**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA PERISTÁLTICA DE CAUDAL VARIABLE PARA SU APLICACIÓN EN TÉCNICAS ANALÍTICAS DE LABORATORIO**

Lucio Beaa, Federico M. Córdobaa, Joel F. Mercola, María E. Tavernaa, Mariana Bernarda

*aGrupo de investigación sobre aplicaciones inteligentes, UTN, F R San Francisco, Av. de la Universidad 501, San Francisco, Córdoba, Argentina.*

Una bomba peristáltica es un tipo de bomba de desplazamiento positivo, que es capaz de transportar líquidos de forma limpia ya que estos no entran en contacto con los componentes de la bomba. El fluido es transportado por medio de un tubo flexible situado dentro de una cubierta circular. Si bien, este tipo de bomba fue desarrollada en 1881 y se popularizó debido a su utilidad en el área de medicina, actualmente son muy requeridas en los laboratorios de química. En este sentido, estos dispositivos se emplean en equipos o instrumentos tales como cromatógrafos líquidos de alta presión, tituladores automáticos, reactores, entre otros, donde se requiere un caudal de fluido preciso y variable en ciertas ocasiones. Actualmente, el mercado ofrece este tipo de bombas con especificaciones determinadas pero con costos inaccesibles para las universidades públicas. Por esa razón, surge la necesidad de generar este tipo de equipos para usos específicos en los laboratorios de servicios del área de química.

En particular, el objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo funcional de bomba peristáltica adaptada a las necesidades del titulador automático diseñado por el Grupo de Investigación sobre Aplicaciones Inteligentes (GISAI). Para esto se construyó un prototipo que cuenta con un motor paso a paso “Nema 17” bipolar, de 12 V; y 1,7 A; y mangueras termoplásticas del tipo PharMed BPT. El caudal impulsado por la bomba varía entre 0,2 y 10 mL/min. El motor se montó en una carcasa 3D impresa con ácido poliláctico (APL), resultando tanto el sistema de mangueras como la carcasa de la bomba adecuados para su uso en el titulador automático. El caudal en la bomba es regulado por un controlador A4988, ya que debe ser variable entre cada revolución e inversamente proporcional a la cercanía del punto final de la reacción de titulación. Esto se logra mediante la retroalimentación con el sistema de control, y un software específicamente diseñado que, realizando la conversión de señales, ajusta la velocidad de giro del rotor entre 0 y 400 rpm.

La construcción de la bomba adaptada a las condiciones requeridas por el titulador, permite el desarrollo económico de equipos que optimicen las actividades de los laboratorios involucrados, recopilando además información que permita, a futuro, trabajar estadísticamente en el desarrollo de modelos matemáticos de diversas reacciones estudiadas en otros grupos de investigación.

*Palabras clave: bomba peristáltica, titulador automático, software de titulación.*

*Diseño basada en* [*https://www.thingiverse.com/thing:2619479*](https://www.thingiverse.com/thing:2619479) *(la pagina esta en ingles, pero explican muchas cosas de la bomba)*

*Modelado en 3D mediante Software SolidWorks*

*Mangueras:*

*Se optó por utilizar dos tipos de mangueras*

1. *Manguera* PharMed BPT (de alta calidad, resistencias químicas, diseñada especialmente para aplicaciones de bombas peristálticas) – 4mm diámetro exterior – 0.8mm diámetro interior, **esta se va a utilizar específicamente en la cubierta circular interior que posee la bomba y es esta la que va a soportar las periódicas y/o cíclicas deformaciones producidas por los rodillos del rotor, dadas sus propiedades este tipo de material con la que la manguera esta elaborada es capaz de otorgar una larga vida útil bajo dichas exigencias.**
2. *Manguera* genérica silicona – 4mm diámetro exterior – 0.8mm diámetro interior, **este tipo de manguera mucho más económica pero apta para su propósito, va a ser utilizada en los tramos de entrada y salida de la bomba, donde la única exigencia a la misma va a estar sometida es a la de transportar el valorante desde el recipiente a la entrada de la bomba, y luego desde la salida de la bomba hasta el otro recipiente donde se encuentra el analito, es decir no va a estar sometida a cargas mecánicas, solo al paso de los diferentes soluciones de valorante por su interior(evaluar si la silicona es apta con soluciones base o acidas no recuerdo en este caso cuales eran las que se usaban como valorantes)**

*Esta decisión logra una reducción en el costo dado a que la manguera 1 posee un precio elevado respecto a la manguera 2, considerando además que con dicha configuración la longitud de manguera 1 usada con respecto a la 2 es mucho menor.*

*El motor utilizado en la etapa final fue el mismo que se planteó en un principio “Motor Paso a Paso Nema 17”, rango voltaje apto 5 – 36V, máx corriente 1,7ª, dato que no se incluyo en el resumen es de 1.8° por paso, eso quiere decir que por revolución, es decir para lograr una vuelta entera del eje (360°) necesito que el motor de unos 200 pasos (1.8°x200 = 360°) MARCA “USONGSHINE” NUMERO SERIE “17HS4401S-DP” (capaz con eso pueden sacar algún dato extra como torque o dimensiones, peso).*

*La velocidad del motor va a depender de que instancia de la etapa de titulación se encuentra en un principio comenzaría a una alta velocidad para reducir tiempo y acercarse más rápido al punto final ¿? (no se si es el nombre correcto para el punto donde hay que detener la titulación, punto en la curva de valoración) y a medida que vamos llegando a dicho punto la velocidad se va a ir reduciendo para tratar de acercarnos de una manera precisa y no pasarnos del mismo.*

*Para probar la bomba en una primera instancia era importante denotar si al girar el rotor la misma succionaba liquido del recipiente de entrada, lo que se hizo fue girar el rotor de manera manual y se observa que el liquido comenzaba a subir por la manguera de entrada, circulaba por la manguera de la cavidad circular y salía por el final de la manguera, es decir, estaba cumpliendo su función de dosificar líquido.*

*La próxima prueba fue probar la repetitividad de la misma para determinar si esta iba a ser apta para un proceso de titulación donde se requieren precisas dosis de volumen. Para ello se utilizó un control electrónico (parte de Fer) donde se cargo un programa que determinaba que la bomba iba a dar una X cantidad de pasos, se corrio dicho programa siempre a la misma velocidad 10 veces. En este caso el fluido a dosificar era agua de la canilla, se tomó como densidad 1 gr/mL y se utilizó una balanza que es capaz de pesar centésimas de gramo (apreciación + - 0.01gr). Se calibro la balanza, se coloco un recipiente que iba a almacenar el agua una vez dosificada y se puso en 0 la misma. (luego de correr el programa cada vez se volvía a poner en 0 la balanza. Tras las 10 series de dosificaciones, determinamos que la bomba era apta para el proceso de titulación dado a que obtuvo una excelente repetitividad y la desviación más grande entre el valor máximo y mínimo dosificado fue de 0.05gr, valores obtenidos:*

*NO LOS ENCUENTRO CUANDO LOS TENGA LOS PASO, O PODEMOS INVITAR ALGO*

*Para poder calibrar la bomba y que la misma dosifique los volúmenes que el usuario le indique es necesario obtener un valor de (pasos/mL) en nuestro caso optamos por tomar como unidad de volumen mL porque es la unidad de volumen que se involucra en la titulación, y para obtener esos pasos/mL/ (pasos dados por el motor, es decir cuantos pasos debe de realizar el motor para que la cantidad de volumen dosificado sea de 1 mL) este valor no era posible obtenerlo mediante formulas y/o software de diseño dado que depende de muchas variables que no están a nuestro alcance, por ello se optó por un método experimental para obtenerlo, se decidió realizar una serie de 10 dosificaciones nuevamente, donde se le indica a la bomba que realice una cierta cantidad de pasos X a una velocidad X, siempre los mismos para esa serie. Nuevamente como en el caso anterior se pesaron las dosificaciones y se obtuvo el valor correspondiente de volumen (era equivalente 1gr – 1mL al ser agua), con los diez valores de volumen se obtuvo un promedio. Una vez obtenido ese valor promedio se procedió a realizar una regla de tres simple,*

*1ml - pasos/mL (incognita)*

*Volumen promedio - pasos/mL X (utilizado arbitrariamente en el programa)*

*Luego de obtener el valor deseado, fuimos capaces de especificar la cantidad de mL que queríamos que dosifique la bomba, y se obtuvieron nuevamente excelentes resultados, en varias ocasiones se le indico a la bomba dosificar volúmenes de 5mL, 10mL y 50mL, donde las desviaciones nuevamente entre valores máximos y mínimos no supero los 0.05gr, no se observó un incremento en la desviación del volumen objetivo con respecto al volumen real dosificado a medida que el volumen objetivo era mayor.*

*Durante el periodo de pruebas la bomba funcionó sin ningún inconveniente mecánico, no se observaron deformaciones ni fracturas en las partes poliméricas impresas en 3D.*

*El material utilizada fue PLA acido poliláctico marca Grilon, este material tiene la ventaja de ser fácil de imprimir y de bajo costo, por lo que no requiere maquinas profesionales ni costosas, cualquier impresora 3d del mercado puede imprimirlo. Esto no hace de ninguna manera que presente malas prestaciones mecánicas, este polímero presenta gran resistencia mecánica, es un metarial rigido, no presenta buena resistencias química pero en esta aplicación no se requiere de dicha propiedad dado a que el fluido no esta en contacto con ninguna parte mecánica, siempre fluye por el interior de las manguera.*

*Luego de todos los analices podemos estar casi seguros que la misma va a poder cumplir la función para la cual fue creada, la titulación, sin mayores inconvenientes. Hoy en día una bomba peristáltica de dichas prestaciones y con la misma precisión en el mercado tiene costos que exceden a los alcances de los proyectos de investigación de la facultad, es por ello que al ser diseñada y fabricada íntegramente por nosotros hace que sus precios se reduzcan ampliamente, incluso así teniendo que comprar las partes comerciales (motor, tornillería, manguera) se adapta muy bien al presupuesto, destacando que dicha reducción de costos no lleva asociadas perdidas de calidad y precisión en el proceso.*

*FALTAN PONER IMÁGENES (imágenes reales o de diseño) Y DATOS DE LAS PRUEBAS DE DOSIFICACIONES (con las pruebas se puede armar alguna tabla)*