

Diseño de Dispositivo Automático Potabilizador de Agua por Floculación Orgánica

Israel Viveros Torres^a, Josimar Muñoz Delgado^b, José Antonio Aguirre Guzman^c

^aInstituto Tecnológico Superior de Alvarado, Veracruz, Mexico, Escolleras Norte S/N. Col. La Trocha, Alvarado, Ver. Email: contacto@tecnm.mx, ivi.imec@gmail.com, josimuno25@gmail.com, auga720123@hotmail.com

Resumen

La creciente problemática referente a la carencia de agua potable, han sumido a nuestro país, y al mundo entero en un riesgo global por carencia del vital líquido. De acuerdo con el Consejo Consultivo del Agua, la demanda de agua, para uso doméstico, se encuentra concentrada solo en el 10% del agua disponible en México para este fin, mientras que en el mundo el promedio es del 8%. Así se puede indicar, que el desarrollo de tecnologías enfocadas a optimizar los tratamientos de clarificación y potabilización de efluentes, es un tema prioritario.

El presente implica el diseño e implementación de un prototipo automatizado, que permita clarificar cuerpos acuosos con turbidez, así como materia coloidal. El proyecto, se fundamenta en un prototipo para floculación con semillas de Moringa Oleífera como agente reactivo, dejando de lado el uso de sales metálicas. Haciendo uso de la aplicación de diversos sistemas electromecánicos, se logra la automatización del ciclo, el cual se concreta, mediante el uso de radiación UV al efluente, como herramienta final germicida. Con este desarrollo se busca lograr la depuración del fluido tratado. Todo lo anterior, instrumentado con sensores de bajo costo y controlado por medio de tecnología de microcontrolador.

Palabras clave: *Turbidez, Moringa, Floculación, Microcontrolador, Transductor.*

Introducción

El principio del tratamiento de aguas con turbidez o crudas presentan complicaciones y altos costos en las fases de separación de sólidos principalmente. Es así que desde mediados del siglo XX en Europa y EU se empiezan a implementar el uso de sustancias que permitieran una depuración más efectiva del agua, como: coagulantes, floculantes, adsorbentes de carbón

activo, entre otras. (Muñoz, 2019). Una de las técnicas de separación de partículas en suspensión y coloidales, es de particular interés para el presente desarrollo, se trata de la coagulación-floculación. Esta es una técnica química de aglomeración de partículas en suspensión para un efluente a tratar, este método se aplica típicamente, antes de un proceso físico de separación, que suele hacerse por sedimentación o filtración, con el fin de mejorar su capacidad de eliminación de partículas (Mazille, 2018). Se propone con base en lo anterior expuesto, un prototipo que permita efectuar una clarificación del efluente a través de este mecanismo (figura 1).

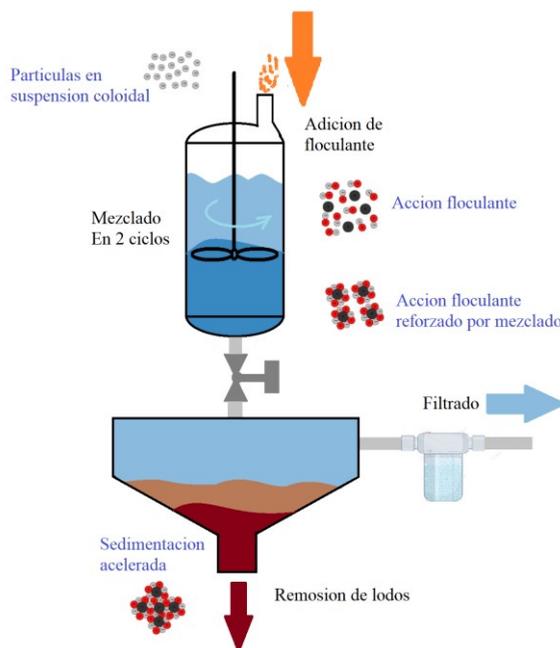


Figura 1. Etapas físico químicas del proceso.

De esta forma el prototipo ejecuta su funcionamiento por medio de la implementación de un sistema electromecánico que integra diversos mecanismos. El sistema permite la ejecución del proceso en forma autónoma, a través de las siguientes etapas. Dosificación del floculante, aquí se va adicionando en forma gradual y controlada el agente orgánico. Mezclado del agregado orgánico, este elemento debe ser mezclado por medio de un sistema de agitación por variación de velocidad en los ciclos de ejecución, a fin de eficientar la acción del floculante. Finalmente filtrado y depuración, esta etapa se lleva a cabo por medio la acción de bombeo, filtrado y radiación UV al fluido pos proceso. Un arreglo de transductores específicos adquieren datos, respecto a las condiciones físico-químicas del efluente, tales como turbidez, pH, entre otros. Esta integración dota al sistema de una capacidad de análisis del fluido en pre proceso y pos proceso, de forma que, el algoritmo de control cargado en el microcontrolador, ejecuta los ciclos requeridos, a fin de alcanzar parámetros satisfactorios

del fluido tratado. Este grado de control y automatización, excluye el error humano en la interpretación de los parámetros obtenidos, así como reducir significativamente los tiempos de ejecución de un proceso artesanal, además de aportar un alto grado de autonomía al sistema al solo requerir la carga del agente orgánico evitando una preparación previa, así mismo logrando un desempeño controlado, con base a los comandos del microcontrolador. Con este desarrollo se busca descartar el tratamiento artesanal que se ha mantenido en forma general para la aplicación de este agente floculante, así como emplear el mínimo de operadores para su desarrollo.

Desarrollo

Como ya se ha mencionado el mecanismo de floculación neutraliza cargas y forma una masa gelatinosa que atrapa partículas en suspensión coloidal, aumentando su tamaño de modo que facilita su captación en un cedazo o por sedimentación. Sin embargo, a pesar de ser una técnica ampliamente utilizada, se aplica en mayor escala, con el uso de agentes sintéticos de tipo sales metálicas, como los sulfatos de aluminio y de hierro. Los cuales son de alto costo, y cuya dosificación requiere conocimientos específicos en bioquímica. A fin de no generar altos índices de toxicidad para el ser humano. Estas situaciones limitan su potencial aplicación en variedad de condiciones. En contraparte, la moringa por tratarse de un floculante orgánico o natural, funciona de forma eficiente, y de forma análoga a los floculantes sintéticos, facilitando su sedimentación, esto gracias a su contenido de proteínas catiónicas. Esta semilla también presenta propiedades antimicrobianas hasta cierto nivel, es inocua para el ser humano y presenta biodegradabilidad en los lodos producidos, permitiendo su utilización en la agricultura como fertilizante, debido a su contenido de nitrógeno.

Con base en lo anterior el presente proyecto comprende el diseño e implementación de un dispositivo automatizado que utilice las bondades de la moringa como reactivo, y permita clarificar y potabilizar cuerpos acuosos con niveles de turbidez en un orden de 800 a 1200 NTU (Unidades de turbidez nefelométrica). Los cuales son un indicativo de la calidad el agua, ya que guarda correlación lineal con el valor de SST (Sólidos suspendidos totales). Que son característicos de aguas crudas o afluentes contaminados por erosión y restos orgánicos. A partir de estos valores iniciales el dispositivo deberá lograr parámetros de clarificación menores a las 5 unidades. Como ya se ha mencionado nuestro caso específico implementa la semillas de moringa como agente floculante, y se requiere también una serie de elementos que determinen la calidad del agua, antes y después del tratamiento. El dispositivo deberá estar estructurado por medio de un conjunto de sistemas mecánicos y eléctricos de potencia, que estarán controlados por un sistema embebido, ambos arreglos son de diseño propio con base en las funciones de operatividad y portabilidad del prototipo. Según sea el caso de la aplicación requerida (volumen del efluente, nivel de turbidez, valor de pH, entre otros). Se presenta en la figura 2 un diagrama esquemático del sistema en forma integral para el proceso general de clarificación.

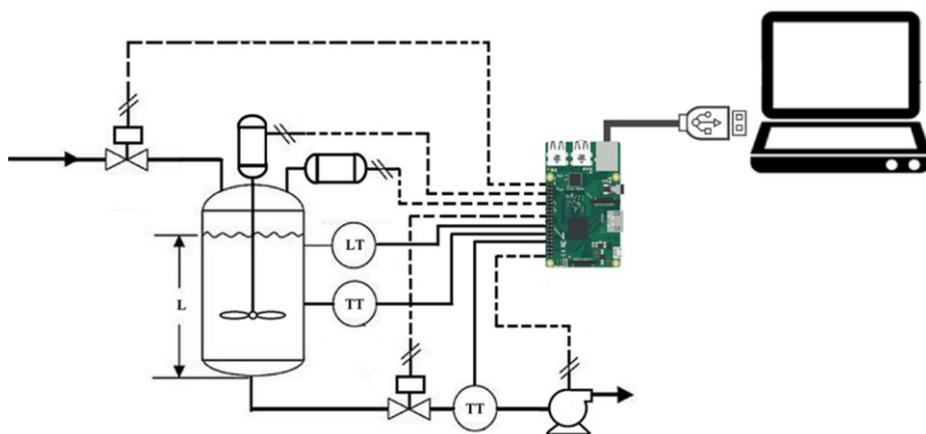


Figura 2. Diagrama esquemático de construcción del prototipo

Por otra parte, se aprecia en la figura 3, el diseño del dispositivo a través del isométrico del reactor de floculación. Este se establece por un arreglo de cadenas cinemáticas, impulsadas por un conjunto de motores eléctricos con acoplamiento mecánico. Estos se encargan de proveer de potencia, a los diferentes actuadores mecánicos. En esta etapa electromecánica del dispositivo, se incluyen elementos finales de control, que realizan las funciones de dosificación del floculante, por medio de un tornillo sin fin. Este diseño evita que se aglutine el triturado. Se realiza la filtración del efluente a través de un cedazo vertical. Este elemento se incluye para realizar la separación de los sólidos y coloides coagulados, por la acción del agente orgánico. La extracción del efluente tratado, se realiza por acción de bombeo.

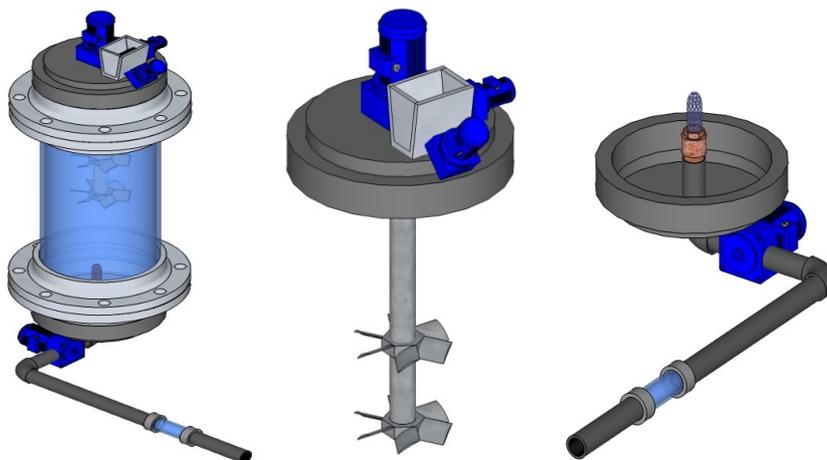


Figura 3. Diagrama esquemático de construcción del prototipo.

Una vez evaluada las etapas de potencia, se puede especificar los accionamientos de las mismas, que se activan por medio de un arreglo de relevadores y transductores, mismos que se encargan de la activación secuencial del prototipo, esto al cumplirse las condiciones de

arranque o paro manual (por medio de pulsadores), así como el nivel del fluido en el reactor. El resto de secuencias son reguladas por los datos de adquisición obtenidas de los transductores de turbidez, dispuestos para control efectivo del ciclo de clarificación. Todo el proceso se regula por medio de un microcontrolador de bajo costo, este elemento se encarga de operar en forma automática el ciclo total activando los diferentes elementos de proceso con base a las señales adquiridas y los tiempos programados de ejecución, lo anterior se muestra el diagrama de la figura 4.

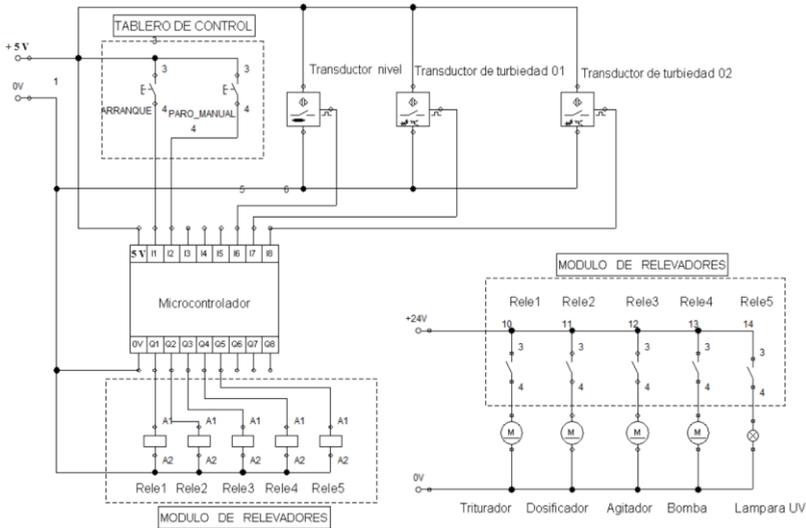


Figura 4. Diagrama unifilar de conexión para el sistema de accionamiento y control del prototipo.

El dispositivo efectúa la secuencia indicada en la figura 5. A través del algoritmo de proceso, se ejecutan las etapas del mismo, con base a los tiempos y parámetros preestablecidos. El ciclo se mantendrá, siempre y cuando no se haya llegado al nivel de clarificación deseado para el fluido. Ya que al darse esta condición, el proceso termina desactivando tanto bomba como lámpara UV, protegiendo así el sistema de trabajo en seco. Una vez concluido el ciclo, el programa regresa al inicio del bucle codificado, dejando al sistema en condiciones iniciales de operación.

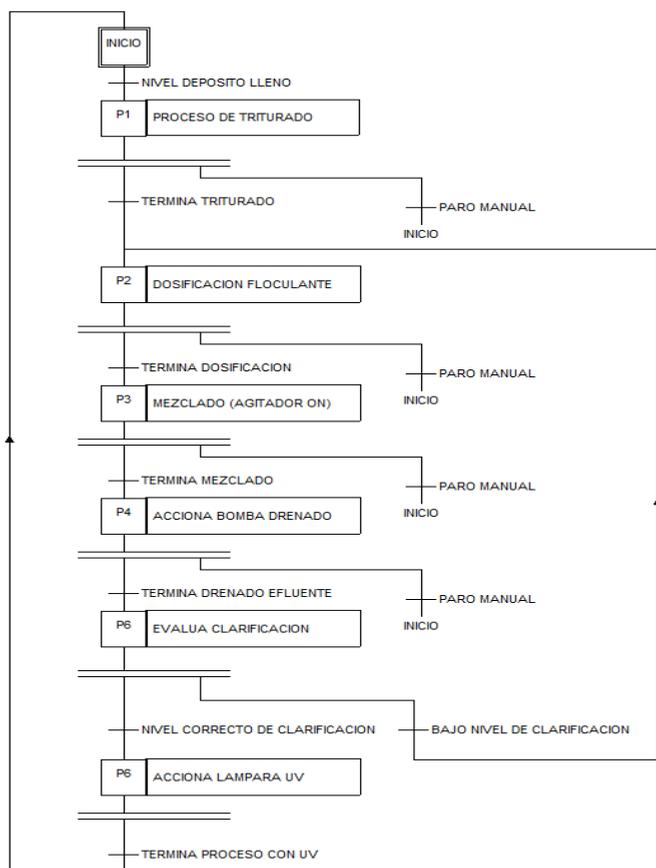


Figura 5. Graficet del proceso con base a la lógica programable de operación.

Bajo esta configuración se aporta un dispositivo robusto y autónomo para la clarificación y potabilización de efluentes contaminados que presenten una turbidez entre los 800 y 1200 NTU, se pretende que este tipo de tecnología pueda ser implementada en zonas de altos índices de contaminación en sus afluentes y aplicado sin requerir personal altamente calificado para su operatividad.

Análisis y Conclusiones

Se procedió a realizar tres ensayos de clarificación con afluentes del canal de la Zamorana en la entidad de Boca del Río Veracruz (Figura 6), cuerpo acuífero que presenta en reiteradas épocas del año, estados de contaminación por lirio acuático, así como por partículas orgánicas diversas. Se tomaron muestras de 4 litros cada una, en la misma zona, y bajo el mismo mecanismo de recolección, por medio de extracción directa del afluente. Con una separación no mayor a 20 metros en los puntos de muestreo. Lo anterior a fin de observar

una normalización en el muestreo y en los datos a evaluar. Para la primera muestra se obtuvo una reducción de la turbidez en un 96,8% a una concentración de 170mg con un valor de turbidez inicial de 130 NTU, finalizando con un valor de turbidez de 4,12 NTU. Para la segunda se obtuvo una reducción de la turbidez del 88.26%, partiendo de un valor inicial de 35.8 NTU y logrando un valor final de 4.2 NTU, finalmente se obtuvo un porcentaje de reducción de la turbidez de 98% partiendo de un valor inicial de 204 NTU y con un valor final de 3.9 NTU. En los tres casos se aplicó una a una concentración de 170mg de coagulante natural.



Figura 6. Zona de muestreo en el canal de la Zamorana.

Con base en lo anterior, se corrobora una condición muy prometedora para el uso de este tipo de tecnologías. Ya que al aprovechar de forma eficiente las cualidades del agente seleccionado, y bajo un proceso automatizado, que normaliza la operación del mismo, nos permite potenciar el efecto del reactivo orgánico en forma sustancial. Queda para trabajos futuros, realizar pruebas que permitan extrapolar estos resultados con muestras mayores, y en ciclos continuos de mayor tiempo de proceso. Con base en lo anterior se concluye que, la invención propuesta, presenta las siguientes ventajas en su operación e implementación:

- Simplicidad, sustentabilidad y rentabilidad
- Separa muchos tipos de partículas del agua
- Mejora el proceso de filtración
- No requiere el uso de químicos y/o sustancias potencialmente tóxicas.
- No requiere un alto nivel técnico por parte del personal operativo.
- No requiere de mantenimiento complejo.
- Se efectúa en forma automatizada.

Referencias

- A., E. A. (1 de Agosto de 1993). <https://www.oieau.fr/>. Obtenido de <https://www.oieau.fr/>: <https://www.oieau.fr/caudoc/notice/Utilisation-De-La-Graine-De-Moringa-Essais-De-Floculation-Au-Laboratoire-Et-En-Vraie-Grandeur>
- Cárdenas, Y. A. (5 de Abril de 2000). <http://www.sedapal.com.pe/>. Obtenido de <http://www.sedapal.com.pe/>: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154
- Díaz, J. F. (1 de Enero de 2014). <http://www.scielo.org.co/>. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/>: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552014000100001
- Evans, B. w. (2011). *Arduino Programing Book*. San Francisco, California: Creative Commons.
- Folkard, G. (1 de Enero de 1994). <https://www.lboro.ac.uk/>. Obtenido de <https://www.lboro.ac.uk/>: <http://www.le.ac.uk/>
- Mazille. (25 de 08 de 2018). <https://sswm.info/>. Obtenido de <https://sswm.info/>: <https://sswm.info/water-nutrient-cycle/water-purification/hardwares/semi-centralised-drinking-water-treatments/coagulation-flocculation>
- Mott, R. L. (2006). *Mecanica De Fluidos*. Cd. De Mexico: Prentice Hall.
- Muñoz, C. (26 de noviembre-diciembre de 2019). Floculación Vital. *Induambiente*, 80-82. Obtenido de www.induambiente.com: <https://www.induambiente.com/destacamos/floculacion-vital>
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. Madrid: Pearson.
- Shigley, J. E. (2001). *Teoría de máquinas y mecanismos*. Cd De Mexico: McGraw-Hill.
- Sutherland, G. F. (1 de Marzo de 1996). <http://www.fao.org/>. Obtenido de <http://www.fao.org/>: <http://www.fao.org/3/a-x6324s.pdf>