00pm	104520	5 horas	31 min
7:00am	12:00pm	105520	5 horas	42 min
7:00am	12:00pm	103520	5 horas	30 min
7:00am	12:00pm	104253	5 horas	30 min
7:00am	12:00pm	98353	5 horas	62 min
7:00am	12:00pm	99625	5 horas	54 min

Con la información de la tabla 4, se lleva a cabo el promedio de la variable de cantidad roscada. Un promedio de valores para una variable específica, en este caso materia prima roscada, la cual fue 102631,8333 elementos roscados. La media es la variable de tiempo empleado en pausas activas, con un valor de 36,5 minutos. Finalmente, valores

mínimos y máximos sirven para dar a conocer una escala de valor mínimo en la variable de la materia prima roscada, con un valor de 99625, y la máxima con un valor de 105520 de elementos roscados.

En la figura 2 se puede observar un diagrama de bloques, el cual representa el proceso que se lleva a cabo en la planta Torniroscados Boyacá. Esto con el fin de tener un mayor conocimiento sobre el desarropo de un gancho $\frac{1}{4} \times 2'' \frac{1}{2}$.

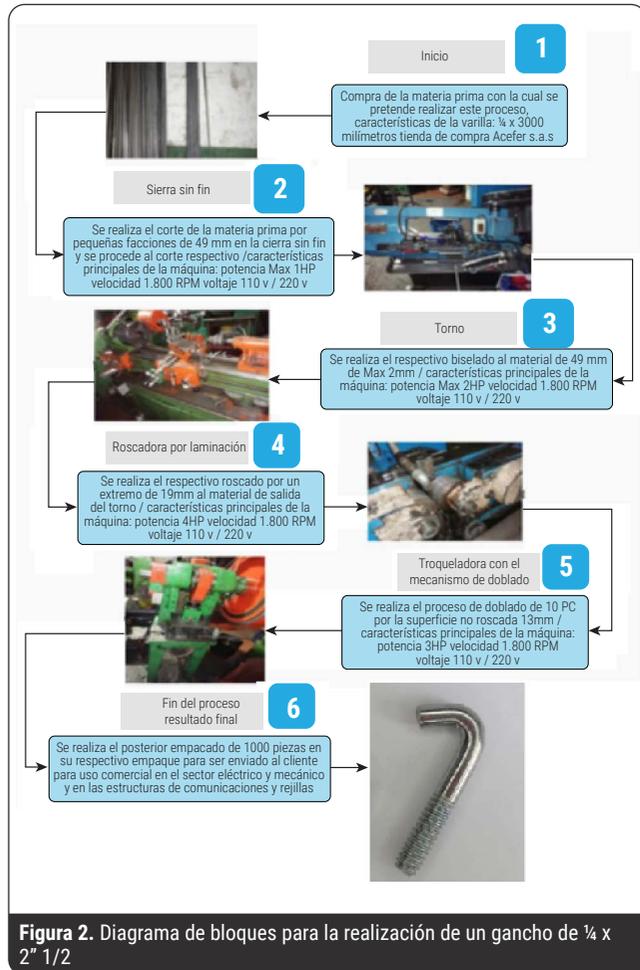


Figura 2. Diagrama de bloques para la realización de un gancho de $\frac{1}{4} \times 2'' \frac{1}{2}$

Construcción del brazo robótico

En este apartado del documento se encuentra el paso a paso de la construcción del brazo robótico tipo antropomórfico.

Paso 1. Diseño y construcción del brazo en el software Inventor.

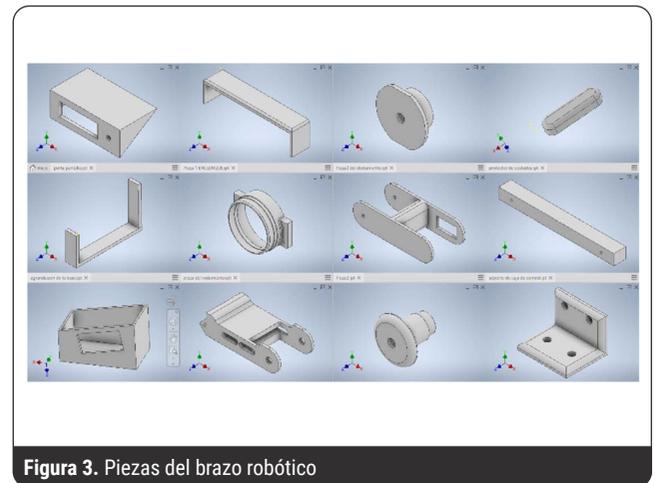


Figura 3. Piezas del brazo robótico

Paso 2. Impresión del brazo robótico en PLA. En esta fase se utilizó la impresora 3D Ender3s1PRO y el software Sleycer. En este paso se debe generar un archivo tipo STL desde el software de Inventor para poder realizar las debidas configuraciones en el programa de la impresora.

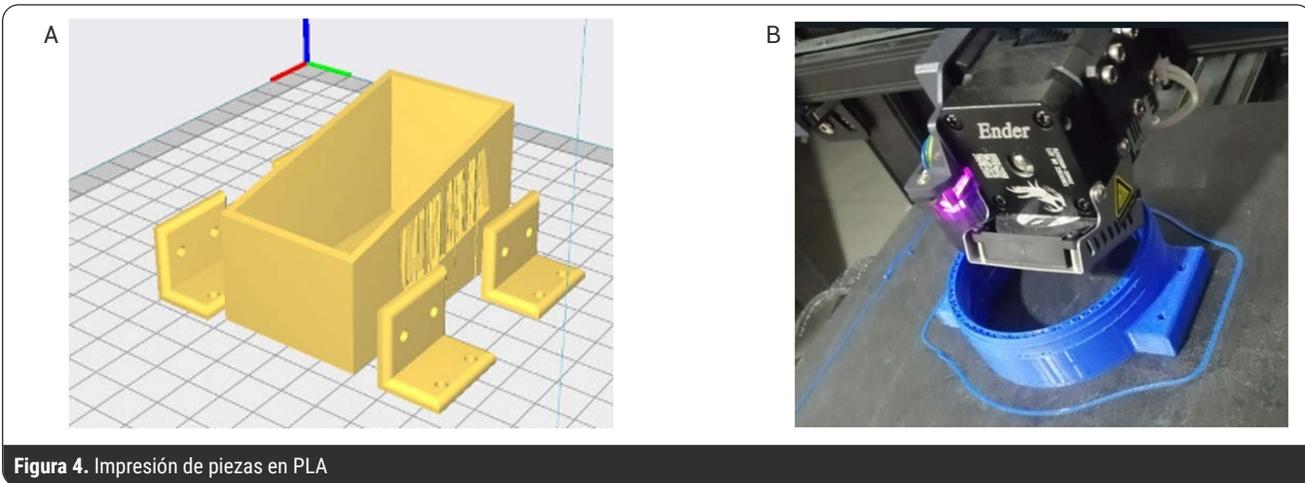


Figura 4. Impresión de piezas en PLA

Paso 3. Se procede a realizar el preprocesado de las piezas impresas para dar un mejor acabado (Masillado y lijado).



Figura 5. Masillado y lijado de las piezas.

Paso 4. Se elaboran los acabados finales de las piezas en este paso se pinta con spray de color plata y negro.



Figura 6. Proceso de pintado de las piezas

Paso 5. Montaje estructural y cableado del brazo robótico



Figura 7. Montaje estructural y cableado del brazo robótico

Análisis de resultados

Los resultados que se han obtenido identifican que el problema en la industria metalmeccánica es por mal posicionamiento de la materia prima, ya que una de cada 12 secciones de materia prima mal ubicada detiene el proceso y produce una pérdida de dos secciones de roscado. Por consiguiente, se concluye que la maquinaria tiene su propio sistema automático que ha determinado tiempos en el cierre del sistema que realiza el roscado y evita que se pueda roscar cierta sección.

En este proyecto se habla de diferentes componentes que se podrán utilizar en la creación del brazo robótico para el mejoramiento de gestión y proceso en las fábricas de metalmeccánica, y para su mejor la calidad y productividad.

Se ha realizado un prototipo el cual está compuesto con un chasis impreso en PLA, una base de acero 10-20 grado 2, en la parte electrónica cuenta con dos motores paso a paso



28BYJ-48, que cuenta con un torque de 300 gf.cm con su respectivo módulo ULN2003, también en la parte del gripper se cuenta con un servomotores sg90, para el buen agarre del material es necesario adecuar el servomotor Mg995, para un funcionamiento óptimo del segundo grado de libertad que cuenta con un torque de 10 kgf cm para que este funcione adecuadamente a los requerimientos necesarios para el desplazamiento del sistema.

La principal necesidad de la empresa en donde se realizó el estudio periódico se enfoca en las pérdidas generadas en los procesos de roscado, generados por el sobredimensionamiento

que el operario da a la materia prima, obteniendo un bajo rendimiento y producción a la hora de llevar a cabo dicho proceso. Lo que se busca solucionar con la implementación del presente proyecto, dando como resultados a esperar, mejorar la eficiencia y los déficits por devolución de productos.

Modelo matemático, cinemático de un brazo robótico de 4 grados de libertad y matriz homogénea.

- Diagrama cinemático simplificado.

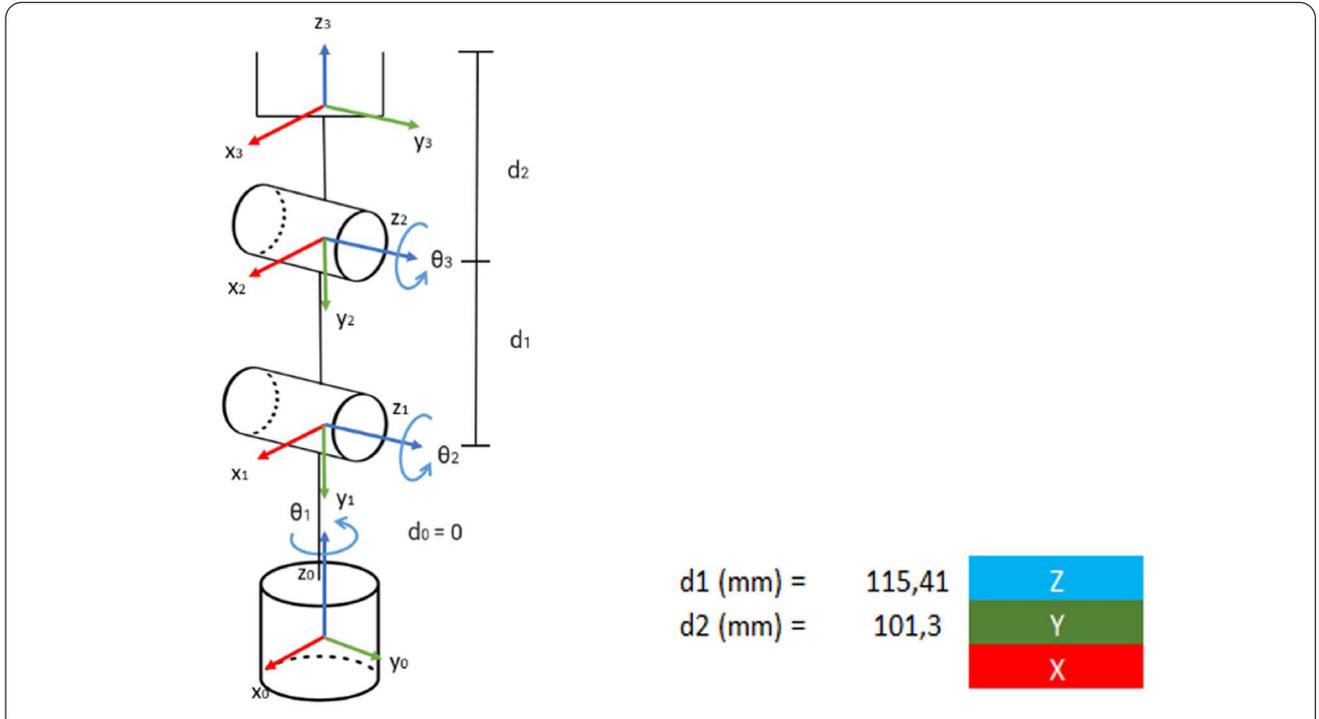


Figura 8. Diagrama cinemático simplificado

- Notación Denavit Hartenberg

Tabla 5. Denotación Denavit Hartenberg

Articulaciones(i)	θ_i°	d_i	a_i	a_i°
1	θ	0	0	90°
2	θ_2	d_1	0	0
3	θ_3	d_2	0	90°

$$T_{12} = \begin{pmatrix} \cos(\theta_2) & -\text{Sen}(\theta_2) & 0 & 0 \\ \text{Sen}(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

- Matriz de transformación homogénea

$$T_{01} = \begin{pmatrix} \cos(\theta_1) & 0 & -\text{Sen}(\theta_1) & 0 \\ \text{Sen}(\theta_1) & 0 & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$T_{23} = \begin{pmatrix} \cos(\theta_3) & 0 & \text{Sen}(\theta_3) & 0 \\ \text{Sen}(\theta_3) & 0 & -\cos(\theta_3) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

- Matriz de transformación simplificada

$$T_{03} = \begin{pmatrix} \frac{\cos(x+y+z)+\cos(x-y-z)}{2} & -\text{Sen}(x) & \frac{\text{Sen}(x+y+z)-\text{Sen}(x-y-z)}{2} & -a * \text{Sen}(x) - m * \text{Sen}(x) \\ \frac{\text{Sen}(x+y+z)+\text{Sen}(x-y-z)}{2} & \text{Cos}(x) & \frac{-\cos(x+y+z)+\cos(x-y-z)}{2} & a * \text{Cos}(x) + m * \text{Cos}(x) \\ -\text{Sen}(y+z) & 0 & \text{Cos}(y+z) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$= \begin{pmatrix} R11 & R12 & R13 & X \\ R21 & R22 & R23 & Y \\ R31 & R32 & R33 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Nota. Para motivos prácticos al momento de realizar las operaciones de matrices se utilizó el siguiente enlace <https://matrixcalc.org/es/>

Conclusiones

Las conclusiones que se han obtenido sobre el presente proyecto plantean una idea de los conocimientos adquiridos durante la realización de los datos estadísticos. A partir de ello, se analiza un problema, el cual es muy común en el gremio de la metalmecánica, ya que principalmente en el área de roscado se evidencia varios inconvenientes a la hora de realizar este proceso. Bajo ese análisis se busca facilitar el desarrollo del trabajo final con una mayor calidad, precisión y seguridad. Para llevar a cabo la implementación de un brazo robótico, es importante tener conocimientos previos sobre algunos temas, tales como grados de libertad, cinemática, las distintas partes de un brazo robótico, para de esta forma tener una idea más amplia y específica de lo que es un brazo robótico para el estudio de este.

En esta industria se encuentran una infinidad de brazos robóticos aplicados a diferentes áreas y funciones para este trabajo, y en la solución de la pregunta problema se ha escogido el brazo robótico antropomórfico, pues en este caso específico es ideal para la recolección de las piezas, y su uso en el roscado. Mediante el proceso de construcción del prototipo se obtuvieron diferentes resultados tanto positivos como negativos, entre ellos se puede destacar que el prototipo es totalmente práctico dentro como fuera de la industria metalmecánica y en su funcionalidad operativa, centralmente de los aspectos positivos de su diseño se pudo observar estabilidad en la base la cual está elaborada en acero 10-20 G.2. Por esta razón se estableció una estabilización firme en el sistema, la cual ayuda a tener un desplazamiento más exacto y simple en el eje x con esto obteniendo un mejor desplazamiento respecto a la caja de control donde se encuentran los componentes más importantes tales como el microcontrolador, el módulo de la pantalla LCD monocromática, la cual se encuentra recubierta de acrílico para evitar un contacto directo a sus componentes. Una vez realizado el prototipo se procede a la realización del código fuente para el control y verificación

del sistema para su total funcionalidad operativo, el cual está expuesto a cambios dependiendo el trabajo que se le dé a este prototipo tanto de conteo, traslado y supervisión de productos metalmecánicos.

Referencias

- Concetti. (2021, 24 de agosto). Concetti. <https://www.concetti.com/es/productos/sistemas-de-paletizacion/antropomorfo>
- Escandón, S. y Trujillo, M. (2017). *Análisis cinemático de un brazo robótico de cinco grados de libertad e implementación de un control en Matlab* [Tesis de pregrado, Universidad Superior Politécnica del Litoral]. https://www.researchgate.net/publication/325176856_
- Inteligencia Artificial. (2021, 23 de agosto). *Inteligencia Artificial*. <https://freedomforlife.wordpress.com/grados-de-libertad/>
- Montenegro, G. N. y Yaguachi, M. (2020). *Diseño Construcción y Control de un Prototipo de Brazo Robótico Antropomórfico para las Soldadura por Punto Para las Diferentes Figuras, mediante el Uso de Cinemática Inversa y Visión Artificial*. [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18460/1/UPS%20-%20ST004459.pdf>
- Pack ABC. (2021, 24 de agosto). *Robot Antropomorfo*. <https://www.abc-pack.com/productos/robot-antropomorfo/#:~:text=M%C3%A1quina%20concebida%20para%20el%20manipulador,botellas%2C%20sacos%20o%20cualquier%20elemento.>
- Pareja, F. (2010). *Estudio para Puesta en Marcha de un Robot. Clasificación de los Robots SCARA AdeptThree-XL*. [Tesis de Pregrado, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/112648/PAREJA%20-%20Estudio%20para%20la%20puesta%20en%20marcha%20de%20un%20robot%20SCARA%20AdeptThree-XL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Repipsa, Tecnología al Servicio de la Industria. (2021, 23 de agosto). *Brazos Robóticos ¿Qué son para que funcionan y que tipo existen?* <https://ripipsabots.com/brazos-roboticos-industriales/>

Rodríguez, C. (2017). Diseño y Simulación de Gripper Intercambiable entre Robot FANUC LR MATE200iD y Motoman MH5F. [Tesis de Maestría]. <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/102/1/RodriguezGonzalezChristianIrvingE%20MMANAV%202017.pdf>

Saquimux, C. R. (s.f.). *Título del documento* [Tesis de... Universidad de San Carlos de Guatemala]. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40508360/de_robot-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1664057814&Signature=XiLHYJNGJCse2o9xnPWU2X~asZSSOCi-wBULvwMCGJmwcgptmAfV6H3ZzxEtwBHA6Ys4jqAtk2qpEFja-qZzTeoLhR5QY4~s-HHpyNjjGD8iPe5tr24kKj4i50tQ0dWNNlepi-F8oY-aF7BuqiStX

Anexos

Tabla 6. Presupuesto y componentes del brazo robótico

	Material	Precio Unitario	Cantidad	Subtotal
Cuerpo	Impresión en PLA	\$ 350.000,00	Todas las piezas	\$ 350.000,00
	Acrílico	\$ 25.000,00	1	\$ 25.000,00
	Rodamiento Grande	\$ 80.000,00	1	\$ 80.000,00
	Rodamiento Pequeño	\$ 10.000,00	2	\$ 20.000,00
	Tornillería	\$ 15.000,00	Tuercas y arandelas	\$ 15.000,00
	Pin de Bronce	\$ 15.000,00	1	\$ 15.000,00
Base	Material metal 10-20	\$ 450.000,00	1	\$ 450.000,00
	Maquinado	\$ 350.000,00	1	\$ 350.000,00
Instrumentación	Servomotor	\$ 30.000,00	3	\$ 90.000,00
	Servomotor	\$ 15.000,00	1	\$ 15.000,00
	sensor	\$ 7.000,00	1	\$ 7.000,00
	Pantalla LCD	\$ 21.000,00	1	\$ 21.000,00
	ESP 32	\$ 35.000,00	1	\$ 35.000,00
	Convertor DC-DC	\$ 5.000,00	1	\$ 5.000,00
	Modulo Boost	\$ 27.000,00	1	\$ 27.000,00
	Interruptor	\$ 4.000,00	2	\$ 8.000,00
	Resistencias/Diodo ratificador	\$ 4.000,00	1	\$ 4.000,000
Alimentación	Cargador	\$ 50.000,00	1	\$ 50.000,00
	Cable USB	\$ 9.000,00	1	\$ 9.000,00
	Jumpers	\$ 30.000,00	1	\$ 30.000,00
	Cable UTP	\$ 1.500,00	2 m	\$ 3.000,00
	Adaptador macho/hembra a bornera	\$ 3.000,00	el par	\$ 3.000,00
Otros	Super blue	\$ 2.000,00	10	\$ 20.000,00
	Espray	\$ 10.000,00	3	\$ 30.000,00
	Lija	\$ 1.000,00	6	\$ 6.000,00
	Cubre Cable	\$ 22.000,00	1 m	\$ 22.000,00
	termo encogible/Cinta Aislante	\$ 5.000,00	1 m	\$ 5.000,00
			Total	\$ 1.695.000,00

La tabla 6 nos presenta los materiales utilizados para llevar a cabo la construcción del brazo robótico. Cabe resaltar de que en la tabla se separó en secciones para poder

identificar más fácilmente los componentes del cuerpo, base, instrumentación, alimentación y otros componentes de este.

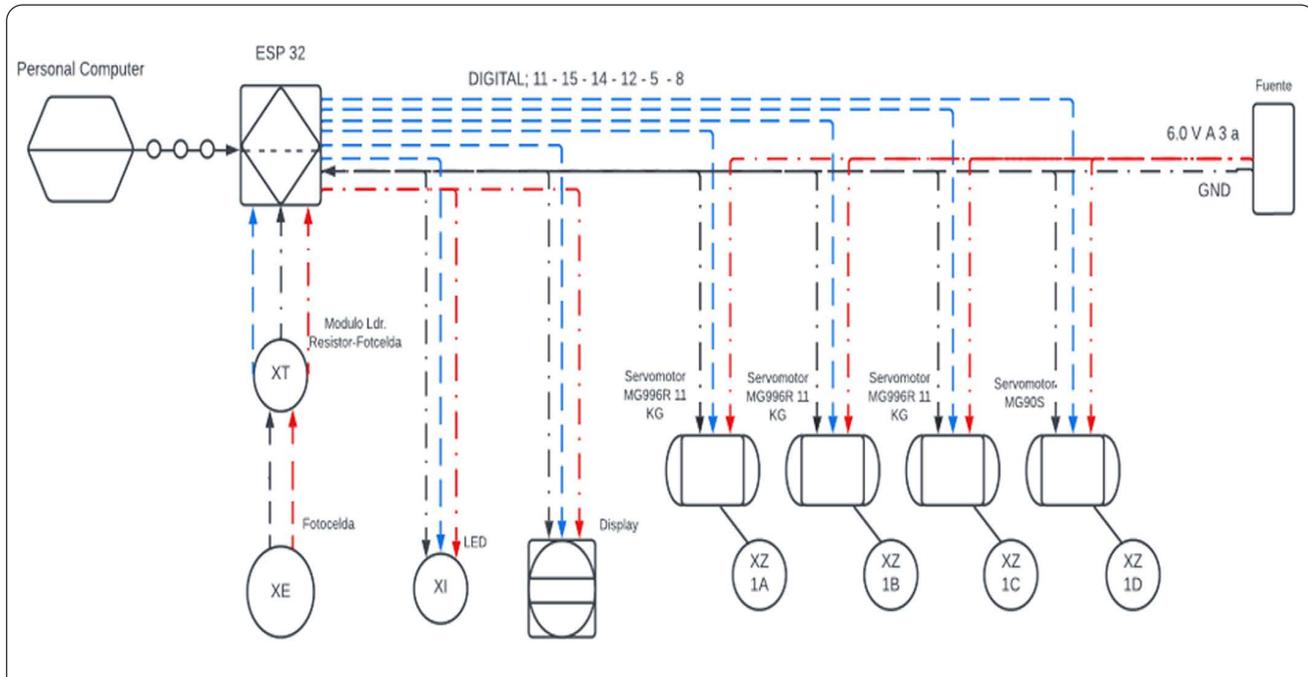


Figura 9. Diagrama de sensoria ISA 51

En la figura 9 se puede observar las entradas y salidas del microprocesador entre las salidas encontramos servomotores MG996R, un servomotor MG90S los cuales están proporcionalmente ligados a los grados de libertad del brazo robótico ya que por cada grado de libertad se debe generar un movimiento, también se encuentran las entradas de este las cuales son los valores que entran al ESP 32 como lo es la lectura del sensor foto lumínico.

En la figura 10 se encuentran los pasos a realizar por el brazo robótico en los cuales debe preguntar si hay una pieza, en caso de que, si la haya seguir con el siguiente paso, en su caso contrario volver a preguntar por la pieza hasta que sea detectada, de esta misma forma se lleva a cabo el diagrama de flujo.



Posiciones del brazo robótico
 0. posición inicial
 1. posición cercana al sensor lumínico
 2. posición frente al sensor lumínico
 "recoger el gancho"
 3. posición cercana al punto final "entrega del gancho"
 4. posición frente al punto final "dejar el gancho"

Estados del gripper
 Estado
 0. Cerrado
 1. Abierto

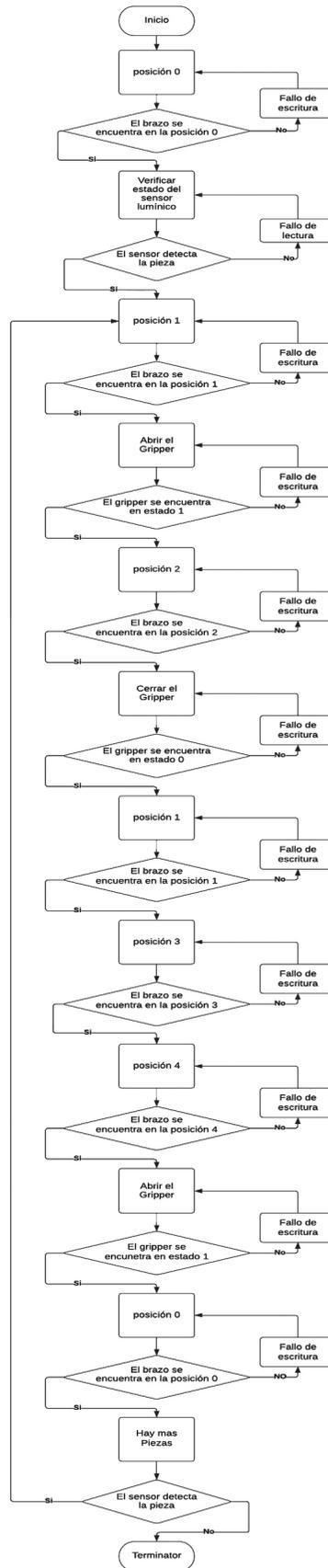


Figura 10. Diagrama de flujo de funcionamiento