



Diseño y construcción de un sistema semiautomático para preparación y cocción de alimentos, orientado al uso doméstico.

Jorge Andres Colunge Lopez

Corporación Universitaria Autónoma De Nariño, San Juan de Pasto-Colombia

jorge.colunge@gmail.com

Resumen- El presente documento tiene como propósito principal, plasmar una síntesis del proyecto ejecutado, referente a un sistema semiautomático para preparación y cocción de alimentos, orientado al uso doméstico. Teniendo en cuenta, las nuevas necesidades de la población, derivadas de su acelerado ritmo de vida, para lo cual, la implementación de tecnología innovadora y eficiente puede contribuir a las mismas, otorgando facilidad en una labor cotidiana del hogar. De lo anterior, se hace una descripción detallada de los procesos que se llevaron a cabo a lo largo de la investigación, para lograr la construcción del prototipo final.

Abstract- The point of the present article is to denote a synthesis about the project executed, in regard to a food preparation and cooking semi-automatic System, for home use. Taking into account, the necessity of the population derived from their busy life. For that the implementation of innovative and efficient technology can contribute, granting make a daily homework easier. A description is made about the process performed during the investigation and finally accomplish making the prototype.

I INTRODUCCIÓN

La investigación, versa sobre el desarrollo de un sistema capaz de preparar y cocinar alimentos, proponiendo un prototipo que facilite una de las actividades domésticas, para agilizar la realización de la misma, con asistencia de sistemas mecanizados, que permiten hacer esta labor de manera eficiente y automática, lo cual otorga optimización de tiempo.

Como marco referente, se estudia de igual manera, la historia de evolución de los utensilios de cocina, el conjunto de materiales en la elaboración de la cocina, los conceptos científicos asociados al diseño mecánico de la propuesta, las simulaciones necesarias realizadas para la programación del brazo robótico, los criterios de evaluación de la calidad del trabajo y finalmente el acople y funcionamiento de toda la cocina robótica a través de manuales de uso.

II METODOLOGÍA

El proyecto de estudio fue realizado con base en el método hipotético-deductivo, el cual consta de varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

III OBJETIVOS

Diseñar y construir un sistema semiautomático para preparación y cocción alimentos, orientado al uso doméstico.

Objetivos específicos

- Analizar procesos funcionales, a través de la recopilación de la información, identificando los requerimientos y tecnologías que aporten al desarrollo de la presente investigación.
- Diseñar y construir el sistema de preparación de alimentos
- Verificar el funcionamiento del prototipo, mediante la preparación de alimentos.

IV LA EVOLUCIÓN DE LOS ALIMENTOS

El descubrimiento y dominio del fuego hace 790.000 años por el Homo Erectus, significó un punto clave en el desarrollo humano, siendo uno de los fundamentales el alimenticio, ya que a ésta época se remonta la primera forma de cocción de alimentos como por ejemplo la cocción de la carne obtenida en caza [1] [2]. Gracias a éste proceso, se logró acentuar el sabor y disminuir la dureza de la carne, convirtiéndose así en un suceso evolutivo maravilloso, consiguiendo de ésta manera prescindir de los grandes músculos mandibulares y la protuberante quijada, lo cual conllevó a que el cerebro tuviera la libertad de expandirse.

En épocas posteriores, en aproximadamente 100 años, las estufas de carbón vegetal o leña, ubicadas en áreas apartadas arquitectónicamente del resto de la casa por la producción de humo y la acumulación de grasa, fueron reemplazadas por estufas de gas, eléctricas convencionales o de inducción; las cuales, gracias a su diseño prolijo, compacto y fácil de limpiar, fueron introducidas arquitectónicamente al resto de la vivienda [3]. Así como la estufa, en el mismo periodo de tiempo, aparecieron múltiples electrodomésticos que facilitarían la actividad culinaria. Ejemplo de ello; en 1922 aparece la licuadora, en 1946 el horno microondas, en 1932 la cafetera, y otros utensilios, junto a una infinidad de herramientas de mano para uso culinario [4].

A causa del último enfoque, se dio prioridad e importancia al desarrollo de herramientas que permitiesen agilizar los procesos de preparación de alimentos, esto con el fin de no abandonar las tradiciones culinarias y gastronómicas, debido a que éstas siguen jugando un papel importante en el mercado de abasto. Hoy en día, el interés de fortalecer éste método tradicional de preparación de alimentos, ayudado de herramientas tecnológicas. [5] [3] [4]

V LA INDUSTRIA ALIMENTICIA Y SU PROBLEMÁTICA

Las sociedades modernas, someten a los individuos a ritmos de vida frenéticos, para incrementar la competitividad en todas las áreas. De esta forma, las personas recurren a los principios evolutivos para adaptarse al entorno y ser aptos en el proceso de supervivencia. Lo anterior, afecta en varios ámbitos cotidianos de la población, entre esos a las actividades domésticas diarias, por ejemplo, la preparación de alimentos. Una solución parcial a esto, fue la aparición de la industria alimenticia, sin embargo, la misma trae consigo problemáticas propias, sobre todo en el ámbito nutricional, debido a la incorporación de nuevos ingredientes en la dieta diaria, como los edulcorantes, aditivos, potenciadores de sabor, conservantes, entre otros, que en su gran mayoría son perjudiciales para la salud. Esta producción de alimentos en grandes cantidades y la necesidad de que los mismos perduren en el tiempo, antes de entrar en estado de descomposición, han afectado en gran forma la manera tradicional de alimentarse que generan un sinnúmero de desórdenes fisiológicos en los seres humanos, convirtiendo actualmente la obesidad en una pandemia, junto con el excesivo incremento de patologías cardiovasculares. Estas condiciones se presentan con mayor incidencia en los países de primer mundo, sin embargo, debido a la globalización, las condiciones comienzan a asemejarse en el resto del mundo.



Figura 1. Moley Kitchen Cook
Fuente: [6]

VI INNOVACIÓN MUNDIAL EN ARTEFACTOS DOMÉSTICOS

La conectividad de dispositivos apoyados en redes de internet, ha sido un punto clave en el desarrollo tecnológico actual ofreciendo mayor control a las personas sin tener que realizar un gasto energético significativo, el internet de las cosas se vende como una alternativa novedosa para mejorar la calidad de vida de las personas y en el campo nutricional se están desarrollando grandes avances.

Joseph Martínez en su artículo Prospectiva: 7 grandes avances en tecnología alimentaria afirma que: “Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial y el Big Data, está cambiando radicalmente la manera de fabricar, transportar y consumir alimentos. Un informe de Accenture estima que la inversión global en el Internet de las Cosas (IoT) alcanzará la cota de 500.000 millones de dólares en 2020. En el caso particular de la industria de alimentación, se está produciendo una revolución a través de la digitalización de procesos que va a dar como resultado una mayor eficiencia y flexibilidad en: La fabricación del alimento (la llamada industria 4.0), las actividades relacionadas con la cadena de valor, Y el control de la calidad y seguridad alimentarias.

El máximo referente en la actualidad en el robot Moley kitchen fabricado por Moley Robotics en el año 2016, es un chef robótico equipado de múltiples sensores y cámaras para orientar las dos manos robóticas imitando casi a la perfección los movimientos humanos de un chef profesional, permitiendo elegir entre un aproximado de 2000 recetas guardadas. El robot cuenta con una biblioteca de recetas al estilo iTunes, capaz de almacenar platos de todo el mundo. La empresa Moley Robotics asegura que puede ser un instrumento muy útil para los restaurantes de cocineros profesionales, además de para uso doméstico [6].

Por otra parte, para entender mejor de qué se trata la automatización de las labores del hogar y cómo es la base de funcionamiento, es preciso enfatizar que “La "automatización del hogar" se refiere al control automático y electrónico de funciones y actividades de los electrodomésticos del hogar [7] [8] [9]. En términos sencillos, quiere decir que se puede controlar con facilidad los servicios y las funciones del hogar a través de Internet y con mayor seguridad y economía. Esto se logra a través de una red de hardware, comunicación e interfaces electrónicas que trabajan por medio de internet, para incorporar conexión entre los equipos de uso cotidiano. Cada equipo tiene sensores y está conectado por medio de WiFi, de modo que el control de estos se logra desde un smartphone o tableta y permite hacer cosas sencillas como encender las luces, asegurar la puerta del frente y hasta bajar la calefacción, no importa en donde el usuario se encuentre.

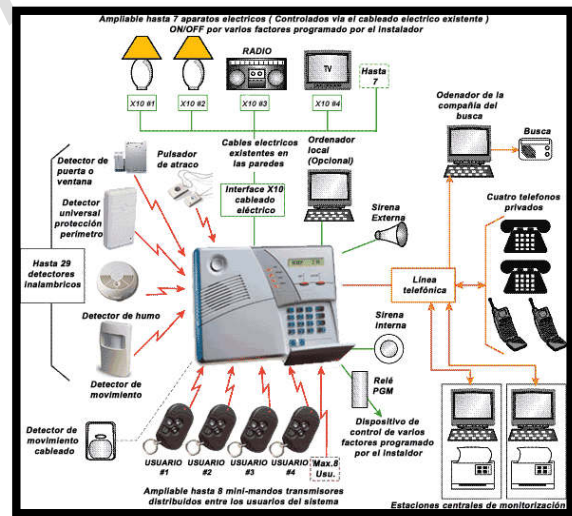


Figura 2. Elementos de una vivienda doméstica.
Fuente: ([7])

VII CRITERIOS DE EVALUACION

La investigación está proyectada a facilitar una de las labores domésticas cotidianas, para mejorar el estilo de vida de la población, teniendo en cuenta que esta actividad devenga tiempo que, en el actual ritmo acelerado de las personas, estas no lo poseen.

En los procesos de preparación de los alimentos, se tendrán en cuenta los pasos consecutivos que se requieren, dependiendo de la receta a realizar que se haya seleccionado en la interfaz.

El prototipo del sistema, está compuesto por elementos mecánicos y electrónicos diseñados e implementados, con base al análisis y estudio de carga estática y dinámica con respecto a un objeto, en este caso alimentos, por cada uno se ejecutarán funciones específicas, programadas en Arduino [10], a través de un código para el adecuado funcionamiento de los pasos que el prototipo debe ejecutar.

Los parámetros diseñados y construidos en el proyecto de investigación, son los siguientes:

- A. Diseño estructural y funcional de robot manipulador.
- B. Diseño de estructura base del sistema semiautomático, para la adaptación de electrodomésticos en el área de trabajo de la máquina.
- C. Automatización de electrodomésticos y cableado de los mismos dentro del sistema.
- D. Programación para determinar los grados de movimiento del brazo robótico.
- E. Programación paso a paso del sistema, para ejecución de recetas.
- F. Diseño de la interfaz del sistema de control a través de pantalla.
- G. Fuente primaria de energía: Eléctrica 110V.

VIII TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

A. Motor paso a paso

Es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares. El motor paso a paso es capaz de girar una cantidad de grados dependiendo de sus entradas de control. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique de manera muy precisa. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de 1.8° .



Figura 3. Motor paso a paso
Fuente: [11]

Existen dos tipos de motores de imán permanente que son utilizados en la robótica: Unipolares y bipolares.

- **UNIPOLARES:** Estos motores suelen tener 5 o 6 cables de salida dependiendo de su conexión interna, de los cuales; 4 cables sirven para recibir los pulsos que indican la secuencia y duración de los pasos y los restantes sirven como alimentación del motor. Este tipo se caracteriza por ser simple de controlar y se manejan en 3 secuencias [11].

Secuencia normal: Con esta secuencia el motor siempre avanza un paso por vez debido a que siempre existen 2 bobinas activadas, con esta secuencia se obtiene un alto torque de paso y retención.

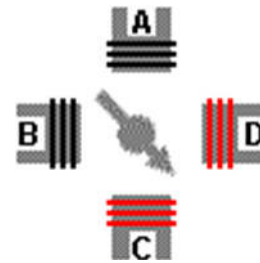


Figura 4. Motor paso a paso Unipolar de secuencia normal.

Secuencia Wave drive (paso completo): En esta secuencia se activa solo una bobina por vez, lo que ocasiona que el eje del motor gire hacia la bobina activa. Esto brinda un funcionamiento suave, pero en caso contrario el torque de paso y retención es menor.

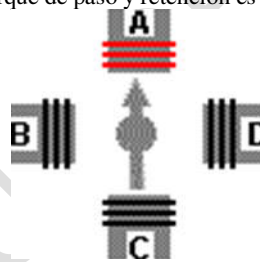


Figura 5. Motor paso a paso Unipolar de secuencia Wave Drive.

Secuencia medio paso: En esta secuencia se activan las bobinas de tal manera que se combinan las secuencias anteriores, el resultado que se obtiene es un paso más corto (la mitad del paso de las secuencias anteriores), primero se activan 2 bobinas y posteriormente solo 1 y así sucesivamente.

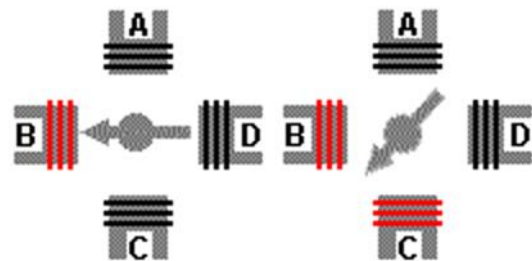


Figura 6. Motor paso a paso Unipolar de secuencia de medio paso.

- **BIPOLARES:** Este tipo de motores por lo general tienen 4 cables de salida, necesitan ciertas manipulaciones para poder ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección de flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento. Es necesario un puente H por cada bobina del motor, es decir que para controlar un motor paso a paso de 4 cables (dos bobinas), se necesitan usar dos puentes H. Esto hace que la tarjeta controladora se vuelva compleja y costosa. Su uso no es tan común como en el caso de los de tipo unipolar [11].

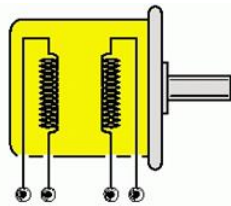


Figura 7. Motor paso a paso bipolar
Fuente: [11]

- **MOTOR PASO A PASO HÍBRIDO:** La expresión Motor paso a paso híbrido se refiere a un motor eléctrico del tipo paso a paso, cuyo funcionamiento se basa en la combinación de los otros dos tipos de motores paso a paso, el Motor de reluctancia variable y el motor de magnetización permanente.” [11]



Figura 8. Motor paso a paso híbrido
Fuente: [11]

B. Servomotores

Es un motor de corriente continua, con una fuerte reducción mecánica y un multiplicador de fuerza para que no pierda capacidad de torque y poder acoplarle otros dispositivos mecánicos como ejes, correas, y engranajes. El servomotor es un actuador, no un sensor, es decir un dispositivo final sobre el cual, va a actuar un control electrónico [12]. impacto y la fricción de la materia con los martillos. Este se puede desarmar y quitarle los topes y el dispositivo de control de realimentación (potenciómetro) para que pueda trabajar libremente, es decir con giro continuo. El Servomotor trabaja con un control de realimentación negativa que llega a un punto de equilibrio o error en estado estacionario constante [12].

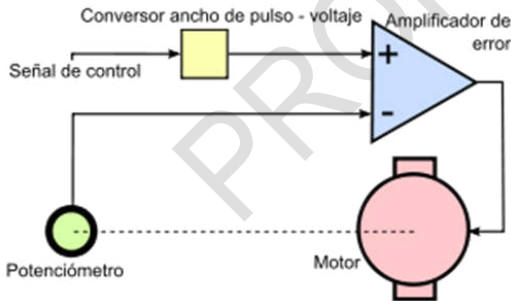


Figura 9. Funcionamiento conceptual de servomotor.
Fuente: [12]

El uso de motores y servomotores en la construcción de robots permiten movimientos controlados y entregan un mayor par de torsión (torque) que un motor DC común [12]. Los servomotores usados en prototipos de robótica trabajan a voltajes bajos en corriente directa,

específicamente entre 4 y 6 voltios. Los servomotores industriales operan tanto en DC como en AC (monofásico o trifásico).

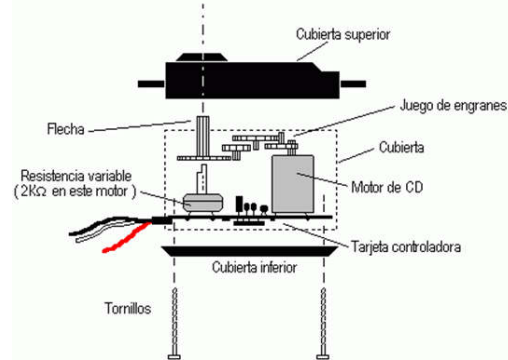


Figura 10. Composición de servomotor
Fuente: [13]

IX CÁLCULOS Y DISEÑO CONCEPTUAL

Para el diseño y construcción del prototipo del sistema semiautomático, se tuvo en cuenta un nivel de producción estándar para una receta casera, para proyectar el peso y la fuerza que debe soportar el brazo robótico.

Con respecto a lo anterior, se procedió a realizar los cálculos resumidos a continuación:

1. **Calculo del modelo estático del Robot Manipulador**
2. **Calculo del modelo dinámico del Robot Manipulador**
 - Calculo de dinámica inversa a través de software de Solidwork.
3. **Calculo de engranaje**
 - Distancia de centro
 - Calculo de torques
 - Calculo de relación de engranajes

X PROCESOS EXPERIMENTALES

Robot manipulador: En primer lugar, se debe determinar el peso promedio que el brazo robótico debe soportar para la manipulación de los alimentos, que finalmente se promedió en 1 kg. En primera instancia el robot manipulador, se diseñó con una base en aluminio, se imprimió en 3D una estructura y con esta se realizó un molde en cemento para posteriormente, retirar el material plástico de la impresión y en los espacios se adaptó cada tubo de aluminio para darle la forma deseada, fijarlos y soldarlos; sin embargo, por el espesor de los tubos no se logró llevar a cabo este proceso.

Se reemplazaron los tubos de aluminio por tubos de acero galvanizado, de esta manera se soldó la estructura y se retiró el plástico sobrante, como se muestra en la figura 11.



Figura 11. Construcción robot manipulador

Con la estructura ya armada, se ensamblaron los motores y cada componente; con platinas de aluminio, se crearon las demás piezas que hacían falta para el robot.



Figura 12. Ensamble estructura robot manipulador

En la prueba de funcionamiento del brazo, no funcionó y se procedió a verificar el peso de la estructura y esta, no concordaba con el peso simulado en el programa CAD, llegando a la conclusión de que la soldadura y algunos materiales utilizados para armar el brazo, incrementaron el peso. Por esta razón se optó por rediseñar el robot en un material más fácil de manipular.

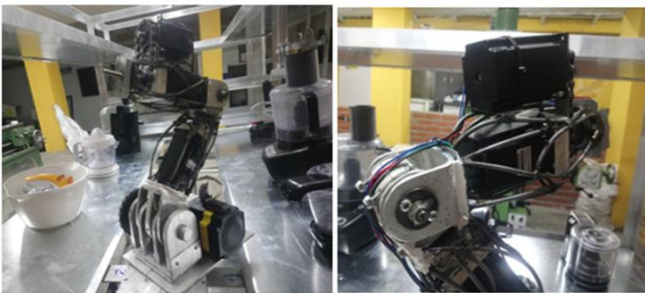


Figura 13. Prueba funcionamiento del brazo

Se hizo el nuevo diseño en plástico PLA, con el fin de imprimirlo en 3D. Con la ayuda de una impresora 3D, se logró obtener cada pieza, incorporando nuevamente los motores y todos los elementos requeridos.

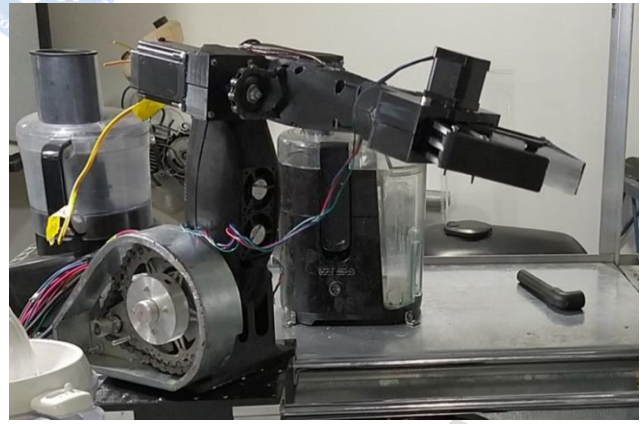


Figura 14. Robot manipulador con piezas impresas en 3D.

Para la prueba de este brazo, se observó errores en los acoples de los motores y la falta de fuerza de algunas articulaciones, debido a que las fuerzas de rozamiento no correspondían a las proyectadas en el diseño; por lo cual se optó nuevamente por realizar un diseño nuevo, para aumentar la fuerza de las articulaciones y tener un rango más amplio de error.

XI DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

a) Descripción Robot manipulador:

El diseño consta de un cuerpo base, el cual se desplaza horizontalmente sobre dos ejes, para movilizarse a lo largo de la estructura del sistema.

También lo compone un hombro en el que se apoya el motor que le da movimiento a la articulación, en el brazo se ubica el motor que le da movimiento al codo, y en la parte externa del antebrazo se encuentra el motor que da movimiento a la mano y a la muñeca, y por último la pinza que está destinada a hacer el agarre de los objetos y alimentos requeridos.



Figura 15. Diseño robot manipulador

Internamente el brazo robótico, lo compone un sistema de engranajes que pretende incrementar la fuerza de los motores, para un óptimo funcionamiento.

- Pantalla controladora de interfaz gráfica.

XII RESULTADOS DEL PROTOTIPO

En la prueba, se evaluó que el brazo manipulador tuviera la fuerza requerida para levantar el peso de los alimentos y objetos que debe manipular durante la preparación y cocción de los alimentos.

Se realizó prueba de funcionamiento de los electrodomésticos, evidenciando la adecuada automatización de los mismos, a través de una conexión a módulos relé accionados por Arduino.

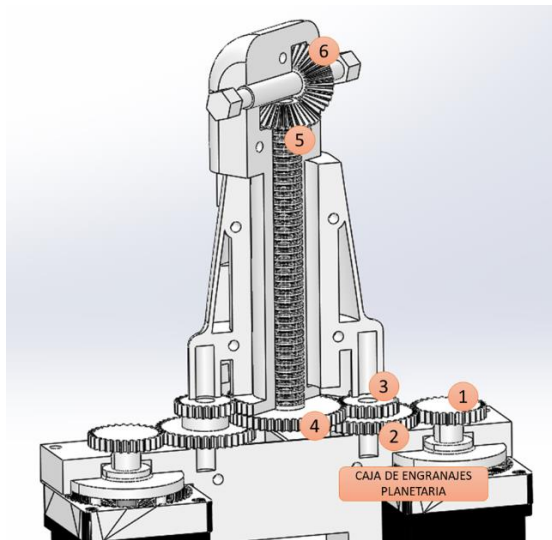


Figura 16. Diseño interno robot manipulador

b) Descripción estructural del sistema:

La máquina fue construida en ángulos de aluminio, unida y reforzada en cada intersección con remaches. Contiene un compartimiento destinado a poner los alimentos que se necesitan para la receta. Sobre el mesón, se situaron los electrodomésticos que se utilizan en el sistema, realizando una adaptación eléctrica de algunos de ellos.



Figura 17. Diseño estructural del sistema

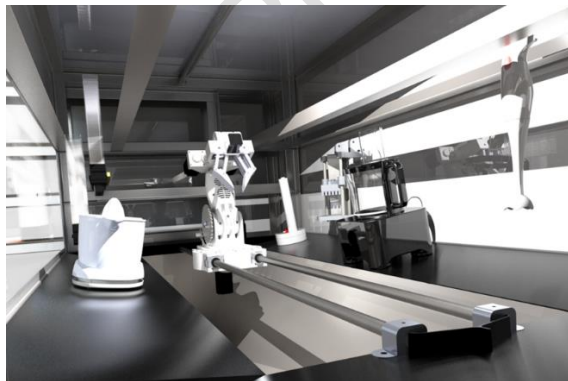


Figura 18. Diseño estructural interna del sistema

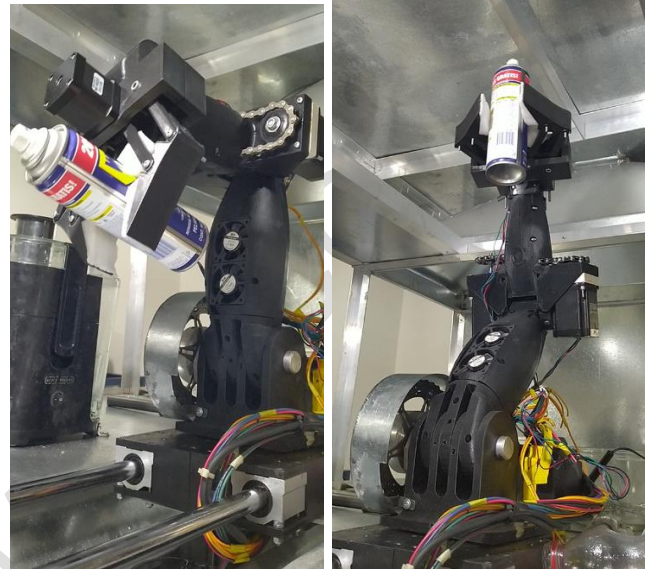


Figura 19. Prueba de movimiento articular.



Figura 20. Prueba de movimiento.

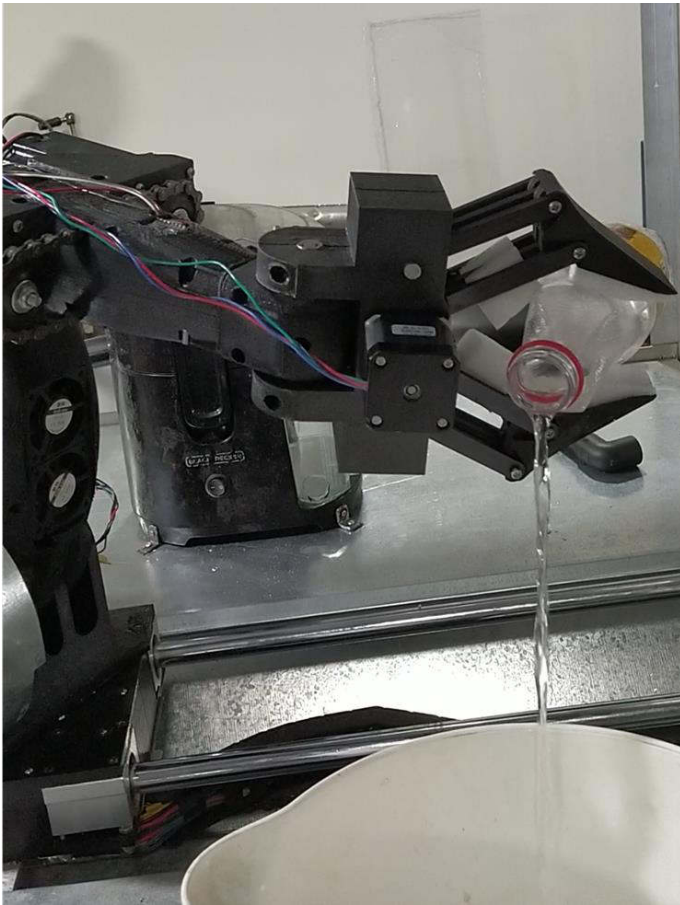


Figura 21. Prueba de movimiento con peso.



Figura 23. Prueba de control y auto lavado.

XIII CONCLUSIONES

- El diseño del brazo robótico, comprende varios factores esenciales para el óptimo funcionamiento, de los cuales deben tenerse en cuenta, el grado de movimiento de cada articulación, grados de posición de cada articulación en tiempo real, los pasos por segundo de cada motor para lograr fluidez de los movimientos articulares, en una velocidad adecuada y la relación de transmisión de los motores para que generen la fuerza suficiente.
- Es importante, para la realización de prototipos, hacer una acertada selección de materiales dependiendo la proyección que se le da a la maquina a construir. Lo anterior, con el fin de asegurar la resistencia requerida y un adecuado funcionamiento.
- Del estudio relacionado con los grados de posición de cada articulación en tiempo real, se concluye que es más factible aplicar potenciómetros que giroscopios debido a que los últimos requieren de una programación más compleja y ocupan mayor espacio de memoria.

X RECOMENDACIONES

- La principal recomendación, antes de poner en funcionamiento el prototipo del sistema, es que la persona que la manipule, debe guiarse estrictamente en el manual técnico de operación, siguiendo correctamente cada uno de los pasos que recomienda el fabricante.
- El prototipo del sistema, trabaja con corriente de 110 V, lo cual, requiere que se verifique la correcta conexión del mismo para no tener problemas con el funcionamiento.
- Realizar el mantenimiento, acorde a lo estipulado en el manual, para prolongar la vida útil del sistema y garantizar el óptimo funcionamiento de sus componentes.

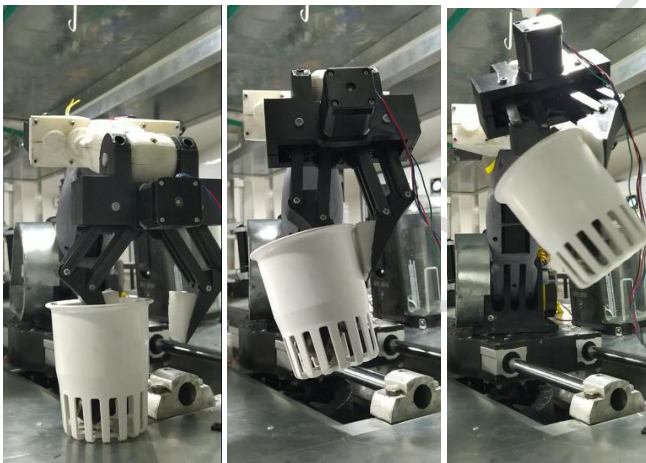


Figura 22. Prueba de capacidad de carga.



Figura 23. Prueba de fuerza de corte.



XI REFERENCIAS

- [1] «Homo erectus,» EcuRed, [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Homo_erectus. [Último acceso: 30 agosto 2019].
- [2] C. Marín, «La alimentación y la nutrición humana. Principios y evolución,» Celia Escuela Integral Gastronómica, [En línea]. Available: <https://www.afuegolento.com/articulo/la-alimentacion-la-nutricion-humana-principios-evolucion/100/>. [Último acceso: 16 Abril 2019].
- [3] A. Borda, «La alimentación en la revolución industrial,» Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 08 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://anyiborda.wordpress.com/2016/09/08/la-alimentacion-en-la-revolucion-industrial/>. [Último acceso: 2019 Agosto 30].
- [4] J. Condliffe, «Primero llegaron los robots industriales, ahora vienen los de las tareas del hogar,» MIT Technology Review, 22 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.technologyreview.es/s/7981/primerollegaron-los-robots-industriales-ahora-vienen-los-de-las-tareas-del-hogar>. [Último acceso: 20 Mayo 2019].
- [5] J. Basulto, «Aplicaciones nutricionales: ventajas y desventajas de llevar la dieta en el móvil,» 19 Julio 2013. [En línea]. Available: <https://www.consumer.es/alimentacion/aplicaciones-nutricionales-ventajas-y-desventajas-de-llevar-la-dieta-en-el-movil.html>. [Último acceso: 14 Mayo 2019].
- [6] I. Lorenzo, «MediaTrends. Moley Robotic es un robot que cocina como un chef profesional,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.mediatrends.es/a/88019/moley-robotic-kitchen-robot-cocina-como-chef/>. [Último acceso: 20 Mayo 2019].
- [7] XFINITY Discovery Hub, 02 04 2019. [En línea]. Available: <https://es.xfinity.com/learn/home-security#XHCallbackForm>.
- [8] Maxim Electro, «Historia de los electrodomésticos,» 22 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <https://electroagramunthogar.wordpress.com/2013/11/22/historia-de-los-electrodomesticos/>. [Último acceso: 20 Abril 2019].
- [9] Federación Española de Comerciantes de Electrodomésticos, «Historia de los electrodomésticos,» 14 Marzo 2018. [En línea]. Available: <http://fece.org/consumidor/historia-de-los-electrodomesticos>. [Último acceso: 19 Abril 2019].
- [10] ARDUINO, «ARDUINO,» 26 12 2019. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/>.
- [11] F. Mecafenix, Ingeniería Mecafenix, 20 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>. [Último acceso: 21 Mayo 2019].
- [12] G. Circelli, «Servomotor seguidor con acelerómetro,» Panamahitek, 14 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://panamahitek.com/servomotor-con-acelerometro-mma7361/>. [Último acceso: 01 Junio 2019].
- [13] F. Mecafenix, Ingeniería Mecafenix, 18 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/servomotor/>. [Último acceso: 2 Junio 2019].
- [14] «Historia de la alimentación Origen y evolución,» Curiosfera, [En línea]. Available: <https://www.curiosfera.com/evolucion-de-la-alimentacion-humana/>. [Último acceso: 2019 Agosto 30].
- [15] Josep Martínez, «Prospectiva: 7 grandes avances en tecnología alimentaria,» [En línea]. Available: <http://www.ainia.es/tecnoalimentalia/tecnologia/prospectiva-7-grandes-avances-en-tecnologia-alimentaria/>. [Último acceso: 25 Abril 2019].
- [16] KitchenAid, «Robots de Cocina,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.kitchenaid.es/pequenos-electrodomesticos/robots-de-cocina>. [Último acceso: 21 Abril 2019].