

Diseño de una pinza para el agarre de objetos.
Design of a gripper for gripping objects

José William Ugalde Vicuña

Jose.ugaldevi@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1240-7804>

Universidad de Guayaquil

Resumen

La industria constantemente consigue las respuestas a sus problemas de manera más rápida, eficiente y con un alto control de la calidad. Estos son basados en avances tecnológicos que nacen de desarrollar métodos que permitan una mejor garantía de las necesidades industriales. Uno de estos es la manipulación de objetos que pueden presentar un peligro para la salud de sus operadores. Es por ello, que los implementos de sujeción permiten un grado de confiabilidad, seguridad y calidad dentro de la manipulación de objetos que pueden estar regidos por parámetros como presión, velocidades y temperaturas diferentes. Dentro de estos implementos se encuentra las pinzas de agarre. Por lo cual, el objetivo general de esta investigación es analizar el diseño de una pinza para el agarre de objetos. La metodología utilizada se basó en un diseño bibliográfico de investigación tipo documental. Los resultados se basaron en la evaluación de criterios de selección considerando las fuerzas, agarre y velocidad de manipulación de la pinza. Como conclusión se tomó en consideración todos estos factores el diseño se implementó una pinza de agarre de tipo hexagonal por la variedad de objetos a tomar y de que produce mayor sujeción por la cantidad de garras, donde el elemento principal es el pasador que soportará todas las cargas tanto estáticas como dinámicas del proceso, del mismo modo estará regido por un motor paso a paso con torque 9kg.cm y un reductor de velocidad 7:1 para el desplazamiento vertical de la pinza más el peso de la carga que lleva.

Palabras Clave: industria, pinza, esfuerzos, agarre, velocidad de manipulación.

Abstract

The industry constantly gets the answers to its problems faster, more efficiently and with high quality control. These are based on technological advances that arise from developing methods that allow a better guarantee of industrial needs. One of these is the manipulation of objects that may present a danger to the health of their operators. That is why the clamping implements allow a degree of reliability, safety and quality within the manipulation of objects that can be governed by parameters such as pressure, speeds and different temperatures. Among these implements is the grippers. Therefore, the general objective of this research is to analyze the design of a clamp for gripping objects. The methodology used was based on a documentary-type research bibliographic design. The results were based on the evaluation of selection criteria considering the forces, grip and handling speed of the gripper. As a conclusion, all these factors were taken into consideration, the design was implemented with a hexagonal type gripper for the variety of objects to be taken and that produces a greater grip due to the number of claws, where the main element is the pin that will support all the Both static and dynamic loads of the process, in the same way it will be governed by a stepper motor with 9kg.cm torque and a 7: 1 speed reducer for the vertical displacement of the gripper plus the weight of the load it carries.

Keywords: industry, gripper, efforts, grip, handling speed.

Introducción

La industria constantemente consigue las respuestas a sus problemas de manera más rápida, eficiente y con un alto control de la calidad. Estos son basados en avances tecnológicos que nacen de desarrollar métodos que permitan una mejor garantía de las necesidades industriales. Dentro de estos avances están la creación innumerable de brazos robóticos, los cuales utilizan una variedad de pinzas para el agarre de objetos. Es por ello que, en las industrias pesadas, las pinzas robóticas tradicionales o convencionales son las más utilizadas, debido a su precisión y velocidad de agarre (Cardin-Catalan, Del Pobil, & Morales, 2019).

Este tipo de manipuladores han evolucionado en diversas áreas debido a que pueden manipular objetos de diferentes características y formas. Esta situación se transforma en retos constante dentro del diseño y de otras áreas de ingeniería. Por ejemplo, la sujeción de objetos de forma rebotica combina la detección de los objetos empleando sistemas de visión artificial o sensores precisos, y la estructura mecánica del manipulador que provea flexibilidad, adaptabilidad y sujeción blanda (Plata & Arancibia, 2019).

Ahora, el origen de los manipuladores de objetos como las pinzas solo manejaban objetos comunes y sencillos. Según Chen F. (1982) comenta que la pinza es un dispositivo que se usa para manipular uno o unos pocos objetos de forma similar, tamaño y peso en una operación repetitiva, por lo que cambiar una de estas características se debe cambiar la pinza (Penisi, Ceccarelli, & Carbone, 2003).

De este modo, existen diversidad de pinzas de agarre que se diferencian por el tipo de manipulación o mecanismo de acción. Una de ellas son las pinzas mecánicas. Estas son compuestas por dedos para agarrar el objeto, siendo la fuerza de agarre por contacto y fricción mecánica (Nogales Jiménez, 2013).

Un aspecto importante a resaltar dentro de las pinzas son los componentes de agarre, los cuales pueden ser garras o dedos, donde estos últimos tienen una similitud al comportamiento de la mano del ser humano. Las garras, en su recorrido de aproximación al objeto pueden hacerlo con un desplazamiento paralelo a sí mismo o mediante uno de rotación respecto a un punto fijo de la pinza, además puede utilizarse un movimiento compuesto de traslación y rotación combinadas (Nogales Jiménez, 2013). Este sistema da una gran ventaja que es la opción de reemplazar los dedos o garras, dependiendo de las condiciones de entorno en caractericen la situación (Carranza Pose, 2015).

Muchas de estas pinzas son utilizadas en diferentes equipos como brazos y extensiones robóticas y en puentes grúa. Para el desarrollo de la investigación la pinza diseñada es utilizada en un puente grúa. En la Figura 1 se puede detallar las partes que conforman el puente grúa.

Según Planas en la NTP 736 define la grúa como una máquina de funcionamiento discontinuo destinada a la elevación y traslado de cargas suspendidas de un gancho o de cualquier otro accesorio de presión. Una grúa tipo puente consta de un elemento portador formado por una o dos vigas móviles, apoyadas sobre 2 carriles que se encuentran elevados por unos postes y sobre las que se desplaza el carro con los mecanismos elevadores, todo ello dispuestos sobre una estructura resistente. (Salcedo Burgos & Amendaño Clabón, 2015, pág. 25)

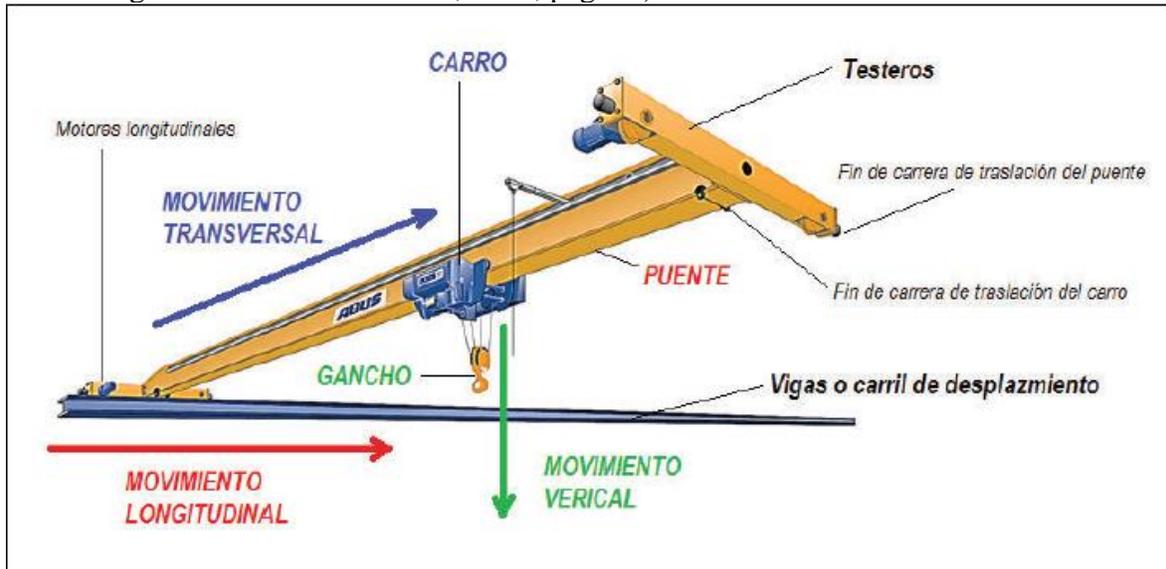


Figura 1. Los elementos básicos y desplazamientos del puente grúa. Fuente: (Salcedo Burgos & Amendaño Clabón, 2015)

Dentro del puente, la pinza de agarre juega un papel importante por lo que su diseño debe tomar en cuenta las funciones, los esfuerzos dinámicos y los componentes del mecanismo. El desarrollo empieza con la descripción del funcionamiento, con ellos se procede a desarrollar las cargas presentes en el sistema para que después se seleccione los componentes del mecanismo del agarre de la pinza. En la Figura 2 se muestra la estructura de las funciones. Luego, se especifica las dimensiones de geometría, fuerzas, resistencia, rigidez, masas, material, forma de ensamblaje y otros (Marrero-Osorio & Martínez-Escanaverino, 2009). Además, los componentes del mecanismo de las pinzas son:

- ✓ Barras: las estructuras de barras pueden tener dos o tres puntos de articulación, o bien juntas correderas.
- ✓ Piñón-cremallera: el elemento de entrada puede ser utilizado para lograr el movimiento de la garra paralelo o de oscilación.
- ✓ Levas: el mecanismo de leva en pinzas, es utilizado para un movimiento de la garra por traslación, actuando en general por un actuador de rotación.
- ✓ Tornillo: cuando el mecanismo es compuesto por tornillo solamente, actuando en general por un actuador de rotación.

- ✓ Cable y polea.
- ✓ Combinación de los anteriores. (Nogales Jiménez, 2013)

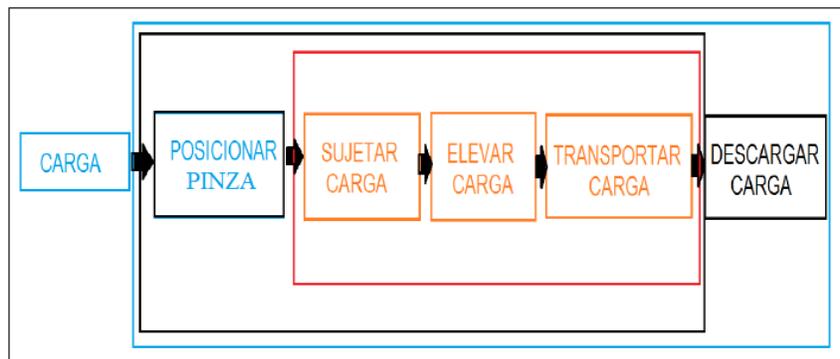


Figura 2. Estructura de funciones del puente grúa y de la pinza de agarre. Fuente: (Uceda Medina, 2017)

Por consiguiente, la pinza de agarre a diseñar es un sistema mecánico articulado de forma hexagonal lo cual permite un mejor agarre en el momento de la manipulación del crisol.

Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación es analizar el diseño de una pinza para el agarre de objetos. La metodología utilizada se basó en un diseño bibliográfico de investigación tipo documental.

Método

La metodología empleada para el desarrollo de esta investigación es de diseño bibliográfico de tipo documental. El diseño se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase, donde se efectúa un proceso de abstracción científica, generalizando sobre la base de lo fundamental, partiendo de forma ordenada y con objetivos precisos (Palella Stracuzzi & Martins Pestana, 2010).

El procedimiento se basó en el desarrollo de objetivos tales como describir la importancia de los manipuladores, establecer el desarrollo de las pinzas de agarre, evaluar las cargas que puede soportar y determinar el motor y reductor de velocidad que utilizara para los desplazamientos. Lograr este propósito se basó en una metodología de tipo documental y

bibliográfico a través de herramientas como textos, documentos y artículos científicos publicados disponibles en la web.

Resultados

Para comenzar con el desarrollo del diseño de la pinza de agarre, primero se procede a evaluar los objetos que serán tomados por el manipulador. Cabe considerar que el puente grúa, donde estará sujeta la pinza de agarre, será utilizado en un área de fundición metálica, por lo que los objetos serán de dimensiones variadas, pasando por chatarra como por el crisol de fundición. Es importante conocer este punto porque el mecanismo de agarre supone al final, una continuación entre la maquina manipuladora y la pieza que se desee sujetar (Carranza Pose, 2015). Existen factores y variables que influyen directamente en la selección del agarre, tal como se detalla en la Figura 3.



Figura 3. Factores y variables que influyen directamente en la selección del agarre. Fuente: (Carranza Pose, 2015)

La solución a una tarea de sujeción puede definirse en términos de requerimientos tecnológicos, (tiempo disponible para realizar la operación de pinzado, el recorrido que deberá realizar la pinza, y número de objetos a sujetar en un mismo instante de tiempo) parámetros de la pieza, la máquina a utilizar para la manipulación y las condiciones ambientales. (Carranza Pose, 2015, pág. 40)

El objetivo de la pinza es poder sostener los objetos de forma segura, por lo que la fuerza de fricción juega un papel importante. Esta fuerza permite contrarrestar los esfuerzos estáticos, dinámicos y de torsión producto de los movimientos. Según Hesse, S. (2000), la verdadera función de sujeción la realizan las fuerzas de rozamiento F_r , que se crean según la ley de rozamiento de Coulomb, en una dirección opuesta a la de movimiento y opuesta a la G debida

al peso del objeto sujetado (Carranza Pose, 2015). Estas fuerzas se pueden visualizar en la Figura 4.

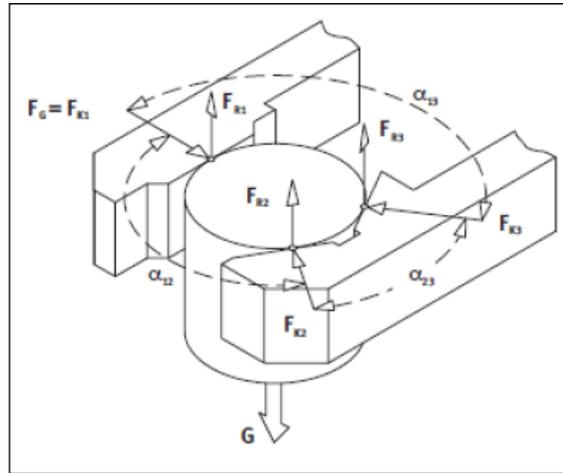


Figura 4. Representación gráfica de las fuerzas de contacto para mandíbulas en V con 3-4 puntos de contacto. Fuente: (Carranza Pose, 2015)

Otro factor importante en considerar en la sujeción de los objetos por parte de la pinza son los paros de emergencia. Estos suponen una carga estática que soportará la pinza sobre un tiempo determinado.

En el caso de un movimiento ascendente, la fuerza G debida al peso y la fuerza debida a la inercia F_b pueden ser compensadas por las fuerzas de rozamiento F_r . Durante el movimiento de descenso, la fuerza de inercia actúa oponiéndose a la fuerza debida al peso y hace que la pieza sea realmente “más ligera”. Sin embargo, durante la fase de frenado se produce una fuerza de deceleración. (Carranza Pose, 2015, pág. 54)

La velocidad de las garras de las pinzas depende de un punto clave, como son los pasadores que unirán las partes que conforman la pinza. El cinema de velocidades se obtiene llevando todos los vectores velocidad a un punto elegido arbitrariamente que se denomina polo de velocidades, para ello se utilizan las propiedades geométricas, conservación de ángulos y proporciones (Nogales Jiménez, 2013). El valor obtenido del pasador es muy pequeño y por el cual se opta por el pasador más pequeño que se encuentra en el mercado.

Después del análisis de todos estos factores se procede a realizar el diseño de la misma a través del software de diseño mecánico. Este diseño articulado es de forma hexagonal lo cual

permite una mejor sujeción en el momento de la manipulación de los objetos, como se muestra en la Figura 5. Luego se describió el tipo de material a utilizar, el cual debió ser de fácil acceso en el mercado y económico como lo es el acero AISI 1020. Además, se debía considerar un peso máximo de agarre de objetos de 20kg.

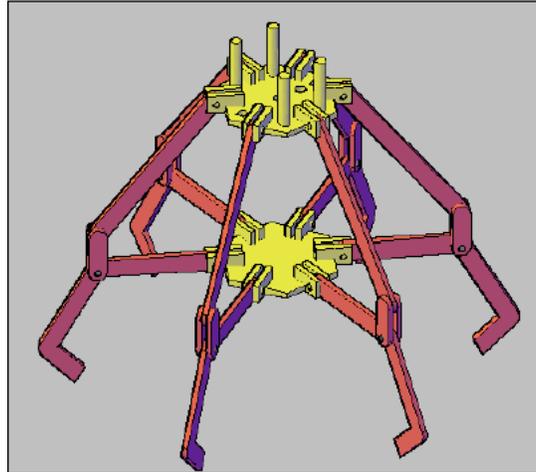


Figura 5. Pinza de agarre. Fuente: (Camacaro & Rodríguez, 2015)

Del mismo modo, los parámetros más importantes del objeto son su masa, forma, dimensiones y tolerancias, la posición del centro de gravedad, estabilidad, propiedades superficiales, material, rigidez y temperatura (Carranza Pose, 2015). Para empezar a calcular se toma el diseño que se muestra en la Figura 5, donde la pinza cuenta con 6 garras sujetadoras con el fin de poder abarcar la mayor cantidad de superficie de los objetos a tomar. El núcleo de la pinza tiene pasadores que servirán de sujeción de las garras, además de soportar el mayor peso de la estructura. El diámetro de estos pasadores es de 3mm y que están sometidos a fuerzas cortantes en 2 puntos, donde el peso que se va a sujetar es de alrededor 20kg (Camacaro & Rodríguez, 2015). En la Figura 6 se muestran los pasadores al cual se le ejerce la fuerza.

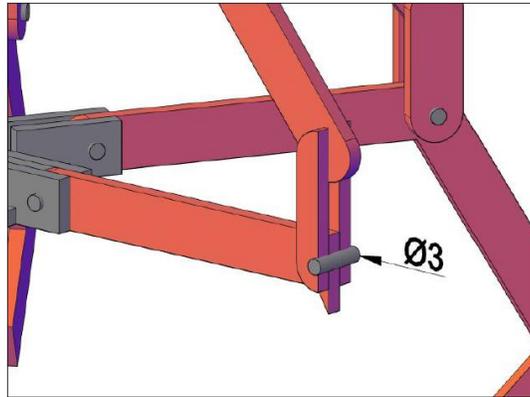


Figura 6. Pasadores de la pinza de agarre.
Fuente: (Camacaro & Rodríguez, 2015)

Los primeros cálculos arrojados fue el de la fuerza que soporta el pasador que arrojó 32,7N, también la fuerza cortante del pasador que dio 16,35N, así como también el esfuerzo cortante del mismo que resultó 2,31MPas el cual es un valor mínimo encontrado en las tablas de resistencia de este mismo pasador.

Del mismo modo, es necesario poder determinar la fatiga en esta pinza debido a que estará sometido a carga de tensión y torsión constantes. Para determinar el límite de resistencia a la fatiga se necesita tomar en cuenta algunos factores que pueden ocasionar cambios en el mismo, tales como condición superficial (k_a), tamaño (k_b), carga (k_c), temperatura (k_d), efectos varios (k_e), así como también el límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria (S_e').

Por lo cual, el límite de resistencia a la fatiga para todo elemento mecánico queda

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot S_e'$$

$$S_e = (0,81)(1,104)(1)(0,549)(1)191,52MPas$$

$$S_e = 94,02MPas$$

Luego, se calcula el factor de seguridad se considera

$$\frac{S_e}{n} = \sigma_a = \tau$$

$$n = \frac{S_e}{\tau}$$

$$n = \frac{94,02MPas}{2,31Mpas}$$

$$n = 40,7 > 1$$

Por lo que, los pasadores no fallaran. Este valor alto es debido a que el material y tamaño de los mismo sobrepasa el diseño, pero se utilizaron porque son de fácil acceso en el mercado.

Por otra parte, la extensión de la pinza depende del mecanismo de reducción y motor. Estos implementos también servirán para que la pinza se desplace de forma vertical en el puente grúa. Considerando que el eje tiene la capacidad para dar múltiples vueltas y la carga a levantar es pesada, la mejor opción es un motor paso a paso con acoplado a un reductor de velocidad para mejorar el torque del motor y poder usar un motor más económico (Camacaro & Rodríguez, 2015).

El tiempo que debe tardar en subir y bajar la pinza se asumió de 15segundos para evitar movimientos bruscos y la distancia vertical que debe recorrer es de 70cm, como el carrete el que se enrolla en cable tiene un perímetro de 12cm es necesario dar 5.84 vueltas para que la pinza realice todo su desplazamiento.

Dado que el carrete debe girar 5.84vueltas en un cuarto de minuto se puede obtener la velocidad en rpm necesaria para ese eje, tal como se expresa

$$V = \frac{5,84vueltas}{0,25minutos}$$

$$V = 26,36rpm$$

Teniendo los valores de la velocidad máxima que puede tener el motor y la velocidad del carrete se puede calcular la relación del reductor de velocidad

$$\text{Relación de reductor} = \frac{\text{velocidad de entrada}}{\text{velocidad de salida}}$$

$$\text{Relación de reductor} = 6,5$$

Conociendo la relación del reductor se puede seleccionar un reductor comercial por encima del valor calculado, sacrificando algo de velocidad a cambio de torque que es más importante lo que permite usar un reductor con una relación de 7:1.

Para seleccionar el motor se dividió el torque del eje entre la relación del reductor.

$$\text{Torque del motor} = \frac{\text{torque del eje}}{\text{relación}}$$

$$\text{Torque del motor} = \frac{45,7\text{kg.cm}}{6,5}$$

$$\text{Torque del motor} = 7\text{kg.cm}$$

Con estos datos se puede seleccionar un motor comercial por encima del calculado con un torque de 9kg.cm.

Por lo tanto, luego de los cálculos la fabricación de la pinza de agarre esta se refleja en la Figura 7.

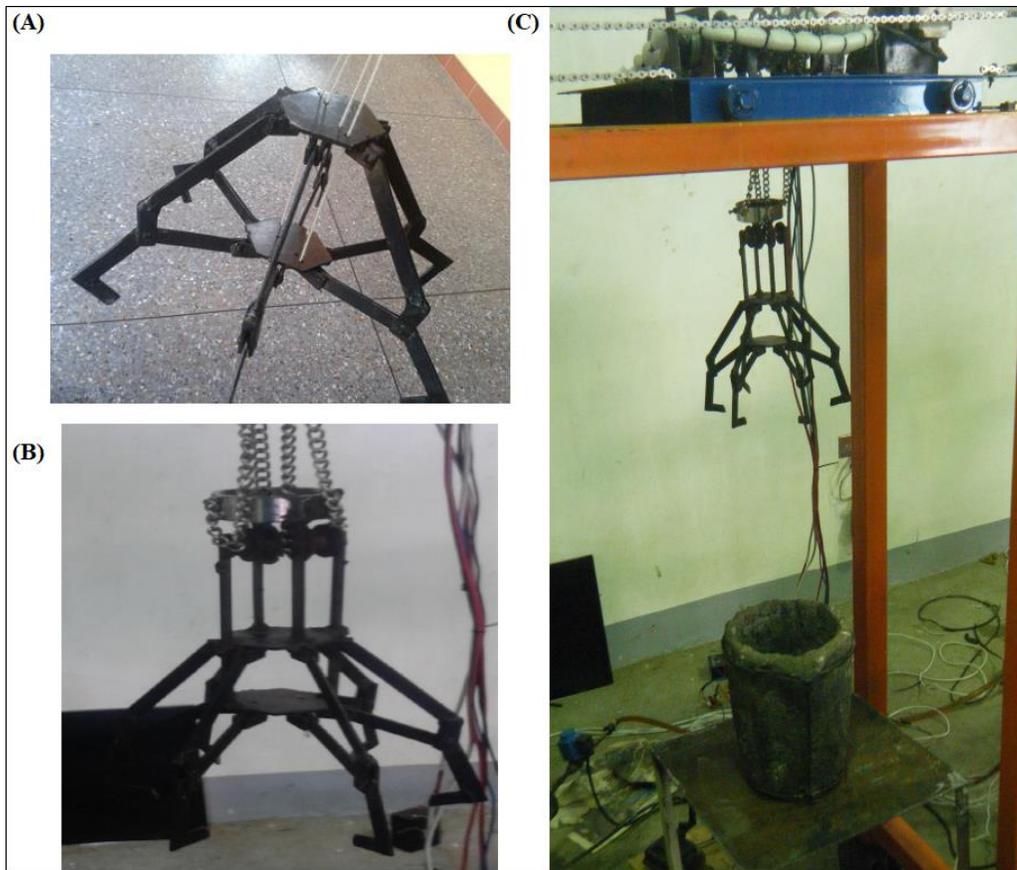


Figura 7. (A) y (B) vistas laterales de la pinza de agarre y (C) parte del puente grúa donde se visualiza la pinza y objeto a agarrar. Fuente: (Camacaro & Rodríguez, 2015)

Discusión y conclusiones

Una de las características de las industrias es la generación de conocimientos productos de las múltiples tecnologías creadas en función de dar respuestas a las inquietudes de sus procesos. Uno de estos es la manipulación de objetos que pueden presentar un peligro para la salud de sus operadores. Es por ello, que los implementos de sujeción permiten un grado de confiabilidad, seguridad y calidad dentro de la manipulación de objetos que pueden estar regidos por parámetros como presión, velocidades y temperaturas diferentes.

Dentro de estos implementos se encuentra las pinzas de agarre. Estas deben seguir una serie de requerimientos para cumplir con sus funciones. Factores como tamaño y peso de los objetos a tomar permiten diseñar las dimensiones en base a los esfuerzos y materiales a

utilizar. Un aspecto importante es la fuerza de agarre la cual esta regida por la fuerza de fricción, aunado a la velocidad que pueda abrir y cerrar sus garras y la de los desplazamientos vertical y horizontal que produce cargas de esfuerzos dinámicas como la torsión.

Por los tanto, tomando en consideración todos estos factores el diseño se implementó una pinza de agarre de tipo hexagonal por la variedad de objetos a tomar y de que produce mayor sujeción por la cantidad de garras, donde el elemento principal es el pasador que soportará todas las cargas tanto estáticas como dinámicas del proceso, del mismo modo estará regido por un motor paso a paso con torque 9kg.cm y un reductor de velocidad 7:1 para el desplazamiento vertical de la pinza más el peso de la carga que lleva.

Referencias

- Camacaro, T., & Rodríguez, J. (2015). *AUTOMATIZACION DEL HORNO DE FUNDICION UBICADO EN EL LABORATORIO DE CIENCIA DE LOS MATERIALES DE LA UNEXPO NUCLEO CARORA*. Carora, Venezuela: Trabajo de grado para optar al titulo de Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre".
- Cardin-Catalan, D., Del Pobil, A. P., & Morales, A. (2019). *Diseño de una nueva pinza robótica de resistencia variable usando dedos de partículas*. In XL Jornadas de Automática (pp. 671-678). Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións. Obtenido de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/23723/2019_Cardin-Catalan_Diseno-nueva-pinza-robotica.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Carranza Pose, A. (2015). *Análisis cinemático y dinámico de pinza de robot para espacios aislados*. Madrid, España: Trabajo de grado para optar al titulo de Ingeniero Mecánico de la Universidad Carlos III de Madrid. Obtenido de https://e-archivo.c3m.es/bitstream/handle/10016/23130/TFG_Alejandra_Carranza_Pose.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Marrero-Osorio, S. A., & Martínez-Escanaverino, J. (2009). Diseño paramétrico de pinzas de fricción. *Ingeniería Mecánica*, 12(1), 37-49. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2251/225114975005.pdf>
- Nogales Jiménez, L. (2013). *Diseño y análisis de una pinza de agarre con sistema retráctil*. Madrid, España: Trabajo de grado para optar al titulo de Ingeniero Mecánico de la Universidad Carlos III de Madrid. Obtenido de <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/19699>

- Parella Stracuzzi, S., & Martins Pestana, F. (2010). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas, Venezuela: FEDUPEL, Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Penisi, O. H., Ceccarelli, M., & Carbone, G. (2003). Clasificación de mecanismos en pinzas industriales de dos dedos. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 7(1), 59-75. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/30658560/210-Pizas_IberoJNL.pdf?1361906954=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DClasificacion_de_mecanismos_en_pinzas_in.pdf
- Plata, C. S., & Arancibia, J. G. (2019). Diseño e implementación de prototipo de una pinza robótica adaptativa de tres dedos basada en estructura FinRay®. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18 (34), 103-121. Obtenido de <http://udem.scimago.es/index.php/ingenierias/article/view/2199/2679>
- Salcedo Burgos, E. C., & Amendaño Clabón, L. R. (2015). *Construcción de un prototipo didáctico de puente grúa de posicionamiento manual y automático con pinza de sujeción para el izaje de objetos, controlado inalámbricamente desde una Tablet mediante Bluetooth utilizando el microcontrolador*. Quito, Ecuador: Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Electromecánica de la Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11002>
- Uceda Medina, C. E. (2017). *Diseño De Un Brazo Mecánico De Una Tonelada De Carga Y Tres Metros Elevación Para La Empresa Metarqel SAC*. Trujillo, Perú: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico Electricista de la Universidad César Vallejo. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23005/uceda_mc.pdf?sequence=1&isAllowed=y