

<http://www.inii.ucr.ac.cr/revista>
www.ucr.ac.cr / ISSN 1409-2441

Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica

II Jornadas de Investigación Facultad de Ingeniería, Volumen Especial




EDITORIAL
UCR



FI
Facultad de
Ingeniería

INII
Instituto de
Investigaciones en
Ingeniería

Memoria de conferencias de las Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería

10 al 12 de noviembre de 2020

PERSONAS EDITORAS

Orlando Arrieta-Orozco

Karina Castro-Arce

Víctor Schmidt-Díaz

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Instituto de Investigaciones en Ingeniería

**INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA
EDITORIAL DEL VOLUMEN ESPECIAL**

IEEE:

[1] O. Arrieta-Orozco, K. Castro-Arce, and V. Schmidt-Díaz, Eds., “II Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería 2020”. En *Volumen Especial Revista de Ingeniería*, 2021, pp 1-237. Doi 10.15517/ri.v31i0.48008

APA:

Arrieta-Orozco, O., Castro-Arce, K., & Schmidt-Díaz, V. (Eds). (2021). II Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería 2020. En *Volumen Especial Revista de Ingeniería*. Universidad de Costa Rica, pp 1-237. Doi: 10.15517/ri.v31i0.48008

Diseño de portada: Melissa González Villalobos.

Diagramación: Marcela Quirós Garita y Melissa González Villalobos.

TABLA DE CONTENIDOS

Presentación	i
Acerca de este Volumen Especial de la Revista de Ingeniería	iii
Acerca de las personas editoras de este Volumen Especial	iv
 TEMA I	
Espacio y servicios públicos: Infraestructura, uso y calidad	1
Análisis y mejora para un elevador oscilante	3
Análisis cinemático de máquinas biosaludables	7
Propuesta de conexión al alcantarillado sanitario para dos asentamientos informales en la Gran Área Metropolitana	11
Determinación de los factores camión para pavimentos rígidos de Costa Rica en el período 2007-2017	15
Evaluación del desempeño técnico y administrativo, y plan de mejoramiento para un acueducto pequeño	19
 TEMA II	
Automatización e interacción humano-tecnologías, Inteligencia artificial e internet de las cosas (IoT)	23
Diseño de un controlador PI inmune óptimo	23
Implementación de un controlador DMC para una columna de destilación binaria	31
Terapia fototérmica controlada mediante lógica difusa multivariable	35
Procesamiento de Señales de Habla basado en Deep Learning	39
Desarrollo de Tecnologías del Habla en Costa Rica	43
 TEMA III	
Mediciones de variables físico-ambientales y sus aplicaciones	47
¿Qué información brinda una base de datos de aguas vertidas en un sistema de irrigación?	49
Análisis de Firmas Hiperspectrales del Pasto Estrella Africana (<i>Cynodon nlemfuensis</i>) Bajo Régimen de Pastoreo	53
Prueba de vibración ambiental del puente sobre río Chirripó, Ruta Nacional 32, Costa Rica	57
 TEMA IV	
Vivienda social: planificación, construcción, calidad	61
Proyectos de Vivienda Social en Costa Rica 2011-2018	63
De la teoría a la práctica: fases ejecutadas en dos procesos de reasentamiento involuntario	67
Efecto de la relación de aspecto en muros de mampostería parcialmente rellena confinada reforzada: Ductilidad y Rigidez	71
Propuesta de mejoramiento a los procesos de diseño y aprobación de conjuntos residenciales de interés social	75
Estrategia integral para el abordaje de la vivienda social en Costa Rica	79
Evaluación de las condiciones socioeconómicas y la infraestructura de dos proyectos de reasentamiento involuntario	83
Hacinamiento y conflictos normativos: incertidumbres existentes en el modelo de vivienda social en Costa Rica	87

TEMA V

Conversión, reconversión y aprovechamiento de recursos naturales	91
Producción de celulasas por <i>Trichoderma</i> sp, utilizando biomasas lignocelulósicas pretratadas como sustrato	93
Cocina gasificada para aprovechamiento de biomasa residual Wood gas stove fueled with residual biomass	97
Evaluación del uso de carbón activado producido a partir de rastrojo de piña en la remoción de azul de metileno	101
Licuefacción hidrotérmica del rastrojo de piña para la obtención de biocrudo	105
Soporte catalítico estructurado impreso en 3D para la degradación de contaminantes emergentes mediante el proceso de Fenton	109
Control vectorial de un generador lineal para la conversión de energía undimotriz utilizando convertidores fuente de corriente	113

TEMA VI

Modelado y prototipado: software, sistemas, herramientas, aplicaciones	117
Optimización de cruces ferroviarios en redes de vía simple mediante algoritmos voraces y genéticos	119
Diseño de un Sistema de Ruedas de Reacción para un CubeSat de Tres Unidades	123
Identificación y modelado dinámico de una mesa vibratoria y una estructura de un piso	129
Análisis paramétrico de esfuerzos en la soldadura de conexiones circulares bridadas	133
Aplicación de la simulación en tiempo real al estudio de protecciones en sistemas eléctricos	137
Diseño y ajuste en línea de un estabilizador de sistemas de potencia	141
Enlace inalámbrico para pruebas de convertidor resonante de potencia	145
Flujo en compuerta inferior de represa bidimensional por el método de SPH	149
Prototipo de una celda unidad de batería aluminio-aire en flujo	153
Implementación de Sistema Automático de Monitoreo para Proyecto de Cosecha de Agua en Monteverde	157

TEMA VII

Pedagogía y formación: herramientas, crítica, virtualidad	163
Aplicación de rúbricas para medir los indicadores de atributos de egreso	165
Experiencias de aprendizaje basado en proyectos en cursos de Computación: aciertos y retos	169
Factores determinantes en la escogencia de la carrera de Ingeniería Química en la Universidad de Costa Rica	173

TEMA VIII

Ordenamiento territorial, gobernanza territorial, paisaje	177
Conservación de Suelos y ordenamiento territorial en las faldas del volcán Irazú	179
Paisajes Culturales: perspectivas para la conservación del paisaje en Costa Rica	183
Explorando los efectos del COVID-19 en los precios de propiedades y alquileres urbanos de la GAM	189
Vivienda inclusiva de alta densidad y derecho a la ciudad en Costa Rica	193
Evaluación de la metodología del Desarrollo Orientado al Transporte Público en corredor vial	197

TEMA IX

Prevención y mitigación de riesgos + soporte y mejoramiento de procesos	201
Análisis de sitios de concentración de choques viales mediante la utilización de sistemas móviles para el inventario de carreteras en la Ruta Nacional 1	203
Análisis de modos de falla, efectos y criticidad a un aerogenerador doblemente alimentado	207
Monitoreo de condición del sistema de aislamiento de motores eléctricos mediante índice de salud	211

TEMA X

Materiales comunes y bioinspirados: carecterísticas, calidad, aplicaciones	217
Densificación de polímeros para funcionar como agregados en materiales de construcción	219
Asfaltos modificados en almacenamiento: Un estudio de su comportamiento a condiciones críticas	221
Obtención de nanocelulosa funcionalizada, como método de adsorción de cromo	225
Evaluación de Pavimentos Verdes a Escala Natural	227
Evaluación del efecto del proceso de desmineralización de hueso bovino en la forma y composición de nanopartículas de hidroxiapatita producidas por electrosíntesis	231
Mezcla asfáltica modificada con diferentes materiales de desecho	235

PRESENTACIÓN

Las Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería surgieron en el 2019 como una iniciativa conjuntamente impulsada por la Decanatura de la Facultad y la Dirección del Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Se buscaba generar un espacio que representara una ventana de exposición de los muchos trabajos realizados por el personal docente e investigador, así como de la población estudiantil.

En octubre de 2019 se realizaron las I Jornadas de Investigación y en ellas se presentaron un total de 38 ponencias, en diferentes áreas temáticas relacionadas a la ingeniería y la arquitectura, con la participación de las Escuelas de la Facultad de Ingeniería y de otras Unidades de Investigación. Se tuvo una estructura que contemplaba dos modalidades: trabajos de investigación de personal docente-investigador y ponencias presentadas por parte de la población estudiantil como resultado de proyectos de cursos, participación en investigaciones o trabajos finales de graduación.

A partir de la experiencia de la primera edición de las Jornadas de Investigación, se hace una revisión y un replanteamiento mejorado para la segunda ocasión de dicho evento, que se llevó a cabo en noviembre de 2020. Adicionalmente, debido a la pandemia por COVID-19 se realiza una planificación del evento para ser desarrollado totalmente bajo la modalidad virtual.

Los cambios implementados consistieron en ampliar las temáticas a tratar, introducir una modalidad adicional para incluir los trabajos de investigación que se encuentren en desarrollo y diferenciarlos de las investigaciones consolidadas, manteniendo lo relativo a la presentación de la población estudiantil. Se buscó además estructurar un segmento para incorporar la participación de estudiantes del Programa de Doctorado en Ingeniería y de esa forma mostrar el avance de los proyectos de investigación.

Para las II Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería se presentaron en total 70 ponencias, que representaron un 85% de aceptación respecto al total presentado y que fue el resultado de la revisión preliminar realizada por el Comité Evaluador, cuya integración incluía al menos una persona en representación de cada una de las Unidades Académicas de la Facultad de Ingeniería.

Como parte de las ideas desarrolladas para la edición 2020, se realizó una coordinación y una articulación con la Revista Ingeniería, para la publicación de los resúmenes de cada una de las ponencias presentadas. El presente número especial representa un esfuerzo que incluye los trabajos presentados en las II Jornadas de Investigación y que superaron la revisión del Comité Organizador.

Las diferentes iniciativas comentadas previamente son parte de un proceso de evolución y revisión continua que tienen como objetivo consolidar y madurar las Jornadas de Investigación, como un evento anual de la Facultad de Ingeniería que permita mostrar parte del quehacer académico que se realiza en las Unidades Académicas y de Investigación.

Se espera que poco a poco aumente el número de participantes y trabajos, que permitan a su vez incrementar los parámetros de revisión, llegando a contar idealmente con evaluación de pares externos para las ponencias y así garantizar una mayor rigurosidad y calidad académica de las presentaciones.

El 2021 es un año especial para la Facultad de Ingeniería; se celebra el 80 aniversario de la primera clase de ingeniería en Costa Rica, así como los 50 años de la creación de la Escuela de Arquitectura y los 40 años de la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática.

Al igual que nuestra Facultad y sus Unidades, esperamos poder celebrar en el futuro muchos aniversarios de las Jornadas de Investigación, como evento debidamente consolidado y permanente en el tiempo, que ayude a visibilizar los aportes que se hacen al país y la sociedad costarricense.

Editores del volumen especial:

Dr. Orlando Arrita Orozco
Decano
Facultad de Ingeniería

Dr. Víctor Schmidt Díaz
Director
Instituto de Investigaciones en Ingeniería

M.Sc. Karina Castro Arce
Docente e Investigadora
Escuela de Arquitectura e Instituto de Investigaciones en Ingeniería

ACERCA DE ESTE VOLUMEN ESPECIAL DE LA REVISTA INGENIERÍA

Este Volumen Especial es una memoria del congreso de las II Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica. Las jornadas se desarrollaron de forma virtual entre los días 10 y 12 de noviembre de 2020. La contribución de resúmenes a este Volumen Especial fue voluntaria por parte de las personas ponentes, por tanto, en este se exponen 53 de 70 ponencias que fueron presentadas durante el evento. Esta memoria compila los resúmenes extendidos de las ponencias en las 10 áreas temáticas que fueron abordadas en las II Jornadas de Investigación.

Descargo revisión de pares

Al tratarse de un Volumen Especial acerca de las Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería, es importante aclarar que a las ponencias presentadas no se les aplicó la evaluación de pares académicos que se estipula en la Revista Ingeniería para artículos científicos.

Todos los resúmenes, ya sea en categoría persona profesora/investigadora o estudiante, fueron valorados por el Comité Organizador de las II Jornadas de Investigación, conformado por representantes de cada una de las unidades académicas que son parte de la Facultad de Ingeniería. La valoración para que las ponencias se consideraran fue, únicamente, una presentación oral de 15 minutos y se utilizaron los siguientes criterios:

1. Presentación de resumen extendido de máximo 1000 palabras.
2. Cumplimiento de formato según el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
3. Tema enmarcado en una de las áreas temáticas definidas para el evento.
4. Originalidad, claridad y precisión en la redacción para su facilidad de comprensión de acuerdo al público multidisciplinar del evento.
5. Síntesis de contenidos: problemática o situación a investigar, métodos, análisis o discusión, resultados.

Descargo imágenes

Es posible que la calidad de las imágenes expuestas en este Volumen Especial no sea la adecuada. En ese sentido se aclara que la contribución es exclusiva responsabilidad de las personas autoras participantes.

Plagio

Se realizó una revisión de los resúmenes aquí expuestos usando la plataforma *Turnitin*. Si el plagio fue detectado en alguno de los textos, las personas editoras invitadas tomaron la decisión de removerlo de este Volumen Especial. Aún así, debe aclararse que los textos son responsabilidad de cada una de las personas autoras y, como se menciona anteriormente, estos textos no pasaron por los filtros rigurosos establecidos para revistas científicas.

ACERCA DE LAS PERSONAS EDITORAS DE ESTE VOLUMEN ESPECIAL

Dr. Orlando Arrieta Orozco

Orlando Arrieta Orozco recibió los títulos de Bachiller y Licenciado en Ingeniería Eléctrica, de la Universidad de Costa Rica, en 2003 y 2006 respectivamente. En 2007 obtiene el grado de Máster en Ingeniería de Sistemas y Automática y en 2010 el de Doctor, ambos por la Universidad Autónoma de Barcelona, España, en el campo de Ingeniería de Control, donde también realiza luego un periodo postdoctoral. En el 2015 obtiene además el grado de Maestría en Administración con énfasis en Gerencia, de la Universidad de Costa Rica. Es profesor de la Escuela de Ingeniería Eléctrica e investigador del Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Actualmente es Decano de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de Costa Rica.

Dr. Víctor Schmidt Díaz.

Licenciado en Ingeniería Civil por la Universidad de Costa Rica. Máster y Doctor en Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural por la Universidad Politécnica de Cataluña en Barcelona, España. El doctorado además lo obtuvo con Mención Europea, gracias a una pasantía realizada en el Instituto NORSAR en Noruega. Actualmente es investigador del Laboratorio de Ingeniería Sísmica, docente de grado y del programa de posgrado de la Escuela de Ingeniería Civil. Es el actual director del Instituto de Investigaciones en Ingeniería de la Universidad de Costa Rica.

M.Sc. Karina Castro Arce

Arquitecta y planificadora territorial. Realizó estudios de arquitectura en la Universidad de Costa Rica, y cuenta con una maestría en Gerencia de Proyectos de Desarrollo del Instituto Centroamericano de Administración Pública (ICAP). Egresada de la Maestría en Riesgos, Ciudades y Ordenamiento Territorial con énfasis en Política Pública de la Universidade do Porto, Portugal. Está concluyendo su investigación doctoral en Planificación Territorial y Medio Ambiente, en la Universidad de Groningen, Países Bajos. Es docente en la Escuela de Arquitectura y en el Posgrado de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de la Escuela de Geografía; además es investigadora en el Instituto de Investigaciones en Ingeniería de la Universidad de Costa Rica.

Tema VI

**Modelado y prototipado:
software, sistemas, herramientas,
aplicaciones**

Implementación de Sistema Automático de Monitoreo para Proyecto de Cosecha de Agua en Monteverde

Implementation of an Automated Water Harvesting Monitoring System in Monteverde

Roberto Darío Brenes Loría

*Estudiante, Escuela de Ingeniería de Biosistemas
e-mail: roberto.brenesloria@ucr.ac.cr*

Ronald Esteban Aguilar Álvarez, Ph.D.

*Profesor, Escuela de Ingeniería de Biosistemas
e-mail: ronaldesteban.aguilar@ucr.ac.cr*

José Francisco Aguilar Pereira, M.Sc.

*Profesor, Escuela de Ingeniería de Biosistemas
e-mail: jose.aguilar@ucr.ac.cr*

Aníbal Torres Leitón

*Coordinador, programa de Futuros Sostenibles del Instituto Monteverde
e-mail: antorres@mvinstitute.org*

María Gabriela Blanco Barrientos

*Estudiante, Escuela de Ingeniería de Biosistemas
e-mail: maria.blancobarrientos@ucr.ac.cr*

David Hernández Alvarado

*Estudiante, Escuela de Ingeniería de Biosistemas
e-mail: david.hernandezalvarado@ucr.ac.cr*

Palabras clave:

Blynk, cosecha de agua, monitoreo automático, sensores de bajo costo, wifi.

I. INTRODUCCIÓN

El manejo y uso consciente del recurso hídrico se torna cada día más importante a nivel agropecuario y residencial debido a los efectos del cambio climático. Por ejemplo, Centroamérica es una región de alta vulnerabilidad donde se han presentado sequías e inundaciones provocadas por eventos hidrometeorológicos extremos (tormentas tropicales, deslizamientos y aluviones), que tienen profundos efectos en la gestión de recurso hídrico [1]. La Organización de las Naciones

Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) plantea como parte del objetivo de desarrollo sostenible un indicador de estrés hídrico. El indicador establece la proporción de extracción de agua dulce con respecto a los recursos disponibles de agua dulce. De los 175 países que estiman el indicador desde el año 2000, solamente dos tercios reportan un índice menor al 25% (lo que se considera como el umbral de inicio del estrés hídrico) [2]. Aumentar la eficiencia del uso del agua requiere un esfuerzo por buscar medidas y soluciones para aprovechar el agua dulce disponible, estas resultan en una demanda reducida del sistema convencional de agua, mayor acceso a fuentes de agua en zonas aisladas, bajar riesgos de escasez de agua por problemas en el suministro o sequías y demás beneficios expuestos en [3]. En países como Japón, Alemania, Reino Unido y Singapur se han estudiado e implementado sistemas para el aprovechamiento del agua de lluvia [3]. En Costa Rica se han impulsado sistemas de aprovechamiento de agua mediante el Centro Mesoamericano De Desarrollo Sostenible del Trópico Seco (CEMEDE) en sectores agropecuarios y de forma artesanal en hogares de la región Chorotega [4]- [5]. Regiones como la Pacífico Central presentan de 3 a 5 meses secos [6], por lo que proyectos de cosecha de agua son de gran utilidad en el esfuerzo por la conservación del recurso hídrico.

La medición de flujo de agua y la cantidad utilizada en diferentes aplicaciones se ha instrumentado para el análisis del consumo y manejo eficiente de las redes de distribución [7]. También se ha planteado la instrumentación para el cálculo de cobros por consumo de agua, manejo de demanda de agua y reducción de desperdicio en regiones de escasos recursos y alta demanda agrícola [8]- [9]- [10]. Además, se han instrumentado sistemas de cosecha de agua para cuantificar el flujo de entrada y salida de tanques de captación [11]. La metodología de mediciones y manejo de datos se puede realizar de manera manual como se ve en [11], de manera automática utilizando microcontroladores de bajo costo como el *ATMEL 89C51* [12], el *ATMEL AT89S52* [13] u otros microcontroladores como en los que se basan algunas tarjetas de desarrollo de *Arduino* [8], sensores de flujo conectados por wifi, herramientas de software como *LabVIEW* [10] e interfaces graficas de usuario (IGU) en controles de lazo cerrado [12].

I. METODOLOGÍA

El presente proyecto propone la implementación de un sistema de monitoreo automático para cosecha de agua (SMCA) ubicado en el Instituto Monteverde (IMV), Costa Rica. La implementación responde al proyecto de Acción Social ED-3498 dirigido por la Escuela de Ingeniería de Biosistemas titulado *Biosistemas unitarios para la protección del recurso hídrico en Monteverde, Costa Rica*. La finalidad del SMCA es impulsar los sistemas de cosecha de agua en la zona de Monteverde mediante la demostración del sistema y sus beneficios cuantificables en el uso hídrico. En este caso el sistema de cosecha de agua del IMV captará el agua de lluvia para utilizarla en los inodoros, huerta y lavadoras, disminuyendo con esto el consumo de agua potable en el instituto. El agua excedente se llevará a un sistema de siembra de agua. El presente proyecto tiene por objetivo implementar un sistema automático de monitoreo para cuantificar la cantidad de agua de lluvia que se cosecha, utiliza y siembra en el Instituto Monteverde. El SMCA

se compone de sensores de bajo costo: caudalímetros *YFS-201*, *Digiten G2*, sensores ultrasónicos *AJ-SR04M* y sensores capacitivos para el nivel de agua, un sistema de comunicación de datos basado en el microcontrolador *Tensilica Xtensa 32-bit LX6* (ESP32) y la plataforma de desarrollo *Blynk* para crear una aplicación de *Android* (NuuAPP).

Como se muestra en la Fig. 1 el SMCA registra los datos de los sensores (1, 2, 4, 5, 6, 7 de la Fig. 2) utilizando el ESP32. El ESP32 procesa los valores, los muestra en la NuuAPP y almacena en un servidor para luego generar informes de archivos de valores separados por coma (CSV). Estos datos servirán para evidenciar los beneficios de los sistemas de cosecha con lo cual se puede educar y transferir la tecnología a la población de Monteverde.

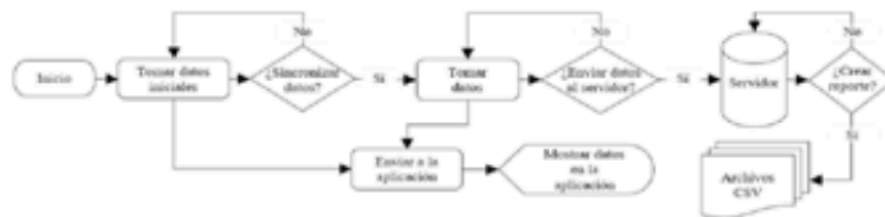


Fig. 1. Diagrama general de procesos del SMCA. Elaboración propia.

Se utilizan caudalímetros de tipo turbina de 2 pulgadas (CT) para medir el flujo en la tubería de entrada, la tubería de salida por desagüe (2 y 6 de la Fig. 2) y de ½ pulgada en las tuberías de salidas dedicadas (7 de la Fig. 2). Los CT generan una señal cuadrada de frecuencia que varía según la velocidad de flujo en la tubería, y está dada por:

$$f=nQ \quad (1)$$

Donde n es un factor de proporcionalidad (varía según el diámetro del caudalímetro) y Q es la velocidad de flujo del líquido en L/min.

Para los CT se propone el uso en conjunto de un sensor de nivel de agua en el tubo (1 y 5 de la Fig. 2) con la finalidad de corregir las mediciones cuando hay poco caudal. Se puede optar por un sensor de nivel de agua de tipo capacitivo (SNC), el cual responde linealmente al nivel de agua por el cambio en la permitividad eléctrica [14]- [15]- [16]. Con este sensor se puede estimar el área de la sección transversal en el tubo. La corrección es necesaria ya que el caudal Q en la ecuación (1) viene de la ecuación de continuidad para fluidos, descrita en [17]. Esta relación de nivel y altura es en su mayor parte lineal, pero no es sencilla de calcular como se explica en [18], se puede utilizar para expresar la frecuencia de la señal considerando cambios en el área como se muestra en la ecuación (2), donde α es un factor de corrección obtenido del SNC.

$$f=\alpha nQ \quad (2)$$

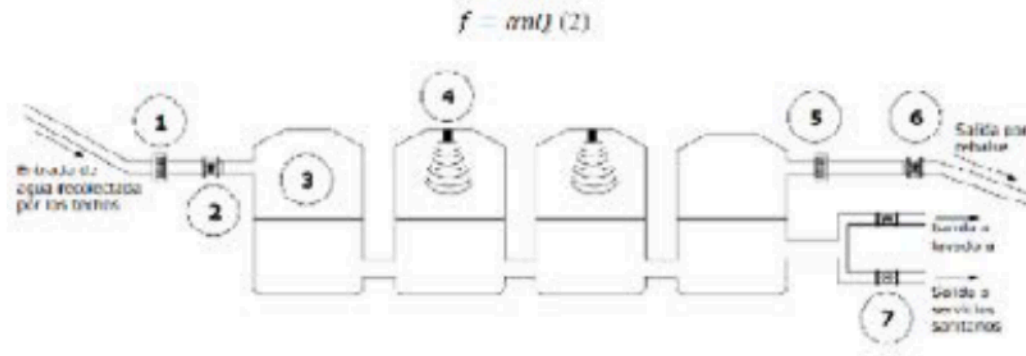


Fig. 2 Diagrama de ubicación de sensores en el SMCA. Elaboración propia.

La medición de nivel de agua en los tanques se va a realizar con un sensor ultrasónico, marcado como 4 en la Fig. 2. Este tipo de sensor permite una medición de nivel no invasiva, con un rango amplio de medición y respuesta rápida como se ve en [19]- [20]. El sensor envía una señal ultrasónica y mide el tiempo que tomó para recibir de nuevo esa señal, esta información se transmite vía comunicación serial al ESP32 y se procesa para obtener un valor de distancia con el que se calcula el nivel de agua y volumen del tanque.

El SMCA medirá adecuadamente los flujos de entrada y salida del agua de lluvia y el nivel de agua en los tanques. El SMCA reportará los datos al NuuAPP para desplegarlos gráficamente en una IGU diseñada específicamente para el IMV, de manera que se tenga un monitoreo en tiempo real del sistema y que a su vez se puedan generar reportes periódicos en archivos de formato CSV con los datos almacenados en el servidor, preferiblemente local. La implementación del SMCA le permite al IMV analizar el desempeño del proyecto de cosecha de agua, por ejemplo, con la estimación de un factor de eficiencia de recolección, monitorear de una manera rápida y autónoma el comportamiento del sistema de recolección, cuantificar el ingreso y uso del agua recolectada. Con estos datos el IMV y el proyecto Biosistemas unitarios para la protección del recurso hídrico en Monteverde, Costa Rica de la Escuela de Ingeniería de Biosistemas podrán generar documentación comprensiva y robusta que les permita demostrar a la comunidad los beneficios de sistemas de cosecha de agua y avanzar en los esfuerzos que realizan por la conservación del recurso hídrico.

REFERENCIAS

- [1] M. A. Martínez Guzmán, «Tecnologías para el Uso Sostenible del Agua: Una contribución a la Seguridad Alimentaria y la Adaptación al Cambio Climático,» Global Water Partnership, Central America, Tegucigalpa, 2013.
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, «Seguimiento del progreso en los indicadores de los ODS relacionados con la alimentación y la agricultura,» 2019.
- [3] S. Sendanayake, *Rainwater Harvesting for Urban Living*, Sri Lanka: South Asian Institute of Technology and Medicine, 2016.
- [4] R. Rodríguez Quirós, D. Morales Hidalgo y L. Obando Villegas, «Propuesta de estrategia nacional

- de desarrollo de las opciones técnicas para la cosecha de lluvia y su utilización en sistemas de riego,» CEMEDE, Nicoya, 2010.
- [5] R. Medina Carrillo, W. Peña Cordero y M. F. Obando Briceño, «Sistemas de Captación de Agua Lluvia para la Producción Agropecuaria Sostenible,» *Revista Nacional de Administración*, vol. 3, n° 1, pp. 07-120, 2012.
- [6] D. Morales Hidalgo y R. Rodríguez Quirós, «Caracterización Biofísica de las Zonas Definidas para la Implementación de las Opciones de Cosecha de Agua,» CEMEDE, Nicoya, 2010.
- [7] E. Clifford, S. Mulligan, J. Comer y L. Hannon, «Flow-Signature Analysis of Water Consumption in Nonresidential Building Water Networks Using High-Resolution and Medium-Resolution Smart Meter Data: Two Case Studies,» *Water Resources*, vol. 54, pp. 88-106, 10 Enero 2018.
- [8] S. Sajith y N. V., «Automated Water Usage Monitoring System,» de *International Conference on Communication and Signal Processing*, Raigad, 2016.
- [9] M. Obby y E. Louwrence, «Smart metering implementation for enabling Water Conservation and Water Demand Management,» de *AFRICON 2013: IEEE African Conference : Sustainable engineering for a better future*, Mauritius, 2013.
- [10] M. Meht, A. Chaugule, R. Misra y J. Gupta, «Automated Water Metering System,» *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, vol. 10, n° 2, pp. 49-52, 2019.
- [11] K. H. B. N H y Z. M., «Monitoring on The Quality and Quantity of DIY Rainwater Harvesting System,» de *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Langkawi, 2016.
- [12] P. Eswaran y K. Aswin, «Design and Development of Automated Water Distribution and Metering System for Residential Buildings,» de *IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research*, Coimbatore, 2012.
- [13] R. Sood, M. Kaur y H. Lenka, «Design and Development of Automatic Water Flow Meter,» *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications*, vol. 3, n° 3, pp. 49-59, 2013.
- [14] D. Wang, «Capacitive-Based Liquid Level Sensing Sensor Reference Design,» Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://www.ti.com/lit/ug/tidu736a/tidu736a.pdf>. [Último acceso: 08 Abril 2020].
- [15] C. K, T. T, P. P y J. N., «A self-calibration water level measurement using an interdigital capacitive sensor,» *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 209, pp. 175-182, 2014.
- [16] R. S. Beeresha, M. K. A y H. V. Manjunath Reddy, «Design and Optimization of Interdigital Capacitor,»: *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 05, n° 21, pp. 73-78, 2016.
- [17] R. A. Serway y J. W. Jewett, *Física para Ciencias e Ingeniería*, Décima ed., vol. I, México, 2018, pp. 369-370.
- [18] R. Gordon, «Squaring a Circular Segment,» *The College Mathematics Journal*, vol. 39, n° 3, pp. 212-220, 2008.
- [19] M. Saraswati, E. Kuantama y P. Mardjoko, «Design and Construction of Water Level Measurement System Accessible through SMS,» de *2012 Sixth UKSim/AMSS European Symposium on Computer Modeling and Simulation*, Valetta, 2012.
- [20] A. A, H. N, C. A y B. N., «Investigation of ultrasonic sensor type JSN-SRT04 performance as flood elevation detection,» de Kota Tasikmalaya, 2018.

