



AUTOMATISMO PARA USO RACIONAL DEL AGUA EN BAÑOS DE USO PÚBLICO¹

Franco Joel Olsson²; Fabrizio Alejandro Novello³; Guillermo Alfredo Fernández⁴

¹Trabajo de Enseñanza de la Ingeniería

²Estudiante de Ingeniería Electrónica, autor, francoolsson1995@gmail.com

³Estudiante de Ingeniería Electrónica, autor, fabrizionovello@gmail.com

⁴Ingeniero Electrónico, docente tutor, fernandez@fio.unam.edu.ar

Resumen

El agua potable es uno de los elementos más importantes para el ser humano y como tal su uso debe ser optimizado disminuyendo al máximo las pérdidas del mismo. Una mala administración de este recurso tiene como consecuencia la reducción de la presión en el sistema de abastecimiento, implicando pérdidas energéticas para el recupero de la presión, filtraciones de agua contaminada y usuarios insatisfechos. Atendiendo a esto, el presente trabajo propone la implementación de un sistema que permite automatizar el suministro de agua en los mingitorios de baños de uso público, buscando aportar mejoras a la administración y el uso del agua potable en la limpieza. El sistema propuesto posee un detector de movimiento el cual capta la presencia de la persona que utiliza el mingitorio y proporciona una señal a un circuito encargado de automatizar la acción de una electroválvula que permite el paso del agua para la limpieza del mingitorio una vez que ha sido utilizado. A continuación se presenta el diseño y desarrollo de un prototipo para el sistema mencionado. Se muestran los resultados de las etapas de diseño y construcción del mismo, como así también los ensayos realizados para verificar la operación sistema en condiciones de laboratorio.

Palabras Clave:

Agua potable – Automatización – Uso racional

Introducción

El agua es uno de los elementos más importante para la sociedad y cada vez se precisan métodos más sofisticados para su uso general (Belden et al. 2008). Las pérdidas de éste líquido vital que son causadas por una mala administración, tienen como resultado la reducción de la presión en los sistemas de abastecimiento. El aumento en la presión para compensar lo mencionado, no solo incrementa el consumo de energía, sino que empeora las fugas y tiene un impacto negativo sobre el medioambiente (Lahlou. 2009). Por otra parte, la mala administración del agua también tiene un impacto grave y directo sobre la capacidad de los servicios públicos que permiten proveer la misma. La mala administración puede llevar a un suministro intermitente, ya sea debido a la disponibilidad limitada de agua cruda o bien por un racionamiento de la misma. El suministro



intermitente representa un riesgo significativo para la salud, ya que el agua subterránea contaminada (o incluso de alcantarillado) puede entrar en las tuberías a través de las fugas durante las interrupciones del suministro y los períodos de muy baja presión. La prevención de este riesgo significativo para la salud pública, debería ser razón suficiente para mejorar la administración y reducir las pérdidas de agua, permitiendo el suministro continuo de la misma. Por último, y no menos importante, la existencia de un suministro intermitente deja insatisfechos a los usuarios, resultando en una baja disposición a pagar por un servicio de baja calidad (Frauendorfer y Liemberger. 2010).

Bajo el contexto mencionado y con el objetivo de aportar mejoras a la administración y el uso del agua potable en la limpieza, este trabajo propone un circuito que permite automatizar el suministro de agua en los mingitorios de baños de uso público. El circuito aquí presentado utiliza un detector de movimiento que comanda una electroválvula, a través de la cual se acciona debidamente el suministro de agua del mingitorio correspondiente. El circuito desarrollado es compacto, liviano, de fácil calibración y de bajo costo. El mismo fue desarrollado en el marco del trabajo práctico integrador para la asignatura Técnicas Digitales 1, correspondiente al cuarto año de la carrera Ingeniería Electrónica.

Metodología

Analizando la problemática planteada se propone mejorar la administración del agua en los mingitorios de baños de uso público, a través de un automatismo que capte la presencia de la persona que utilizará el mingitorio y luego active una electroválvula para liberar el paso del agua cuando la persona termine de utilizarlo y se retire del lugar. Para captar la presencia de la persona se utiliza un detector de movimiento asociado a un circuito que activa de forma temporizada la electroválvula, cuando la persona deja de usar el mingitorio. De esta forma, el diagrama temporal de la Figura 1 indica los estados correspondientes a las salidas del detector de movimiento y de la salida temporizada que acciona la electroválvula. En el diagrama se puede observar que inicialmente ambas salidas se encuentran inactivas (en bajo), una vez que la persona se acerca al mingitorio, la salida del detector se activa durante el tiempo que la persona se encuentre utilizando el mismo. Una vez que la persona se retira del lugar el circuito detecta el flanco descendente del detector y activa la electroválvula por un tiempo que puede ser configurado para utilizar únicamente la cantidad de agua necesaria.

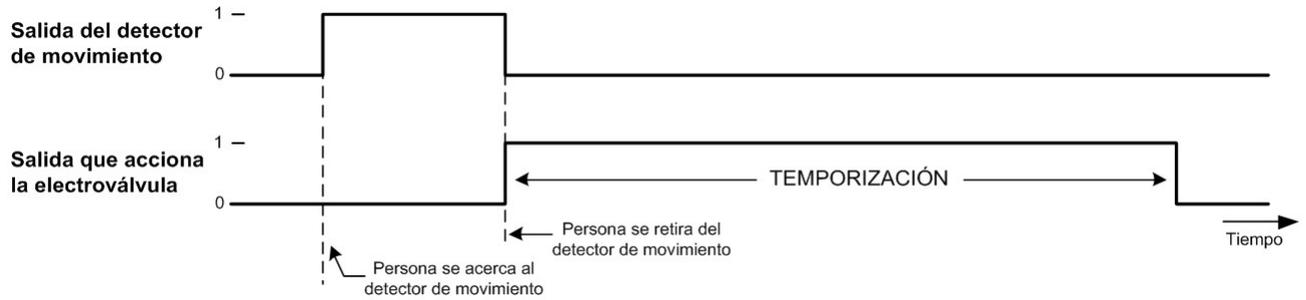


Figura1:Diagrama temporal de funcionamiento del automatismo.

Una vez determinado como debe operar el automatismo propuesto, se identificaron las etapas del mismo a los efectos de seleccionar y/o diseñar los circuitos necesarios. De esta forma, el sistema implementado ha sido separado en bloques funcionales, como puede observarse en laFigura 2.

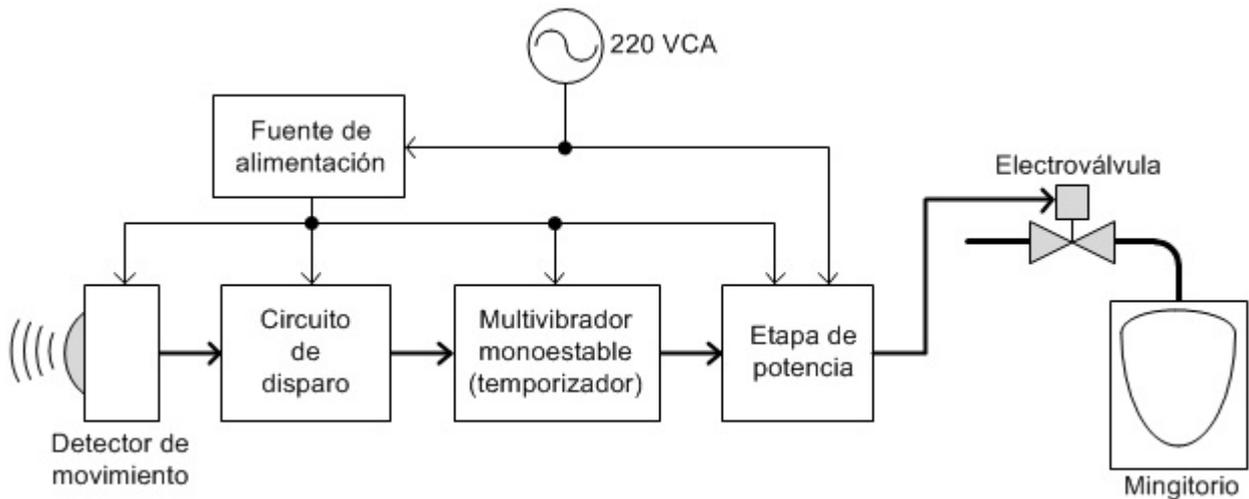


Figura2:Diagrama de bloques del automatismo.

Debido a la disponibilidad en el mercado nacional y por su bajo costo, para el detector de movimiento que indica laFigura 2,se ha seleccionado el módulo HC-SR501. El mismo opera detectando el calor emitido por el cuerpo humano en forma de radiación infrarroja y generando un pulso de tensión activo en alto cuando detecta movimiento.



El circuito de disparo se ha diseñado a partir de transistores que operan en conmutación. Este circuito adapta el nivel de la tensión de salida del detector de movimiento y genera un flanco descendente para efectuar el disparo del multivibrador monoestable.

La función del multivibrador monoestable es mantener activa su salida con determinada tensión, por un período de tiempo que puede ser ajustado según la necesidad de la instalación donde funcionará el automatismo. El tiempo mencionado corresponde al que permanecerá abierta la electroválvula permitiendo el paso del agua al mingitorio. El multivibrador monoestable se ha diseñado con un circuito integrado NE555 debido a su bajo costo y facilidad de implementación.

La etapa de potencia permite que la salida del multivibrador monoestable pueda activar la electroválvula, la cual se alimenta con 220V de la red eléctrica. Para esta etapa se ha seleccionado un relé con bobina de 12 V, para que pueda ser comandado por el multivibrador monoestable.

La fuente de alimentación que se indica en la Figura 2 es del tipo lineal con tensión de salida regulada. La misma fue diseñada a partir de un transformador 220 V/15 V, un puente rectificador de diodos, un filtro capacitivo y un circuito integrado L7812CV encargado de regular a 12Vcc la tensión de salida de la fuente.

Diseñado el circuito, el mismo fue simulado y luego ensayado. Dentro de los ensayos realizados se ha comprobado el funcionamiento observando a través del osciloscopio digital las formas de onda de la tensión de salida del multivibrador monoestable (para las distintas temporizaciones configurables) y comprobando el accionamiento correcto del relé de la etapa de potencia. Esta experiencia se realizó armando el circuito diseñado en un protoboard a modo de modificarlo fácilmente ante la necesidad de una corrección y simulando la señal de salida del detector con un generador de funciones. Luego de verificarse la correcta operación del circuito, este último fue sustituido por el detector de movimiento seleccionado con quien se volvió a verificar la operación.

Resultados y Discusión

El detector de movimiento HC-SR501 utilizado en el automatismo propuesto en este trabajo, posee un sensor infrarrojo pasivo (PIR) que no emite una señal para detectar a las personas, sino que opera captando la variación de energía infrarroja de las mismas cuando se desplazan dentro de su campo de acción. En la Figura 3 puede apreciarse el sensor PIR mencionado, como así también los terminales de alimentación “VCC” y “GND” donde se aplica la tensión de



alimentación del detector, la cual puede ser de 5 a 20 V de corriente continua. En dicha figura también se puede apreciar la ubicación de los diferentes ajustes que pueden realizarse en el detector.

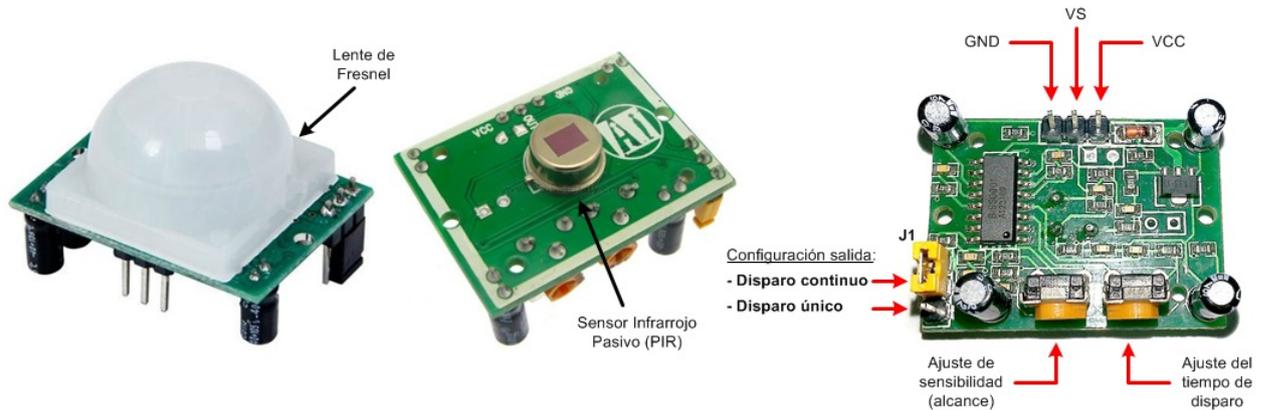


Figura3:Detector de movimiento HC-SR501.

El ajuste de sensibilidad indicado en la Figura 3 permite variar la sensibilidad del dispositivo, modificando su distancia de detección entre 3 y 11 metros; mientras que el ajuste de tiempo de disparo permite modificar el tiempo que permanece activada la señal en el terminal “VS” del detector, una vez que el mismo detecta movimiento. Este ajuste permite regular el tiempo de activación entre 5 y 300 segundos aproximadamente.

En la Figura 3 también se puede ver que la señal de salida en el terminal “VS” presenta dos configuraciones de disparo, las cuales se obtienen modificando la posición del jumper J1. Según esto, la salida del detector de movimiento puede configurarse como:

- Disparo único: Cuando el dispositivo detecta una persona, activa su salida “VS” poniéndola en alto durante el tiempo ajustado previamente, sin importar si el detector continúa captando a la persona o no.
- Disparo continuo: Cuando el dispositivo detecta una persona, activa su salida poniéndola en alto hasta que deje de detectar la presencia. Luego de esto recién comienza el conteo del tiempo ajustado y la salida VS” sigue en alto hasta que se cumple el tiempo ajustado previamente.



Para este trabajo, la salida del detector fue configurada en el modo de disparo continuo ubicando el jumper J1 en la posición más baja que se indica en la Figura 3. Como se verá más adelante, en el circuito propuesto se agregó un LED para indicar cuando hay detección de movimiento.

Atendiendo al funcionamiento del detector de movimiento y al alcance mínimo que posee el mismo, éste debe instalarse de tal manera que detecte únicamente la zona de uso del mingitorio. Se recomienda montarlo sobre el costado del separador, como se indica en la Figura 4. Si es necesario cubrir parte del lente para que detecte únicamente a la persona que se encuentra utilizando el mingitorio.



Figura4: Ubicación del detector de movimiento.

En cuanto a la temporización indicada en el diagrama de la Figura 2, fue implementada con el circuito integrado NE555, configurado como multivibrador monoestable (temporizador) activado con flanco descendente (Texas Instruments, 2014).

Como se puede apreciar en la Figura 2, la salida del detector de movimiento es acoplada a la entrada del multivibrador monoestable a través de un circuito de disparo el cual proporciona una salida que copia a la señal “VS” del detector, pero adaptando los niveles lógicos a la tensión admisible por la entrada de disparo del temporizador. En la Figura 5 se puede observar el esquema del circuito de disparo, cuyo funcionamiento es explicado a continuación. Inicialmente se parte de las suposiciones de que el detector de movimiento presenta salida en bajo y que el capacitor C3 está cargado. Esto significa que la tensión de salida del circuito de disparo es aproximadamente igual a V_{cc}



(tensión de alimentación del NE555 y el HC-SR501), que el transistor Q2 está en estado de corte y que el transistor Q3 está en saturación. Cuando la salida del detector pasa a un estado alto ante la presencia de movimiento en su área de alcance, el transistor Q2 pasa al estado de saturación y el transistor Q3 a corte. Como C3 está cargado, la tensión de salida del circuito de disparo continúa siendo V_{cc} Cuando la salida “VS” del detector vuelve al estado bajo, el transistor Q2 retorna a su estado en corte y el Q3 se vuelve a saturar. Con esto, el capacitor C3 se descarga y se comporta por un pequeño instante como un cortocircuito a masa, lo que dispara al multivibrador monoestable activando su salida y accionado por un tiempo determinado a la electroválvula para que descargue agua en el mingitorio cuando la persona se retira del mismo. Al cargarse C3, la tensión de disparo retorna a ser V_{cc} . La función del diodo D1 es evitar un pico de tensión en la salida del circuito de disparo cuando el transistor Q3 se pone en corte.

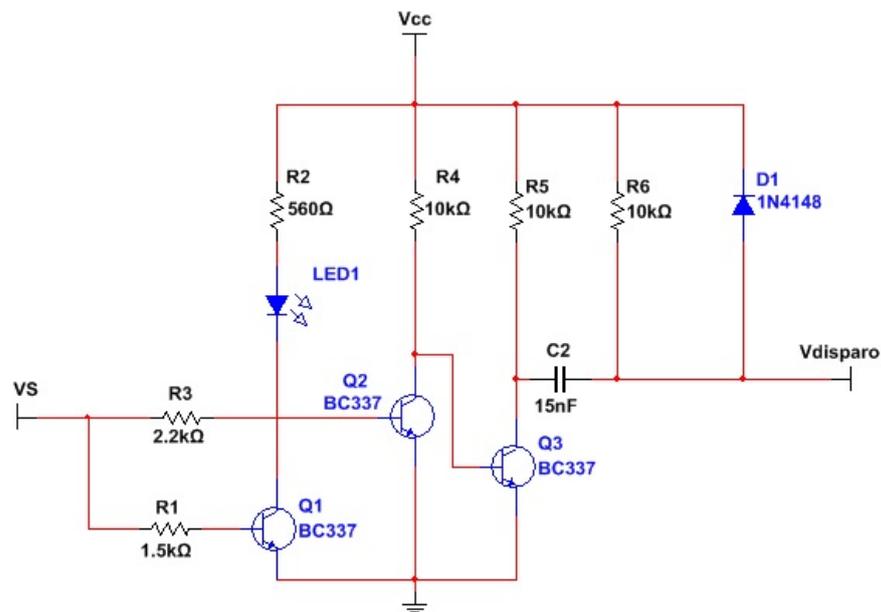


Figura5:Circuito de disparo del multivibrador monoestable.

El circuito de disparo indicado Figura 5 posee el LED1, el cual permite visualizar si la salida del detector de movimiento está activada o no, indicando esto el estado de detección de movimiento.



La función del multivibrador monoestable indicado en la Figura 2 es la de mantener un estado en alto en su salida durante determinado tiempo, para accionar el circuito de potencia que activa la electroválvula del automatismo. La Figura 6 muestra el circuito obtenido para el multivibrador monoestable, donde el tiempo que se mantiene en alto la tensión de salida en “Vcontrol”, es configurable con la red RC compuesta por el resistor R7, el preset R8 y el capacitor C4. La temporización obtenida con estos componentes, puede calcularse a través de la siguiente ecuación (Floyd, 2006):

$$C4 \qquad \qquad \qquad (1) \qquad \qquad \qquad Ta = 1,1 (R7 + R8)$$

La temporización en la salida del multivibrador monoestable puede variarse modificando Ta a través del preset R8, el cual puede tomar un valor entre y. Cuando R8 = 0? la temporización es Ta = 11 s, mientras que con R8 = 100 k? se tiene Ta = 22 s.

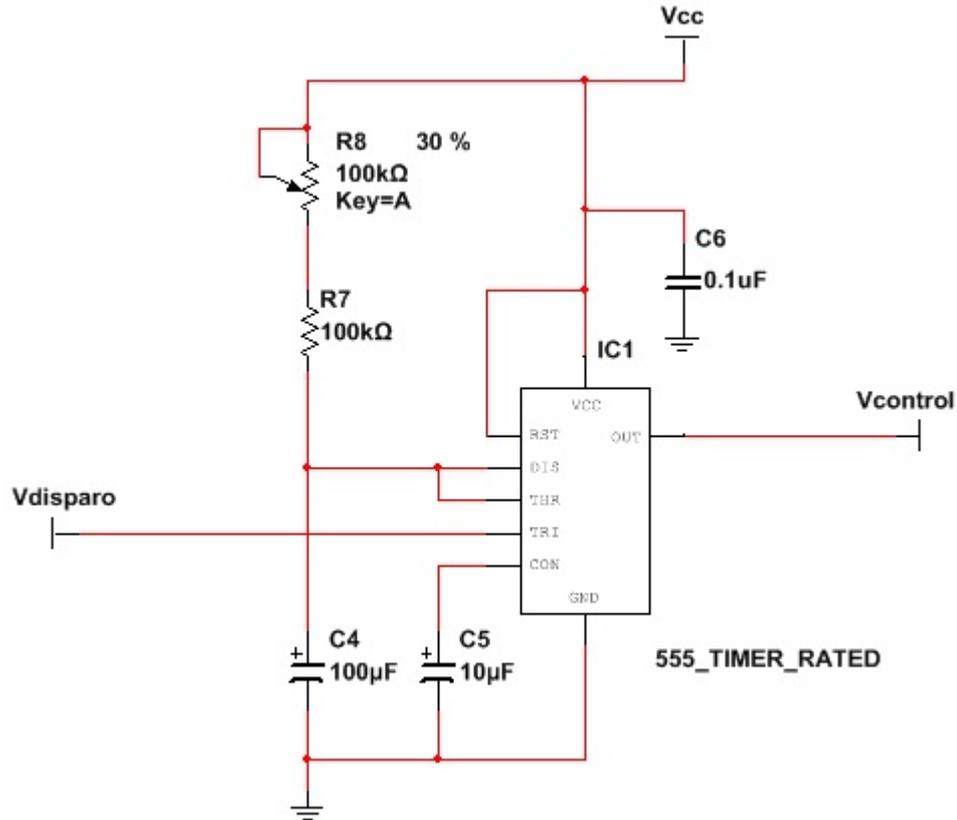


Figura6:Circuito del multivibrador monoestable.

En las Figuras 7 y 8 se muestran los resultados de los ensayos efectuados para comprobar la operación del detector de movimiento conectado al multivibrador monoestable a través del circuito de disparo de la Figura 5. En estos resultados se muestra las señales de salida obtenidas para los valores extremos R8, es decir para las temporizaciones mínima y máxima configurables en el multivibrador monoestable. En la Figura 7 se puede observar que el tiempo mínimo de estado en alto de la salida es de aproximadamente 11 s, y en la Figura 8 se observa que el tiempo máximo es de 22 s, cumpliéndose con los valores calculados a través de la ecuación (1). En las figuras mencionadas también se puede observar que el flanco descendente de la señal proveniente del detector de movimiento, efectivamente activa la salida del multivibrador monoestable iniciando la temporización que acciona a la electroválvula del automatismo. Esto demuestra que la el agua correrá por determinado tiempo en el mingitorio, luego de que la persona se retira del mismo.

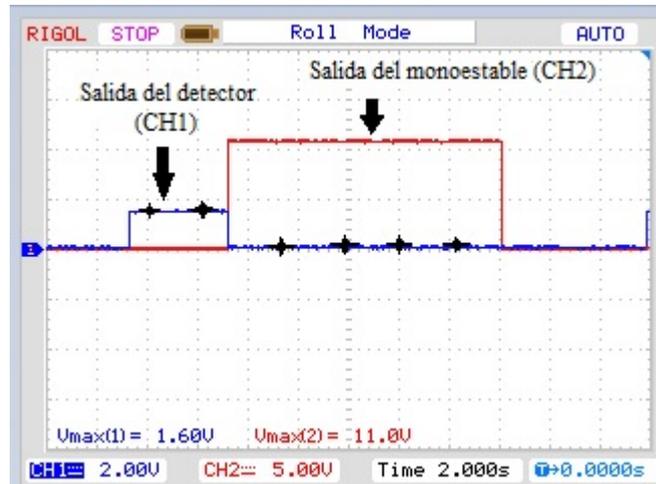


Figura7:Señales de salida del detector de movimiento y del multivibrador monoestable (temporización mínima).

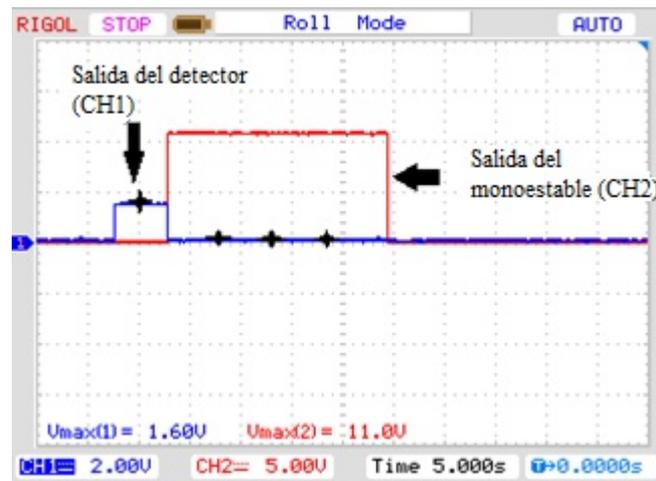


Figura8:Señales de salida del detector de movimiento y del multivibrador monoestable (temporización máxima).

La etapa de potencia indicada en la Figura 2 tiene por función lograr que con una pequeña señal de corriente proveniente del multivibrador monoestable, pueda comandarse un relé de 12V/25mA para activar la electroválvula del automatismo, cuya bobina opera con una tensión de corriente alterna de 220 V. El circuito de esta etapa se indica en la Figura 9, como puede apreciarse en el mismo, el relé que comanda a la electroválvula es accionado a través del transistor Q4. Cuando la salida multivibrador monoestable se pone en alto debido al inicio de la temporización, Q4 pasa al estado de saturación permitiendo el accionamiento del relé y de la electroválvula para hacer correr agua en el mingitorio. El LED2 que posee la etapa de potencia, permite indicar el estado



activo del relé, mientras que el diodo D2 protege al transistor Q4 permitiendo la descarga de la energía almacenada en la bobina del relé y así evitar sobretensiones peligrosas cuando dicho transistor pasa al estado de corte.

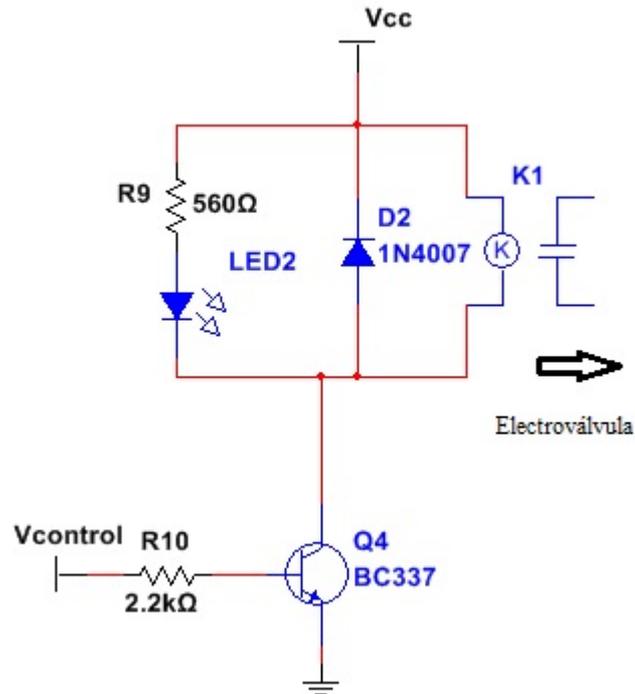


Figura9:Circuito de la etapa de potencia.

La fuente de alimentación indicada en la Figura 2 permite energizar al circuito del automatismo con una tensión continua de 12 V a partir de los 220 V de la red. En la Figura 10 se muestra el circuito de la fuente de alimentación.

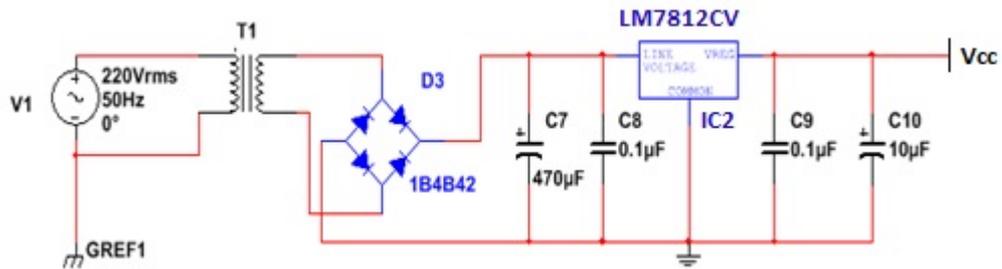


Figura10:Circuito de la fuente de alimentación de 12V.

En el circuito de la Figura 10, el transformador T1 posee una relación de transformación 220/15V para adecuar la tensión de la red a los niveles necesarios en el circuito del automatismo. La tensión del secundario del transformador es rectificadora en el puente de diodos D3 y filtrada mediante el capacitor electrolítico C7. Este último fue dimensionado considerando un ripple máximo del 10% de la tensión promedio de salida de la fuente sin el regulador. Para obtener una fuente con tensión de salida estable ante variaciones en la corriente de carga, la tensión filtrada se regula a 12V mediante el circuito integrado LM7812CV.

La Figura 11 muestra el circuito desarrollado indicándose los bornes de conexión del detector de movimiento, el transformador y la electroválvula (NC-C). En la Figura 12 se puede observar el funcionamiento correcto del circuito a través del estado de los LEDs indicadores en cada caso.

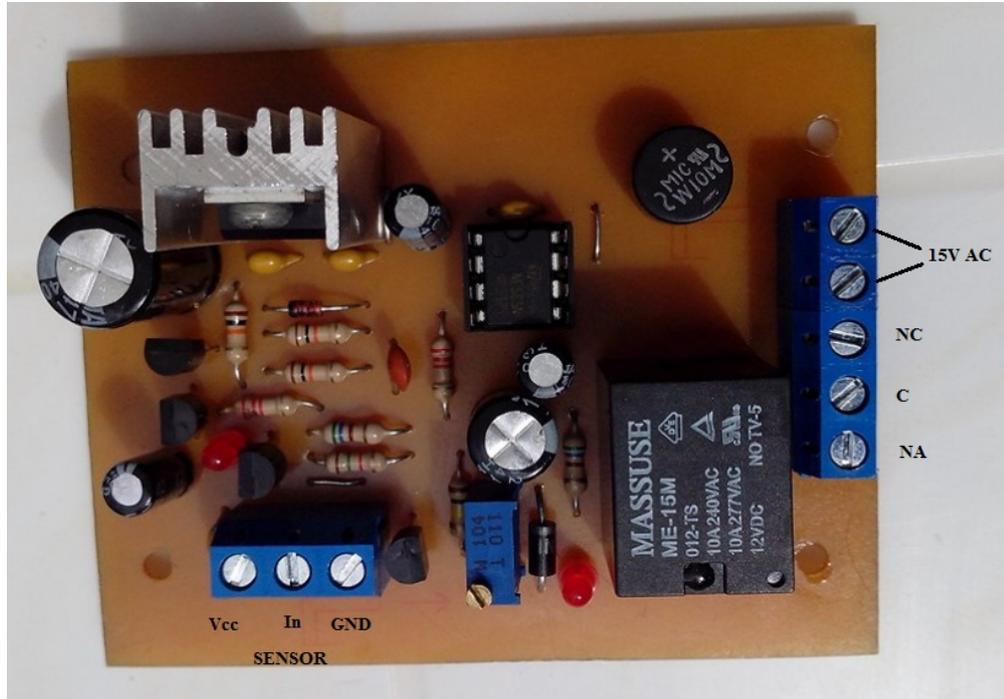


Figura11:Foto del circuito desarrollado.

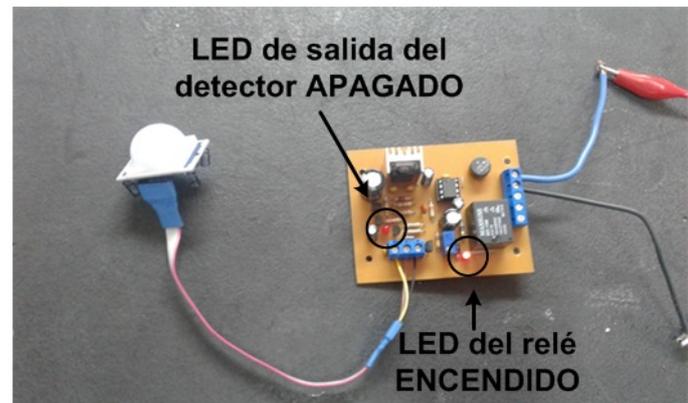
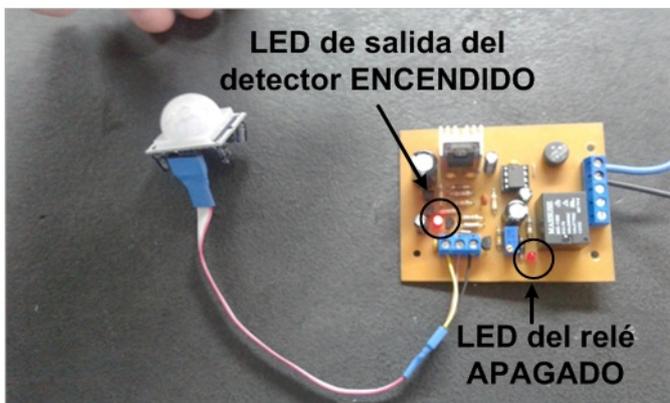


Figura12:Fotos de ensayos: (a) Sensado de movimiento;(b)Accionamiento del relé.



Conclusiones

En base a los resultados obtenidos durante los ensayos realizados, puede concluirse que el circuito propuesto permitirá automatizar el suministro de agua en los mingitorios de manera satisfactoria, pudiéndose adaptar el tiempo de suministro de agua a las necesidades de la instalación. Se obtuvo un circuito compacto y de bajo costo, siendo el mismo una opción viable para implementarse en baños de uso público. Por otra parte, este trabajo contribuyó a la integración de los conceptos desarrollados en la materia Técnicas Digitales 1, permitiendo adquirir experiencia en el diseño de circuitos, en la resolución de problemas, en el diseño de circuito impreso (*Printed Circuit Board*, PCB), el montaje y la soldadura de componentes en el mismo. En síntesis, el trabajo propuesto resultará en un aporte al uso racional del agua utilizando herramientas adquiridas en el cursado de la materia.

Referencias

Lahlou, Z. (2009). *Detección de fugas y control de pérdidas de agua*. Estados Unidos: Lynchburg, VA.

Publicado por The National Environmental Services Center.

Belden, A., Cole, P., Conte, H., deMooy, J., Jose, S., Karki, J., Kasper, D., Pao, S. & Sood, A. (2008).

Integrated Policy and Planning for Water and Energy. Universidad de Delaware. Estados Unidos: Newark, DE.

Frauentorfer, R. & Liemberger, R. (2010). *The issues and challenges of reducing non-revenue water*.

Filipinas: Mandaluyong City.

Texas Instruments. (2014). *XX555 Precision Timers Data Sheet*.

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>. Consultado en Julio de 2016.

Floyd, T. (2006). *Fundamentos de Sistemas Digitales*. 9ª edición. Pearson Prentice Hall, España, Madrid 2006.