

Diseño e implementación de una dispensadora de bebidas automática, "Barbot"

Design and implementation of an automatic beverage dispenser "Barbot"

Pedro Alván¹
Elmer Arteaga¹
Elser Cruzado¹
Jhosteing Morales¹
Walter Rojas¹
Luis Sánchez¹
José Zegarra¹
Ricardo Prado²

Recibido: 05 de abril de 2019
Aceptado: 11 de abril de 2019

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño, simulación e implementación de una dispensadora automática de bebidas, "Barbot", capaz de combinar diferentes tipos de bebidas (sodas, agua, licores), según el requerimiento del usuario, mediante la programación de la misma el que luego se ejecutará de forma automática haciendo que el Barbot se desplace a la posición de cada botella que contiene el trago a combinarse activando el mecanismo dispensador de la botella en particular, repitiendo este proceso de forma automática hasta conseguir el trago deseado.

Los bares, restaurantes y centros de ocio, son medios muy concurridos por las personas para afianzar sus lazos familiares, amicales y sociales donde la presencia de bebidas, cocteles y diferentes tipos de tragos es de común consumo. En general y en especial en el Perú el servicio de bartender suele ser manual, sin embargo este puede convertirse en un problema cuando la demanda de pedidos de tragos y cocteles es superior a la capacidad de producirlas por parte de los operarios o encargados de su elaboración, generándose cuellos de botella de producción que se traduce en pérdida de tiempo y posterior descontento en el cliente. Por otro lado, en entornos más privados suele darse el caso de desear una determinada bebida o coctel y no disponer del tiempo, conocimiento o los ánimos para elaborarla generándose con ello una frustración interna.

-
- 1 Estudiante de pre-grado de la Escuela de Mecánica-Eléctrica IX ciclo, UCV, sistemas de control automático.
 - 2 Investigador principal de la Línea de Investigación de Automatización y Robótica del VIN-UPAO, Docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo (UCV)

Una alternativa de solución a lo descrito previamente pasa por el desarrollo de una dispensadora automática de bebidas (Barbot) como un dispositivo asistente automático altamente reprogramable y de fácil uso, no requiere que el usuario tenga conocimientos especializados y permite obtener diferentes tipos de tragos y bebidas según la necesidad del cliente.

Primero, se implementa y calibra la estructura mecánico-eléctrica del Barbot. Segundo, se instalan, calibran y configuran los componentes electrónicos, el firmware, las herramientas de trabajo del Barbot. Tercero, se desarrolla un estándar de estructura lógica para los programas de la aplicación con el fin de garantizar un trabajo eficiente sin colisiones. Finalmente, se muestran diferentes resultados del trabajo del Barbot.

Palabras claves: programación, robótica, dispensador de bebidas

ABSTRACT

In this paper presents the design, simulation and implementation of an automatic drinks dispenser "Barbot", a Barbot is a robotic bartender capable of making all kinds of cocktail drinks, shots of any liquor or other drinks that generate greater complexity, since its application or function is fully programmable according to the need that customers require, in this way the Barbot is an assistant who performs mechanical work with total precision when generating a particular drink.

The bars, restaurants and leisure centers are very popular media for people to strengthen their family, social and social ties where the presence of drinks, cocktails and different types of drinks is common consumption. In general, and especially in Peru, the Bartender service is usually manual, however this can become a problem when the demand for drinks and cocktails orders is higher than the capacity to produce them by the workers or those in charge of its preparation, generating production bottlenecks that result in lost time and subsequent discontent in the client. On the other hand, in more private environments there is usually the case of wanting a certain drink or cocktail and not having the time, knowledge or encouragement to elaborate, thereby generating an internal frustration.

An alternative solution to the previously described is the development of an automatic beverage dispenser (Barbot) as a highly reprogrammable and easy to use automatic assistant device, does not require the user to have specialized knowledge and allows to obtain different types of drinks and beverages according to the customer's need.

First, the mechanical-electrical structure of the Barbot is implemented and calibrated. Second, the electronic components, the firmware, the working tools of the Barbot are installed, calibrated and configured. Third, a logical structure standard is developed for the application programs in order to guarantee efficient work without collisions. Finally, different results of the Barbot's work are shown.

Keywords: Programming, Robotics, Beverage dispenser

INTRODUCCIÓN

Cuando la automatización de un proceso está bien justificada e instalada técnica y financieramente, entonces, permite beneficios económicos, sociales y tecnológicos [1]. Uno de los primeros visionarios de la automatización de procesos fue Henry Ford fundador de la compañía Ford Motor Company y padre de las cadenas de producción modernas utilizadas para la producción en serie de automóviles que optimizó tiempo, dinero y trabajo humano. En definitiva la automatización de procesos implica determinar el número de máquinas automatizadas, selección de las máquinas, los utillajes mecánicos, los periféricos, la instalación eléctrica, neumática e hidráulica y en especial la distribución física de todos los elementos mencionados que permitan alcanzar los objetivos de producción y un eficiente manejo de materiales y de energía [2]. La automatización industrial no es un área rígida o fija, va evolucionando a la par de las nuevas tecnologías, estrategias de aplicación e inteligencia artificial. Actualmente nos encontramos dentro de una nueva revolución industrial llamada Industria 4.0 [3], la que implica que la automatización industrial se basa en una alta conectividad, procesamiento inteligente de big-data y uso intensivo de internet de las cosas [4].

En el presente trabajo se desarrolla una máquina para automatizar el proceso de mezcla de diferentes bebidas integrando una serie de tecnologías tales como: tarjetas electrónicas (Arduino), motores paso a paso, pulsadores, sensores, perfiles de aluminio, etc. Todo ello gobernados por una lógica de trabajo implementada mediante programación.

A fin de tener una aplicación eficiente y atractiva al usuario, se diseña la morfología de la máquina tal que permita un rápido acceso a la combinación de bebidas deseada así como la visualización del proceso de obtención de la misma. Además de que sea ergonómico, práctico de ubicar en entornos domésticos o públicos, de poco peso y de fácil traslado.

La dispensador automático de bebidas desarrollado en este trabajo, denominado "Barbot", es una máquina altamente reprogramable con movimiento cartesiano en dos ejes Y y Z, es decir con movimiento lineal en ambos ejes.

MATERIAL Y MÉTODO

Como ya se ha descrito previamente la meta del proyecto es un prototipo de máquina automática dispensadora de diferentes bebidas aplicable a entornos domésticos y locales de ocio. El prototipo se implementa por etapas bien diferenciadas pero que al integrarlas permiten obtener un producto eficiente y reprogramable.

ESTRUCTURA MECÁNICA

En la fig. 1 se muestra el diseño en CAD mediante Solidwork del prototipo desarrollado en el proyecto. El movimiento del portavasos es accionado por dos motores nema (motor A y motor B) y un sistema de transmisión-transformación de movimiento rotacional-lineal, basado en fajas y poleas. El sistema de transmisión evita que los motores estén acoplados directamente sobre cada eje de movimiento disminuyendo así el peso total de los mismos, y con ello se aumenta la velocidad de trabajo del Barbot [5].

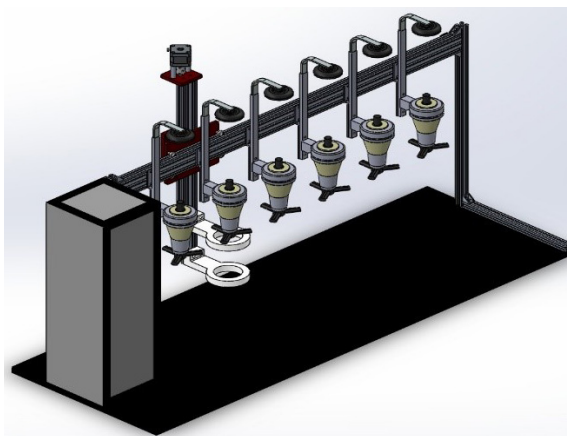


Figura 1. Simulación en CAD mediante Solidwork del dispensador de bebidas "Barbot", desarrollado en el presente trabajo.

El diseño de la morfología mecánica del BartBot se diseña y simula mediante el programa SolidWorks obteniéndose información del esfuerzo, desplazamiento y deformación del perfil que soportará el peso de las diversas botellas que contienen las bebidas a mezclar (fig.2). Se aplica elementos finitos (FEA), en las zonas o partes que se consideró de gran importancia para la estabilidad y correcto desplazamiento lineal de los ejes de la máquina. La estructura mecánica de la dispensadora automática fue implementada en SolidWorks permitiendo simular sus

movimientos y con ello tener información a priori del comportamiento general del equipo, así como los movimientos de cada pieza. Por otro lado, una variable importante de evaluación con el FEA fue obtener los valores máximos de deformación de las piezas dado que esta variable afecta la calidad de desplazamiento de los ejes de la maquina en cuanto a restarle precisión y exactitud.

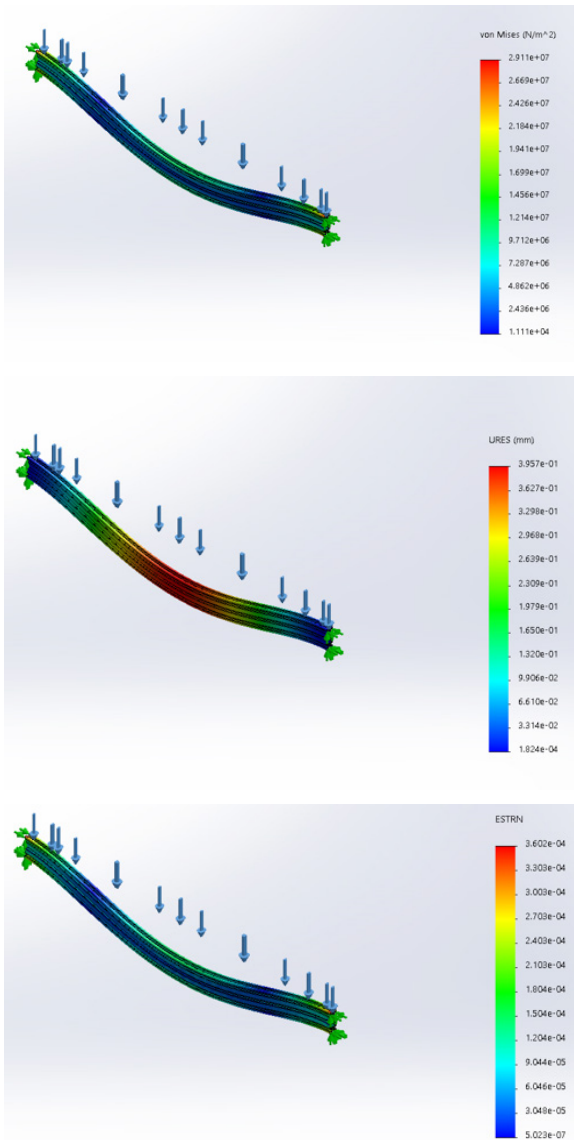


Figura 2. Análisis FEA de desplazamiento, deformación y esfuerzo sobre los perfiles que determinan los ejes Y y Z.

En los perfiles o barras que determinan los ejes Y y Z, el FEA realiza un análisis estático considerando lo siguiente: Peso del carro con la herramienta porta vaso, material de acero inoxidable; los extremos de la barra están fijos y el peso de la barra se concentra en su centro de masa. El resultado del FEA indica que la deformación máxima permisible, del eje Y es $59\ \mu\text{m}$.

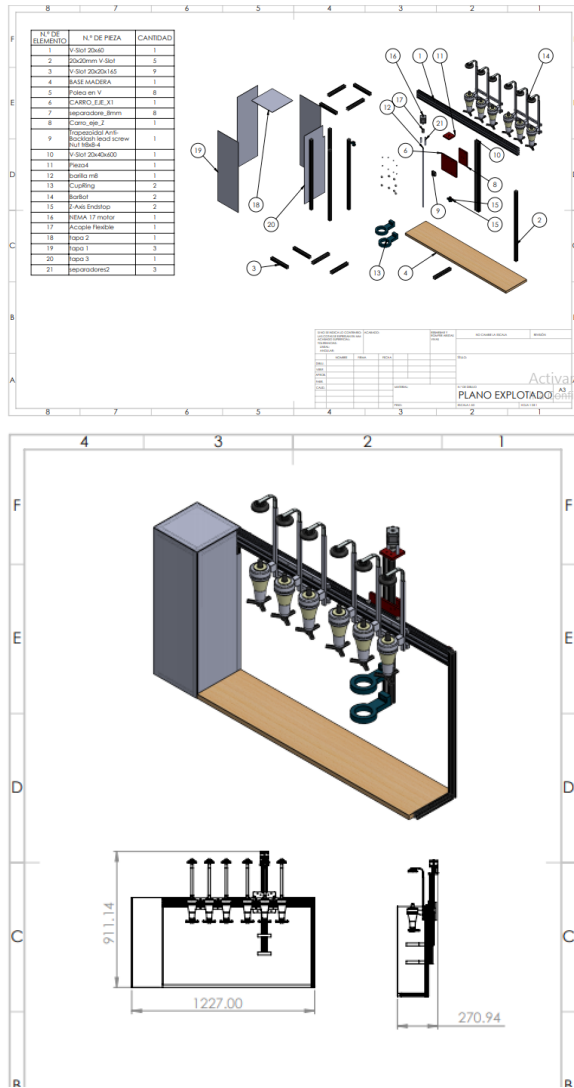


Figura 3. Planos de las diferentes partes del Barbot

Una vez realizado el FEA y comprobado el movimiento adecuado de la maquina mediante el CAD SolidoWorks se pasa a la elaboración de los planos de las diferentes partes del equipo (Fig. 3) a fin de que sirvan de referencia en el taller de manufactura para la obtención física de cada una de

las partes. Los componentes seleccionados para la estructura mecánica de la máquina automática dispensadora de bebidas tienen como propósito hacer un diseño ligero, fácilmente manejable y accesible al usuario. En la tabla 1, se muestra los componentes seleccionados con sus respectivas dimensiones, la longitud indica la cantidad de material que se utiliza para la construcción.

Tabla N°1. Componentes seleccionados

COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA	
DESCRIPCIÓN	LONGITUD
V-Slot 20x40mm	60cm
V - Slot 20x60mm	100cm
V-Slot 20x20mm	200cm
Perfil angular 3/4"	400cm
Melamine 4x42cm	121cm
MDF 50x40cm	180cm

Perfiles de Aluminio V – Slot

Presentan una ranura en forma de V que les permite actuar como guía lineal para deslizadores de ruedas V, complementándose perfectamente al punto que en la actualidad se han convertido en la mejor opción para estructuras mecánicas de máquinas CNC, impresoras 3D, robots cartesianos, etc.

Hierro angular

Este perfil estructural se usa para construir el módulo que contiene el sistema electrónico del equipo protegiéndole de los ruidos del entorno además el módulo permite contener la lógica de mando para la activación del equipo. Facilita la manufactura y es de bajo costo.

Melamine

Se elige un material que realce la estética del equipo a bajo coste, el melamine se emplea como plataforma base para el posicionamiento de la máquina, el cual brinda estabilidad durante el movimiento de la máquina.

MDF

Este material es de bajo coste, de fácil manufactura y es aislante por lo que se usa como cubierta del módulo de electrónica y los carros de desplazamiento en los ejes Y y Z.

ESTRUCTURA ELECTRÓNICA

Aquí se describe los componentes fundamentales que permiten programar al dispensador automático de bebidas para que se desplace con el fin de obtener diferentes mezclas de bebidas (fig. 4).

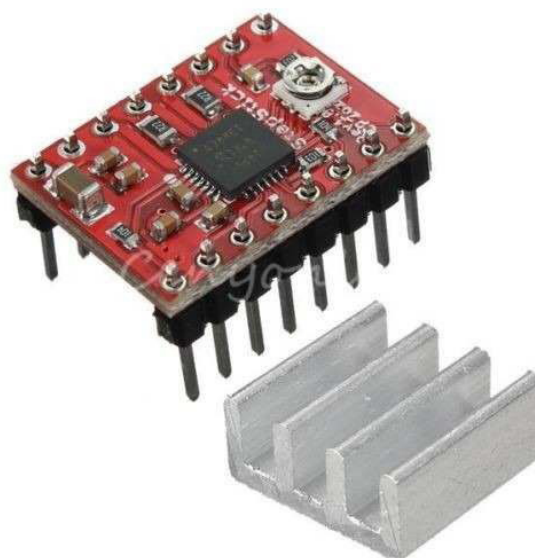
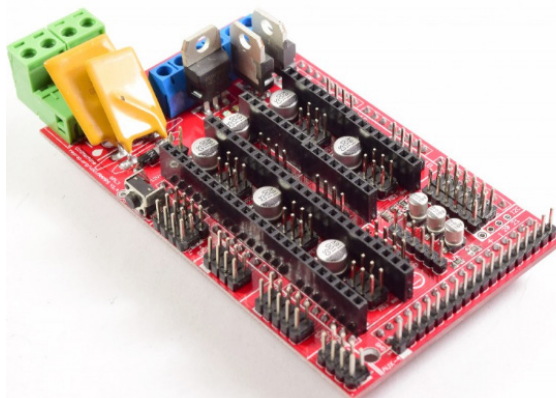
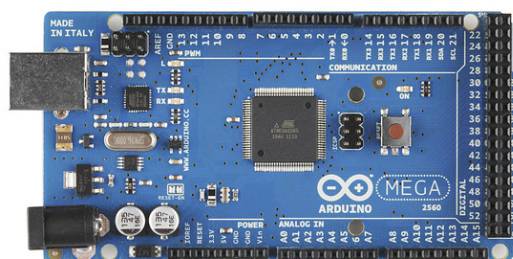


Figura. 4. Principales componentes electrónicos del Barbot.

Arduino MEGA

La tarjeta electrónica Arduino Mega es un hardware de desarrollo open-source construida con un microcontrolador modelo Atmega2560 que posee pines de entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales [6]. Esta tarjeta se programa en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring y se utiliza en el desarrollo de objetos interactivos autónomos, también se comunica con una PC a través del puerto serial (USB) utilizando lenguajes como Flash, Processing, MaxMSP, etc. Las posibilidades de realizar desarrollos basados en Arduino tienen como límite la imaginación.

Específicamente, el Arduino Mega tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. Además, por construcción permite trabajar con una PC simplemente conéctalo mediante un cable USB o con una fuente de alimentación externa (9 hasta 12VDC). El uso de un microcontrolador ATmega8U2 (a diferencia de las primeras versiones de Arduinos Mega) le permite mayores velocidades de transmisión por su puerto USB y no requiere drivers para Linux o MAC (archivo inf es necesario para Windows) y es reconocido por el PC tal como si fuera un teclado, mouse, joystick, etc. [7].

Shield RAMPS 1.4

Es un controlador estándar y de gran aceptación en el mercado que permite controlar eficientemente motores paso a paso trabajando de forma integrada con el Arduino Mega [8], aprovechando su poder de procesamiento. Su diseño modular permite insertar Drivers PaP (A4988 o DRV8825). Adicionalmente se pueden añadir más Shields siempre y cuando RAMPS se coloque encima de los demás Shields.

Driver PaP Pololu A4988

Permite suministrar la corriente necesaria para el correcto funcionamiento de los motores del dispensador automático. Utiliza el driver Allegro A4988 para motores paso a paso bipolares y tiene limitación de corriente ajustable, protección contra sobre corriente y cinco resoluciones diferentes de microstepping. Funciona desde 8V a 35V y puede suministrar 1A por bobina sin usar ventilación forzada o un disipador.

El driver requiere para su activación dos pines, uno para la dirección de giro y otro para producir

un paso de giro. El pin Enable debe estar conectado a Tierra (GND) para que el motor funcione. El microstepping se configura con los pines MS1, MS2 y MS3 de acuerdo a la tabla del fabricante. También se utilizó un vómetro cuyo componente principal es un transistor TIP31C y finalmente utilizamos un amplificador estéreo.

ACTUADORES Y DISPOSITIVOS DE ENTRADA

En esta sección se describen los elementos actuadores del dispensador automático de bebidas. Es decir los dispositivos que generan la fuerza y torque para que el dispensador se pueda mover hacia las localizaciones deseadas.



Figura. 4. Motor paso a paso NEMA del Barbot

Motor NEMA 17

Es un motor paso a paso que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de los impulsos eléctricos provenientes de su control (fig. 5). El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un convertidor digital-analógico (D/A) y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas digitales. Este tipo de motor presenta alta precisión y repetitividad de posicionamiento. Entre sus principales aplicaciones destacan los robots, drones, radiocontrol, impresoras digitales, automatización, fotocopiadoras, etc.

El motor paso a paso NEMA 17 usado en el proyecto, es bipolar y tiene un ángulo de paso de 1.8° (200 pasos por vuelta) y cada bobinado es de 1.2 A a 4 V, capaz de cargar con 3.2 kg/cm. Es altamente robusto y fiable.

Adicionalmente se utilizan pulsadores como elementos de mando para accionar el trabajo del dispensador una vez programados las diferentes combinaciones de bebidas. Cada programa de mezcla de bebidas, presenta una entrada física proveniente de un pulsador que permite ejecutar línea a línea el código del programa y con ello da inicio al movimiento de la maquina dispensadora a fin de obtener la mezcla deseada.

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE COMPONENTES

El Barbot, está constituido por: dos motores nema 17, un microcontrolador Arduino Mega, un shield motor v1 driver L293D, seis pulsadores y una fuente de alimentación. Las que están distribuidos según la Fig. 5.

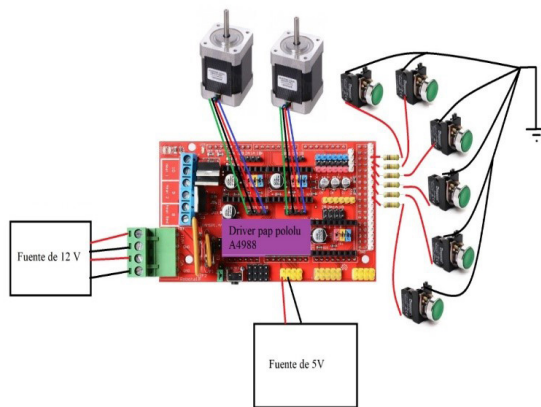


Figura 5. Diagrama de conexiones de entradas y salidas del Barbot.

LÓGICA DE TRABAJO DEL DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE BEBIDAS

En la fig. 6 se muestra el diagrama de flujo de la lógica de trabajo del proyecto desarrollado. La que considera una alerta de seguridad ante fallos inesperados.

La lógica de trabajo es la siguiente: se activa el equipo (inicio en el diagrama de bloques), si no se ha pulsado ningún pulsador de mando (de los 6 pulsadores ubicados en el panel de mando del equipo) entonces se compara con la orden ejecutada ($==0$), si es una respuesta afirmativa, se continua con el flujo, comparando de nuevo si es que algún pulsador fue activado. Si se ha pulsado entonces la comparación es positiva ($==1$) creando la matriz dupla del pulsador activado (esta matriz dupla fue previamente programada en la tarjeta Arduino Mega), lo que genera una orden ejecutada ($==1$) y generando la comparación nuevamente con la orden ejecutada ($==0$), y siendo esta negativa, pasa al sistema de ejecución del movimiento (lado derecho del diagrama), en donde analiza la matriz dupla que se generó por la activación del pulsador, lo cual se activa con la generación de los números binarios 0 y 1, cuando se analiza que la posición tiene el valor de 1, se activa el movimiento hacia esa posición. Para finalmente activarse el movimiento en el eje transversal y poder activar el sistema mecánico que vierte la bebida. Una vez terminado esto, regresa a su posición inicial.

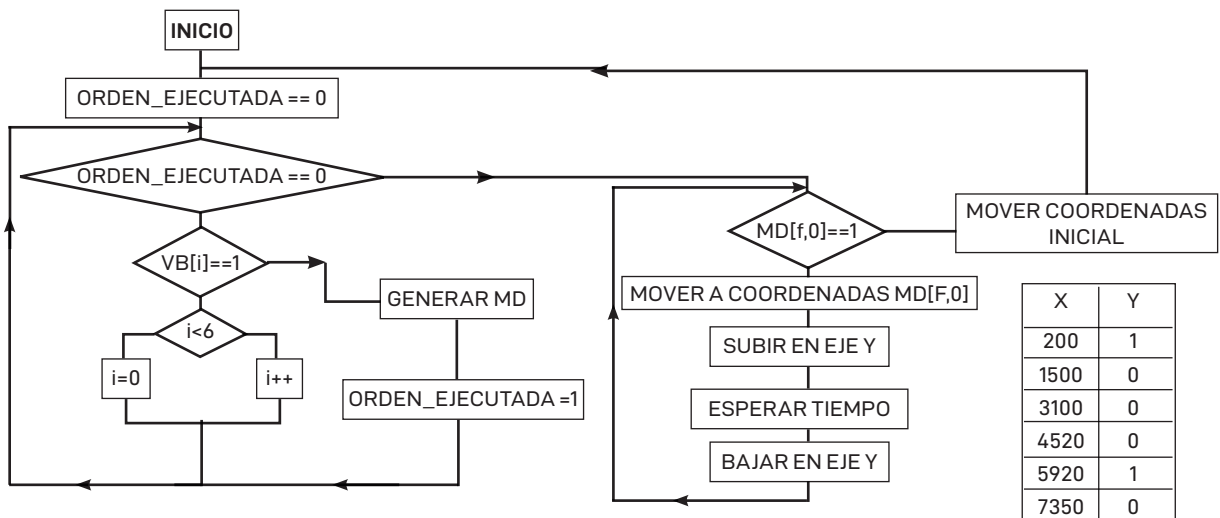


Figura 6. Diagrama lógico del trabajo del Barbot.



Figura. 7. Diversos elementos para la construcción del Barbot.



Figura. 8. Implementación del Barbot.



Figura. 9. Barbot configurado y calibrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado se presenta el diseño e implementación de la dispensadora automática de bebidas "Barbot" y las primeras pruebas exitosas de su funcionamiento. Es decir se presenta como resultado a la dispensadora automática como tal. Barbot tiene la capacidad de generar 6 mezclas de bebidas diferentes, cada mezcla tiene asociada un programa, cada programa recibe una señal de entrada de uno de los seis pulsadores ubicados en el panel frontal del equipo. Todos los programas una vez generados (a través del software estándar del Arduino) fueron embebidos en el Arduino Mega.

Una vez realizada el diseño y simulación del correcto funcionamiento del Barbot se pasa a la elaboración de los planos de las diferentes partes para su fabricación o construcción en taller, otras piezas de mayor complejidad de manufactura simplemente se adquieren en establecimientos especializados (fig. 7). Posteriormente se pasa a la implementación de cada pieza física acoplándolas entre ellas adecuadamente a fin de evitar juegos, huelgas y ruidos mecánicos que hacen ineficiente el movimiento del equipo (fig. 8)

Se han realizado diferentes pruebas para calibrar la electrónica con los números de pasos que va a generar el motor, de esta forma se ajusta la distancia desde el cero mecánico hasta la posición de cada una de las bebidas, hasta obtener el resultado deseado (fig. 9).

Las primeras pruebas demostraban un lento movimiento de la herramienta porta vaso, la que

se solucionó configurando mejor la corriente que entregaba a los drivers de potencia hacia los motores paso a paso, lo que también minimizó el ruido generado por estos últimos al momento de trabajar.

Se tuvo que estabilizar mejor a la herramienta de porta vaso a fin de que pueda sujetar al vaso sin deformarse dado que se consideró vasos de vidrio incluido el peso mismo de los líquidos a contener, esas deformaciones generaban inexactitudes de alcance a la hora de desplazarse a posiciones previamente programadas. Se reforzó el porta vasos con material más robusto y anti vibratorio.

El "Barbot" es de tecnología abierta tanto en hardware como en software lo que permite una continua mejora en ella para alcanzar mejores prestaciones y funcionalidades. Por ejemplo aumentando el número de mezclas de bebidas que se pueden obtener sin necesidad de modificar la morfología del Barbot. También se puede trabajar para interconectarlo a internet de las cosas o "nube" a fin de que sea accionado o controlado mediante un aplicativo web usando una PC, tablet o celular.

Se considera un resultado importante obtener la metodología clara y precisa para las fases de creación de la máquina: diseño, simulación y fabricación del equipo. Esta metodología, junto con el diagrama de funcionamiento de la máquina hace que el sistema opere adecuadamente y sea altamente replicable.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se diseñó, construyó y automatizó una máquina dispensadora de bebidas mediante el uso del hardware y software de tecnología Arduino, el que permitió procesar y almacenar información necesaria para generar los comandos de movimiento de los dos motores paso a paso que desplazan la herramienta porta vasos sobre los ejes Y y Z, logrando con ellos obtener finalmente las mezclas de bebidas deseadas. Actualmente se pueden obtener 6 mezclas diferentes.

Se usó la tecnología de programación Arduino, porque es muy versátil, flexible, económico y de acceso libre, estas características permiten realizar en un entorno académico diferentes e interesantes prototipos que validan lógicas de trabajo propuestas por los desarrolladores o profesionales en formación.

El trabajo presentado aquí ha tenido también como propósito incentivar y promover la innovación tecnológica en un entorno de formación profesional universitaria. La meta no solo fue obtener un producto tecnológico, sino uno de los primeros dispensadores de tragos automatizado en el Perú. Finalmente, el proyecto está abierto a nuevas mejoras y optimizaciones.

REFERENCIAS

1. M. Groover. Fundamentos de Manufactura Moderna. McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V. México D.F., 2007.
2. H. Bawa, "Procesos de Manufactura", Mc Graw Hill, 2007.
3. Boston Consulting Group. "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries", 2015.
4. Dolgui, A., Ivanov, D., Ivanova, M., Solokov, B., Werner, F. A dynamic model and an algorithm for shortterm supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 54 (2), 386-402 2016.
5. E. Fiestas S. and S. Prado G., "Motion control of a cartesian robot using a dual- core ARM cortex-A9 system-on-chip FPGA," 2017 Latin American Robotics Symposium (LARS) and 2017 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), Curitiba, 2017.
6. E. Fiestas S. and S. Prado G., "Efficient implementation of a Cartesian Farmbot robot for agricultural applications in the region La Libertad-Peru". Congreso internacional IEEE-ANDESCON Cali-Colombia, 22-24 de agosto 2018.
7. Manuel Ruiz. "Manual de Programación de Arduino". 2016
8. <https://github.com/sidlauskaslukas/barbot>.