

SIGAP: Sistema Informático para la gestión de Agua Potable

Autores

Rumiñahui Quindi

rumi.quindi@protos-ec.org

Piedad Ortíz

piedad.ortiz@protos-ec.org

PROTOS-EC

Esteban Crespo Martínez

ecrespo@uazuay.edu.ec

Fokus Corp. S. C.
Universidad del Azuay

Coautores

Carmen Sacaquirin

Helder Solis

PROTOS-EC

Resumen

Asegurar el acceso a agua segura para el consumo humano, requiere una infraestructura técnica sostenible y sólida, una organización y concienciación de los diferentes integrantes de una comunidad. La información recolectada por los diagnósticos y seguimientos de los sistemas de agua potable es necesaria almacenarla en una base de datos de referencia que permita catalogar y manejar la gestión pública del agua dentro de una comunidad, parroquia, cantón o provincia. El manejo apropiado de la información es crucial para los Gobiernos Autónomos Descentralizados para garantizar una buena gestión del sector agua y saneamiento; y para conseguir este objetivo, es importante apoyarse en las tecnologías de información. El Centro de Apoyo al Desarrollo Protos EC, una organización sin fines de lucro, que acumula la experiencia, trayectoria y metodologías de la organización internacional PROTOS ASFL quienes de manera conjunta tomaron la iniciativa de capturar esa información mediante el análisis, desarrollo y despliegue de un sistema informático web para la gestión de agua potable – SIGAP; considerando dos perspectivas: i) la social, en la que se identifican rasgos característicos y aspectos socio organizativos de una comunidad; de la misma forma, aspectos socio-organizativos, manejo económico e información sobre estructura orgánico funcional de la entidad administradora; y ii) la técnica, que recoge características propias de una infraestructura de agua potable, desde la fuente de agua hasta

la conexión domiciliaria. La aplicación fue puesta como piloto en la región sur y norte del Ecuador, en las provincias de Cañar, Loja y Esmeraldas respectivamente, en la que se obtuvieron datos interesantes que permitieron proyectar y justificar planes estratégicos de inversión (Planes Maestros) con una mejor coordinación con los demás actores involucrados en el tema agua como entidades del estado y gobiernos locales; siendo un punto de partida para tomar nuevas políticas en cuanto al manejo sostenible del agua.

Palabras clave: Sistemas de información, gestión, agua, Gobiernos autónomos descentralizados.

Abstract

Ensure access to water for safe human consumption, requires a sustainable and solid technical infrastructure, an organization and awareness of the different members of a community. The information collected by the diagnostics and monitoring of drinking water systems are necessary to place it in a reference database that allows cataloging and managing public water management within a community, parish, canton or province. The management of appropriate information is crucial for Decentralized Autonomous Governments to ensure good management of the water and sanitation sector; and to achieve this goal, it is important to rely on information technologies. The Development Support Center PROTOS-EC, is a non-profit organization, which accumulates the experience, trajectory and methodologies of the international organization PROTOS ASFL who jointly took the initiative to capture that information through the analysis, development and deployment of a web computer system for the management of drinking water – SIGAP. It considers two perspectives: i) the social one, in which characteristic features and socio-organizational aspects of a community are identified; in the same way, socio-organizational aspects, economic management and information on the functional organic structure of the administrative entity; and ii) the technique, which includes characteristics of a potable water infrastructure, from the water source to the household connection. A beta version of this software was released in the southern and northern regions of Ecuador, in the provinces of Cañar, Loja and Esmeraldas respectively. Many interesting data were obtained across the testing, that allowed to project and justify strategic investment plans (Master Plans) with better coordination with the other actors involved in the water issues, like state entities and local governments. It will define a starting point to take new policies regarding sustainable water management.

Keywords: Information Systems, water management, Decentralized Autonomous Governments

Introducción

Agua, el recurso natural más valioso para todos los seres humanos y vivientes de este planeta, debe ser gestionado con responsabilidad (ONU, 2003). La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua (Ecuador, 2014). La ocupación inadecuada de las áreas rurales y la intensa explotación de los recursos naturales caracterizados por el uso conflictivo de la tierra, así como el proceso de desinversión educativo y la población rural productiva que está sujeta, profundiza los problemas sociales ya identificados a fines del siglo pasado (Santo Rigo, Selvino Neumann, & Cardoso da Silveira, 2015). La gestión del agua enfrenta grandes desafíos debido a las crecientes incertidumbres causadas por el clima y el cambio global y por las cambiantes condiciones socio-económicas de las fronteras (Pahl-Wostl, 2006).

El concepto de gestión integrada de los recursos hídricos, según Biswas, (2009), aparece hace más de 60 años, y redescubierto por algunos en la década de los noventa. La Constitución de Ecuador del 2008 estipula claramente la responsabilidad de los gobiernos autónomos descentralizados municipales de prestar servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, y saneamiento ambiental; además de delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de playas, riberas y lechos de ríos, lagos, y lagunas en su cantón (Art. 264). Para realizar una eficaz y eficiente planificación y gestión de los servicios públicos de agua potable, se requiere contar con una herramienta que permita: i) Elaborar una línea base del acceso al agua potable; ii) Guardar, ordenar y manejar los datos existentes y futuros en el tema agua potable (tanto los

datos técnicos como los sociales); y iii) visualizar y dar seguimiento a la evolución de la gestión y el acceso al agua en el tiempo.

Protos Ec, una organización no gubernamental dedicada al desarrollo social propone, entre sus estrategias, el mejorar la gestión del agua en las zonas más vulnerables. Esta organización apoya en proyectos específicos y en procesos para una adecuada gestión del agua con el apoyo de ONGs locales, organizaciones de agricultores y usuarios, autoridades locales y servicios regionales del Estado (PROTOS, 2018). Para esta entidad, garantizar el acceso a agua segura para el consumo humano, requiere una infraestructura técnica sostenible y sólida, y de una organización y concienciación de los diferentes integrantes de la comunidad. (PROTOS, 2018).

Con su trabajo en agua potable en Ecuador en los niveles de gestión y seguimiento, Protos EC ha vivido conjuntamente con los actores locales como son las Juntas Administradoras de Agua Potable (JAAP), los Gads municipales, y Estructuras como el CENAGRAP y el COPLAV, la pérdida de información de diagnósticos sociales y técnicos, inventarios recolectados en diferentes entrevistas, estudios técnicos, análisis de calidad de agua, adjudicaciones, entre otros aspectos. Con el desarrollo y la liberación del SIGAP (Sistema Informático para la Gestión de Agua Potable), Protos EC inicia una nueva fase en la que se crea un espacio que permite coleccionar los datos sociales y técnicos del inventario y seguimiento de un sistema de agua potable, además del procesamiento de la información en las zonas en las que esta organización y sus aliados locales intervienen conjuntamente con los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD).

En el 2009 nace la primera versión del SIGAP, cuyo objetivo primordial estaba relacionado con la recolección de información de los diagnósticos y seguimientos de los sistemas de agua potable, y almacenarlos en una base de datos de referencia que permita visualizar, consultar, proyectar y generar reportes con indicadores de las condiciones del servicio y gestión de los sistemas de agua potable dentro una zona geográfica de interés, pudiendo ser esta una comunidad, parroquia, cantón o provincia. Esta primera versión fue desarrollada utilizando el lenguaje de programación JAVA y la base de datos MySQL. Su modelo de información se basaba en las variables registradas en dos formularios: uno social y otro técnico.

Arribado el 2011, Protos contrató a Fokus, una consultora local, para que realice ajustes en el SIGAP, con la intención de que la herramienta genere reportes que permitan sintetizar y visualizar la información almacenada en el sistema. Sin embargo, las limitaciones técnicas que tenía la primera versión con una base de datos mal diseñada, y que, sumadas a la experiencia adquirida luego de desarrollar más reportes que se apeguen a los requerimientos de PROTOS ASFL, impulsaron a que se conciba una nueva versión de este sistema de información.

La segunda versión del SIGAP requirió un nuevo diseño, un sustento para la selección del lenguaje basado en el criterio de la academia, la retroalimentación de las experiencias del usuario obtenidas en la versión anterior, y la re-evaluación de la estructura y contenidos de los formularios sociales y técnicos, de los cuales se desprenderían nuevos reportes, tanto gráficos como textuales.

Este artículo resume la experiencia obtenida durante el diseño, el desarrollo, las pruebas y la

liberación del SIGAP, dividido en las siguientes secciones generales: 1) el estado del arte, 2) el método utilizado, 3) los resultados obtenidos, 4) la discusión a los resultados obtenidos y 5) las conclusiones y trabajos futuros.

Estado del arte

Wurbs sugiere que la gestión del agua involucra el desarrollo, control, protección, regulación y uso beneficioso de sus fuentes. Indica además que los servicios provistos por una comunidad administradora de agua incluyen: i) suministro para usos agrícolas, industriales y municipales; ii) la recolección de aguas servidas y su tratamiento; iii) la protección y el mejoramiento de recursos del entorno; iv) la prevención de contaminación; v) la recreación; vi) la navegación; vii) la generación de energía hidroeléctrica; viii) el drenaje de aguas lluvia; ix) el control de erosión y sedimentación; y x) el control de inundaciones. También menciona que las actividades de planificación y gestión de los recursos de agua incluyen i) la formulación de políticas, ii) el aseguramiento de recursos nacionales, regionales y locales; iii) funciones regulatorias y de permisos; iv) formulación e implementación de estrategias para la gestión de recursos; v) la planificación, diseño, construcción, mantenimiento y operación de infraestructuras e instalaciones; vi) la investigación científica y de ingeniería; y vii) la educación y el entrenamiento.

Los modelos computacionales juegan importantes roles en todos los aspectos de la gestión del agua, pues en base a la información recolectada en modelos definidos, provee grandes beneficios en cuanto a la toma de decisiones sobre recursos acuíferos en el futuro (Wurbs, 1995).

En el campo científico, Simunek, J., Van Genuchten, M.T., y Sejna, M. consideran que los modelos informáticos se utilizan cada vez más para predecir el comportamiento futuro de estos productos químicos y para estudiar prácticas alternativas de gestión del suelo y el agua destinadas a reducir la contaminación del agua subterránea y al mismo tiempo optimizar el rendimiento de los cultivos. Por tal razón, proponen el paquete de software HYDRUS-1D, que permite simular el movimiento unidimensional de agua, calor y solutos múltiples en medios saturados de forma variable; iniciativa dada debido a una creciente preocupación sobre el destino y el transporte de productos químicos agrícolas (sales, pesticidas, microorganismos patógenos, fertilizantes, metales pesados) en los sistemas de suelos y aguas subterráneas.

Fragoso, Roberto, Flores, y Juarez, profesores investigadores mexicanos proponen el desarrollo de un sistema de información geográfica (SIG) para la administración de la información espacial y no espacial, relacionada con la operación de una red de distribución de agua potable, la cual permite gestionar, evaluar y distribuir agua de buena calidad, además de automatizar el sistema para implementar y desarrollar en un futuro mecanismos tecnológicos.

A nivel mundial existen varias aplicaciones relacionadas a la gestión del agua. Wolters Kluwer indica que, debido al aumento de la presión pública para proteger las fuentes de agua y los suministros, los países están aplicando estrictas regulaciones de agua, especialmente los requisitos de permisos. Las empresas que producen descargas de agua se enfrentan constantemente a la necesidad de cumplir con las regulaciones del agua y muestran cómo ejercen su administración (Wolters Kluwer, 2018). Sin

embargo, menciona que el software propuesto por Enablon, se enfoca principalmente en recopilar datos sobre los resultados de las pruebas de muestras de agua y las emisiones totales de contaminante para reportar a entidades reguladoras como la EPA. Por otra parte, el trabajo de la empresa Gensuit denominado WaterWatch se enfoca al registro de datos de monitoreo de aguas residuales, con el objetivo de cumplir con las disposiciones de las agencias de control ambiental. (Gensuite, 2018).

Otras aplicaciones como Hydrowise de Hunter, se enfocan en la administración del agua en plantaciones o en actividades relacionadas al riego, donde el usuario típico puede aprovechar el ajuste predictivo propuesto por el software para conseguir ahorros en la cantidad de agua requerida en un jardín, además de proveer una gestión integral de los sistemas de riego, con la capacidad de reaccionar oportunamente a fallas en tuberías y válvulas eléctricas. (Hunter, 2018).

Método

Para desarrollar y liberar el SIGAP en versión beta, se usaron procedimientos y técnicas metodológicas para obtener enfoques cualitativos y cuantitativos. El SIGAP se alimenta básicamente de información recolectada en dos fichas: i) una social que indaga sobre aspectos demográficos, psicográficos y económicos de una comunidad; y ii) una técnica que recoge la información de una infraestructura de servicio de agua potable, considerando aspectos de ubicación geográfica y relieve. Cada una de las etapas del desarrollo de la segunda versión del SIGAP fueron realizadas en varias sesiones de trabajo como lo sugiere la metodología ágil para la gestión de pro-

yectos SCRUM, en conjunto con técnicos de las fundaciones Protos, Sendas, Cedir, Cefodi (que abarcan las provincias de Cañar, Loja y Esmeraldas), además del equipo de consultoría y desarrollo de software de Fokus Corp.

Se planteó una lista con variables considerando la información contenida en la primera versión, además de una propuesta de nuevas variables que serían parte de la ficha social y técnica, a la que se incorporan aspectos de georreferenciación, y los posibles escenarios que se convertirían posteriormente en reportes. La socialización de los resultados que arrojó el software, requirió la participación de informantes calificados y la comunidad involucrada; es decir, a funcionarios técnicos de los GADs y JAAPs.

Para la construcción del SIGAP, se consideraron: i) los requerimientos de información requeridos por PROTOS y sus aliados; ii) el análisis realizado por Walden, Doyle, Lenhof, & Murray (2010), quienes hacen una evaluación de seguridad en aplicaciones realizadas utilizando JAVA y PHP; iii) la norma ISO/IEC 9126, que según la autora Cochea, (2009) está orientado a la calidad en uso del software y a la calidad interna/externa, considerando aspectos de funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad; iv) el estándar IEEE 12207, que establece las directrices para el aseguramiento de la calidad de software; v) la norma ISO 90003 que hace referencia al diseño e implementación de sistemas de gestión de la calidad con una especialización en el desarrollo de software; y vi) el estudio de un framework para el desarrollo, que en este caso fue PHP.

Para ingresar la información al SIGAP, previamente se requirió entrevistar a una persona conoedora sobre el sistema de agua seleccionado o que conozca sobre la realidad de la co-

munidad en su acceso al agua. Un miembro de la JAAP (presidente, tesorero, vocal), miembro del Gobierno Parroquial – GAD P-, o el operador; o, en caso de que no exista un sistema de agua, ni una JAAP, ni un GAD P; puede ser un representante de la comunidad. Antes de iniciar la entrevista y llenar las fichas, fue importante de explicar el motivo de la visita, sobre todo cuando se trataba de un primer acercamiento a la comunidad. Para tal efecto, se contemplaron tres provincias: i) Cañar, ii) Esmeraldas y iii) Loja.

Para obtener los resultados, se apoyó en los reportes emitidos por el SIGAP; además, se generaron reportes personalizados utilizando la herramienta de reportes dinámicos, en la cual se construyeron tres informes: i) el índice de fortalezas institucionales de las JAAP, ii) el índice de sostenibilidad de los SAP; y iii) la priorización de comunidades para la implementación de los SAP.

Resultados

La siguiente sección presenta los resultados obtenidos en: i) las consideraciones para desarrollar el SIGAP; ii) los resultados obtenidos en la aplicación de la herramienta en las comunidades de las parroquias pertenecientes a los cantones de las tres provincias mencionadas.

Requerimientos de información

La información que contiene el SIGAP está registrada en dos fichas, una social y otra técnica. La social que contempla: i) Datos de la entrevista; ii) generalidades de la comunidad; iii) datos del sistema de agua potable; y iv) características de las JAAP (Juntas Administradoras de Agua Potable). Por otro lado, la ficha técnica contiene i) datos de la entrevista; ii) Georreferenciación de los principales componentes del sistema y el historial de la infraestructura; y iii) caracterización de la infraestructura existente:

fuentes de agua, estructura de captación, estructura de conducción, estructura de tratamiento y almacenamiento, y estructura de distribución.

En base a la información contenida en estas dos fichas, el SIGAP obtiene reportes sociales: i) estado legal de las JAAP; ii) SAP con relación al número de conexiones y la población media beneficiaria; iii) balance económico de la JAAP; v) tarifa básica y consumo básico; vi) características de la organización encargada de la gestión de agua potable; vii) juntas que reportan conflictos; viii) instituciones que aportan a las JAAP; ix) conformación de las directivas según su género; x) operadores del sistema según su género; xi) calidad en la gestión SAP; xii) estado legal de las fuentes; y xiii) el porcentaje de recolección de desechos de cada comunidad.

Además, obtiene los siguientes reportes en base a la información técnica: i) cobertura del servicio de agua potable a nivel rural del cantón; ii) dotación media por SAP por cantón; iii) vida útil de los SAP; iv) estado de las infraestructuras SAP; v) abastecimiento de las SAP; vi) disponibilidad del agua en las fuentes; vii) horas de disponibilidad de servicio; viii) tipos de tratamiento del agua para su potabilización; ix) dotación media de consumo; y x) reportes georreferenciados.

Nueva aplicación

El resultado del análisis sobre los lenguajes JAVA y PHP realizado por (Walden, Doyle, Lenhof, & Murray, 2010), concluyó que PHP ha obtenido una notable tasa de mejora en los últimos años, como producto del aumento del código. Considerando además las normas ISO/IEC 9126, IEEE 12207, e ISO 90003, se evaluó el framework de desarrollo CAKE PHP, el mismo que permitió agilizar el desarrollo de la aplicación, especialmente en la obtención de los reportes.

Entre las razones por las cuales se decidió utilizar este framework está el mejoramiento en el nivel de seguridad que presenta, pues hace frente a ataques del tipo SQL Injection, Cross Site Scripting XSS, Form Tampering y falsificación de petición en sitios cruzados. Además, permite utilizar componentes ya desarrollados e integrarlos bajo un sitio web desarrollado en Joomla, como si fuesen plugins y componentes. Sumado al rediseño del esquema de la base de datos actual, se pudieron mejorar características en la interfaz gráfica de usuario; funcionalidad y desempeño de la herramienta, obteniendo mejores tiempos en el almacenamiento y lectura de la información, eficiencia y eficacia en la generación de reportes, reportes dinámicos y reportes gráficos.

Fichas electrónicas

Uno de los principales problemas que se evidenciaron en la primera versión del SIGAP fue la inconsistencia que presentaba la información registrada en la base de datos. Este inconveniente saltó a la vista cuando se interpretaron los resultados de los primeros informes que se generaban a partir de la información almacenada. Esto sugirió que la información debía ser validada desde el momento de su captura, pues el tiempo, costos y esfuerzo requerido para entrevistar a representantes de una comunidad o encargados de una junta en lugares remotos, era muy alto. Para contrarrestar esta situación, se propuso que las fichas no debían ser impresas en papel, sino que era necesario utilizar y apoyarse en la tecnología. Así, se formuló y desarrolló una App (aplicativo para dispositivos móviles) con el modelo de las fichas, tanto sociales como técnicas. La aplicación guarda la información en la memoria interna de estos dispositivos, debido a la carencia de señal celular e internet en muchas

zonas rurales. Cuando existe conectividad a internet, la aplicación da la posibilidad de sincronizar la información capturada con el sistema web SIGAP mediante el pulsar de un botón.

Información registrada

El proceso de recolección de información de las pruebas piloto inició en la provincia de Cañar, seguido de Esmeraldas y culminó en Loja.

Esmeraldas

Se consideraron las parroquias Rioverde, Chontaduro, Chumundé, Rocafuerte, Montalvo, y Lagarto del cantón Rioverde; Galera, Quingue, Cabo San Francisco, Muisne, San Gregorio, Daule, Sálima, San José de Chamanga y Bolívar del cantón Muisne; Tonchigüe, Súa, Tonsupa y La Unión del cantón Atacames.

La recopilación de la información a través de las fichas establecidas para el SIGAP se realizó en conjunto con un equipo de promotores y promotoras locales que recibieron una capacitación para el efecto. Las fichas sociales no ameritaban preparación específica, mientras que las fichas técnicas requirieron un conocimiento apropiado sobre la estructuración y funcionamiento de los sistemas de agua potable y saneamiento. En la recopilación de la información fueron excluidas las comunidades demasiado lejanas, inaccesibles y además dispersas, por la dificultad para llegar hasta ellas. Parte de esa información faltante se obtuvo en entrevistas con algunos de los líderes. Toda la información una vez subida a la plataforma, fue revisada y aprobada por un coordinador cantonal. Las experiencias de la primera fase (que comprende la recopilación de información en Rioverde y Muis-

ne) permitió que este año se inicie un proceso similar en el cantón Atacames donde ya habrá el involucramiento del GAD cantonal desde la planificación hasta la recopilación de la información a través de técnicos propios.

Como aspecto negativo, puede mencionarse que la aceptación y uso de la herramienta por parte de los GADs ha tenido una tibia acogida, debido principalmente, a la falta de un área específica para la gestión del agua dentro de los municipios, donde habría un mayor interés que en las áreas de obras públicas o informática. Una vez ingresada la información se han encontrado los siguientes aspectos destacados en cuanto a la información técnica:

Cobertura de agua potable cantón Rioverde:

Un total de 1523 familias tienen acceso a agua potable gracias a los sistemas instalados en las cabeceras de cada parroquia (a excepción de Rocafuerte) y en las comunidades de Walte-Milagro-Palmar, San Vicente y Altamira-Chunguillo-Guariche. Estos sistemas tienen una cobertura promedio de 70% de la población.

DISTRIBUCIÓN DE LA COBERTURA DE AGUA POTABLE EN EL CANTÓN RIOVERDE

Parroquia	Comunidad	No. Familias	Conexiones públicas	Conexiones domiciliarias	Total de conexiones	% Cobertura
RIOVERDE	San Vicente	80	0	60	60	75
CHONTADURO	Cabecera Parroquial Chontaduro	114	4	105	109	92.11
CHONTADURO	Zapallo	91	0	40	40	43.96
CHUMUNDE	Cabecera Parroquial Chumundé	180	7	93	100	51.67
CHUMUNDE	Venado	90	0	0	0	0
ROCAFUERTE	Chunguillo	122	2	120	122	98.36
MONTALVO	Cabecera Parroquial Montalvo	361	12	344	356	95.29
MONTALVO	Walte	115	1	111	112	96.52
LAGARTO	Cabecera Parroquial Lagarto	370	0	292	292	78.92

Tabla 1. Distribución de la cobertura de agua potable en el cantón Rioverde

Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protosigap.com/app/>

La dotación real de los sistemas comunitarios en Rioverde es en promedio de 66 l/hab/día, esto debido a las pocas horas de servicio que aún aqueja a las comunidades.

Vida útil de los SAPs

Como revela el cuadro siguiente los SAPs tienen una vida útil de entre 12 y 19 años por su reciente tiempo de construcción, aunque hay dos sistemas de los cuales no se tienen datos debido a que la infraestructura no ha entrado en funcionamiento debido a problemas constructivos.

DISTRIBUCIÓN DE LA COBERTURA DE AGUA POTABLE EN EL CANTÓN RIOVERDE

Parroquia	Comunidad	SAP	Año última intervención	Años de funcionamiento	Vida útil disponible
RIOVERDE	San Vicente	San Vicente	2012	6	14
CHONTADURO	Cabecera Parroquial Chontaduro	Chontaduro	2010	8	12
CHONTADURO	Zapallo	Zapallo-Zapallito			ND
CHUMUNDE	Cabecera Parroquial Chumundé	Chumundé	2010	8	12
CHUMUNDE	Venado	Venado Altamira-Guariche-	2016	2	ND 18
ROCAFUERTE	Chunguillo	Chunguillo			
MONTALVO	Cabecera Parroquial Montalvo	Montalvo	2015	3	17
MONTALVO	Walte	Walte-Milagro-Palmar	2017	1	19
LAGARTO	Cabecera Parroquial Lagarto	Lagarto	2015	3	17

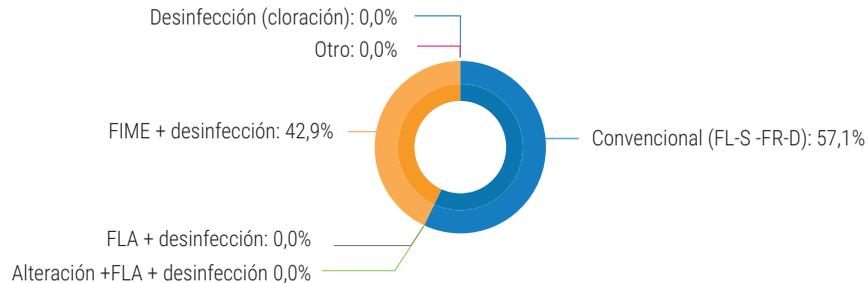
Tabla 2. Distribución de la cobertura de agua potable en el cantón Rioverde
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Tipos de tratamiento

La siguiente gráfica representa los tipos de tratamiento utilizados en los diferentes sistemas de agua potable.

SAP frente a tipos de tratamiento

Cantón: Rioverde



FIME: Filtración de múltiples etapas; FI: Floculación; S: Sedimentación; D: Desinfección; Fla: Filtración lenta de arena

Figura 1. Tipo de tratamiento de los SAPs en el cantón Rioverde

Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

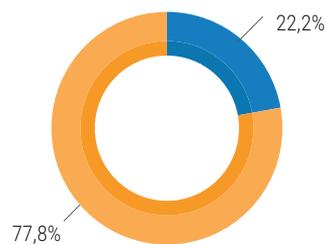
El 57.1% de las SAPs del cantón Rioverde utilizan el tratamiento convencional para potabilizar el agua (coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección con cloro), mientras que el 42.9% lo hace mediante la filtración en múltiples etapas (FIME) más desinfección.

Total en la fuente vs estimado población actual

La figura 2 a continuación resume el total en la fuente con respecto al estimado de consumo requerido por la población actual.

Total en la fuente vs estimado población actual

Cantón: Rioverde



- Bueno: La fuente tiene suficiente caudal para la población actual.
- Malo: La fuente es deficiente frente a la necesidad de agua actual.

Figura 2. Total en la fuente vs. el estimado de la población actual en el cantón Rioverde

Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Uno de los reportes más preocupantes es el relacionado con el caudal de las fuentes de donde captan los sistemas, el mismo que solo en un 22.2% es suficiente y en un 77.8% es deficiente, lo que revela la necesidad de trabajar más intensamente en temas de gestión de cuencas y protección de fuentes. Sin embargo, en Rio Verde, las fuentes de agua de las comunidades son en mayor parte ríos caudalosos, y por lo tanto sumamente suficientes. Analizando las fichas, se puede constatar que, al no estar funcionando el sistema de agua potable, no se pudo aforar el ingreso al mismo y por lo tanto todas tienen un caudal de ingreso de valor cero, lo que obviamente genera un resultado de déficit.

Horas de servicio de los SAPs

Un factor importante para determinar la calidad del servicio de agua potable son las horas de servicio. Los sistemas de agua del cantón Rioverde en un 50% brindan agua las 24 horas del día y el 50% restante entrega agua pasando un día.

DISTRIBUCIÓN DE LA COBERTURA DE AGUA POTABLE EN EL CANTÓN RIOVERDE

Parroquia	Comunidad	SAP	Horas de servicio por día
RIOVERDE	San Vicente	San Vicente	24
CHONTADURO	Cabecera Parroquial Chontaduro	Chontaduro	SD
CHUMUNDE	Cabecera Parroquial Chumundé	Chumunde	SD
ROCAFUERTE	Chunguillo	Altamira-Guariche-Chunguillo	24
MONTALVO	Cabecera Parroquial Montalvo	Montalvo	12
LAGARTO	Cabecera Parroquial Lagarto	Lagarto	12

Tabla 3. Distribución de la cobertura de agua potable en el cantón Rioverde
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Tanto en la cabecera parroquial de Chontaduro como en Chumundé no se tiene datos, es porque en el momento del levantamiento de información ambos sistemas de agua potable estaban sin funcionamiento debido a daños en la infraestructura que no fueron resueltos por varios años.

Reservas necesarias y reservas existentes

La mayor parte de los sistemas de agua establecen un consumo básico de 10m³ para una tarifa básica de entre 6 y 8 dólares. De los 7 sistemas del cantón Rioverde, 6 tienen una capacidad de almacenamiento superior a la que necesitan actualmente, lo que garantiza el adecuado abastecimiento durante los consumos atípicos y posibilita un ahorro futuro en los momentos que se requiera incrementar la población de servicios fuera del periodo de vida útil establecido.

DISTRIBUCION DE LA COBERTURA DE AGUA POTABLE EN EL CANTON RIOVERDE

Parroquia	Comunidad	SAP	Cantidad de agua por tarifa básica m ³	Total conexiones domiciliarias	Volumen de almacenamiento existente m ³	Volumen de almacenamiento necesario m ³
RIOVERDE	San Vicente	San Vicente	10	60	15	20.25
CHONTADURO	Cabecera Parroquial Chontaduro	Chontaduro	10	105	53	35.44
CHUMUNDE	Cabecera Parroquial Chumundé	Chumunde	10	93	50.5	31.39
ROCAFUERTE	Chunguillo	Altamira-Guariche-Chunguillo	10	120	120	40.5
MONTALVO	Cabecera Parroquial Montalvo	Montalvo	10	344	260	116.1
MONTALVO	Walte	Walte-Milagro-Palmar	10	111	160	37.46
LAGARTO	Cabecera Parroquial Lagarto	Lagarto	8	292	220	98.55

Tabla 4. Distribución de la cobertura de agua potable en el cantón Rioverde
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protosigap.com/app/>

Cañar

Fueron consideradas en el levantamiento de información son: Cañar, Chontamarca, Chococote, Ducur, General Morales, Gualleturo, Honorato Vásquez, Ingapirca, Juncal, San Antonio, Ventura, y Zhud del cantón Cañar. Los resultados obtenidos se detallan a continuación:

Cobertura de agua potable cantón Cañar

La cobertura de agua potable para el cantón Cañar está distribuida según lo representado en la figura 3.



Figura 3. Cobertura de agua potable en Cañar
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Como se aprecia en la figura anterior, existe un 50% del caudal adjudicado que no satisface a los requerimientos de la población.

Vida útil de los SAPs

Se aprecia en la figura a continuación que un 49% de los sistemas de agua potable de la provincia de Cañar se encuentran aún en un periodo de tiempo de vida útil aceptable; un 6% cuenta con sistemas cuya vida útil se aproxima a su final y un 45% de los sistemas que ya han cumplido con su vida útil, aspecto que deberán considerar los GAD municipales como aspectos prioritarios de intervención.

Vida útil disponible

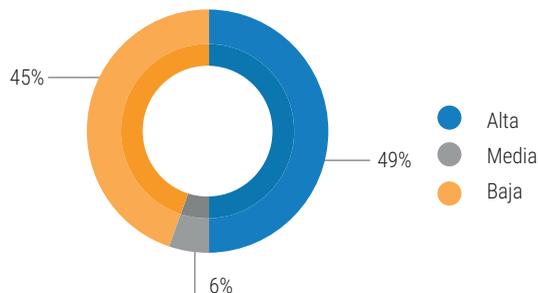


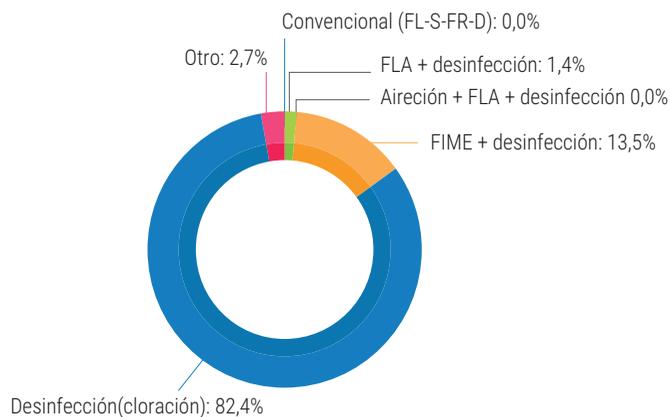
Figura 4. Vida útil de los sistemas de agua potable
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Tipos de tratamiento

En cuanto al tipo de tratamiento de los sistemas de agua potable, se pudo conocer que en

las comunidades del cantón Cañar predomina la desinfección con cloro, seguida por la técnica FIME más cloración.

Cantón: Cañar



FIME: Filtración de múltiples etapas; FI: Floculación; S: Sedimentación; D: Desinfección; Fla: Filtración lenta de arena

Figura 5. Tipo de tratamiento de los SAPs en el cantón Cañar
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Total en la fuente vs estimado población actual

El SIGAP, en base a la información recopilada, arrojó que un 18.3% de la fuente es deficiente con relación al requerimiento de agua actual, de acuerdo a la figura 6 que se expone a continuación.

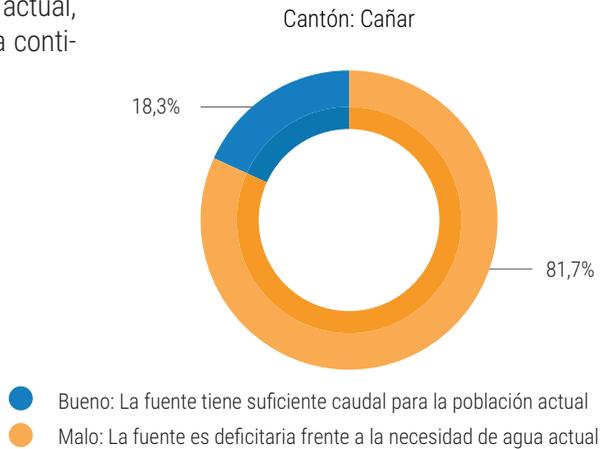


Figura 6. Total en la fuente vs. estimado de población actual del cantón Cañar
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Horas de servicio de los SAPs

Con relación a las horas de servicio de los sistemas de agua potable del cantón Cañar, un 2.4% mantiene una disponibilidad inferior equivalente a las 22 horas diarias de servicio, considerándola como aceptable.

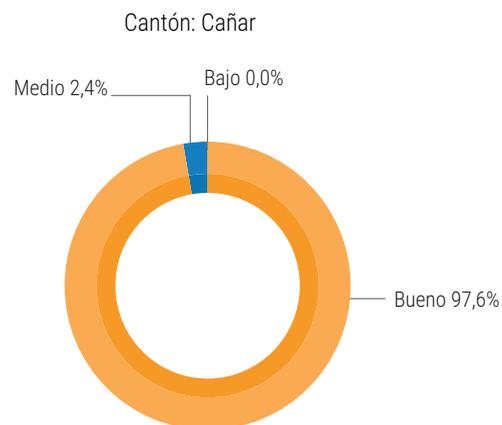


Figura 7. Horas de servicio de los SAPs del cantón Cañar
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Reservas necesarias y reservas existentes

El SIGAP visualizó que el 2.4% de las reservas existentes del cantón Cañar son insuficientes para abastecer las necesidades poblacionales. Esta afirmación se refleja en la figura a continuación:

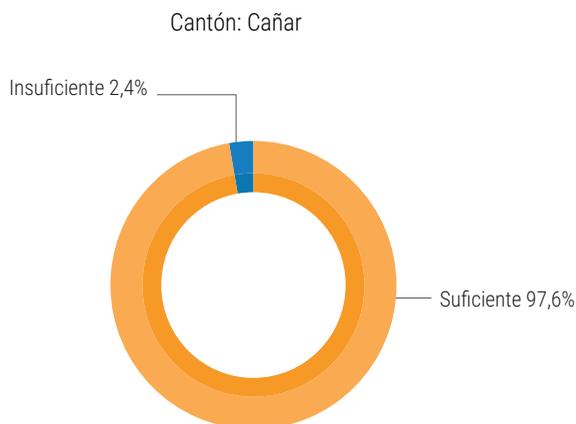


Figura 8. Total de reservas necesarias vs. reservas existentes de agua del cantón Cañar
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Loja

Fueron consideradas las parroquias Gonzanamá, Changaimina, Nambacola, Purunuma, y Sacapalca del cantón Gonzanamá; Susdel y Oña del cantón San Felipe de Oña; Saraguro, Urdaneta, San Antonio de Cumbe, el Tablón, Celén, Selva Alegre, Lluzhapa, Sumaypamba, San Pablo de Tenta, y el Paraíso de Celén, del cantón Saraguro. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Cobertura de agua potable cantón Saraguro

La tabla a continuación resume los aspectos de cobertura de agua potable del cantón Saraguro, provincia de Loja.

DISTRIBUCIÓN DE LA COBERTURA DE AGUA POTABLE EN EL CANTÓN SARAGURO

Parroquia	Comunidad	No. Familias	Conexiones públicas	Conexiones domiciliarias	Total de conexiones	% Cobertura
Saraguro	María Auxiliadora	22	2	28	30	100
Saraguro	Oñacapac	250	8	197	205	78.8
Urdaneta	Gurudel	180	5	109	114	60.56
San Antonio de Cumbe	Cumbe Centro	120	7	123	130	100
El Tablón	Potrerillos	80	3	77	80	96.25
El Tablón	Tuchin	51	2	51	53	100
San Pablo de Tenta	Tenta	186	6	167	173	89.78
San Pablo de Tenta	Resbalo	110	9	86	95	78.18
San Pablo de Tenta	San Antonio	28	3	27	30	96.43
San Pablo de Tenta	Conchavon	33	3	27	30	81.82
San Pablo de Tenta	Toctepamba	19	2	15	17	78.95

Tabla 5. Distribución de la cobertura de agua potable en el cantón Saraguro

Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Vida útil de los SAPs

En cuanto a la vida útil de los SAPs del cantón Saraguro, la figura 9 resume su estado general.

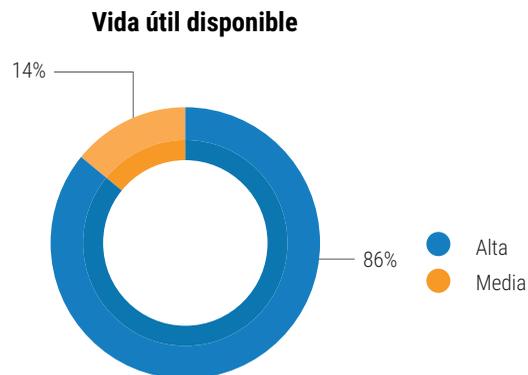


Figura 9. Vida útil de los SAPs en el cantón Saraguro

Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Tipos de tratamiento

Según la información entregada por el SI-GAP, se observa que el 84.6% de la población de las comunidades del cantón Saraguro, para la desinfección del agua, utiliza el método de cloración, mientras que un 15.4% utiliza FLA + desinfección

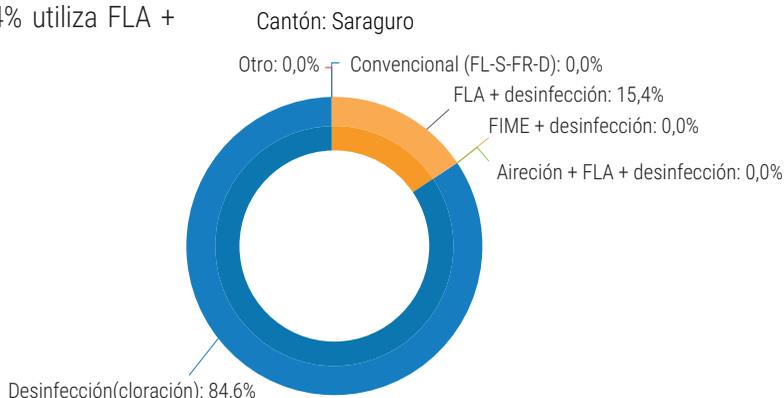


Figura 10. Tipo de tratamiento de agua en los SAPs del cantón Saraguro
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Total en la fuente vs estimado población actual

Un 54.5% de las fuentes son deficientes con relación a la necesidad de agua actual que mantienen los habitantes de las comunidades del cantón Saraguro, considerando un grupo familiar de cuatro integrantes.

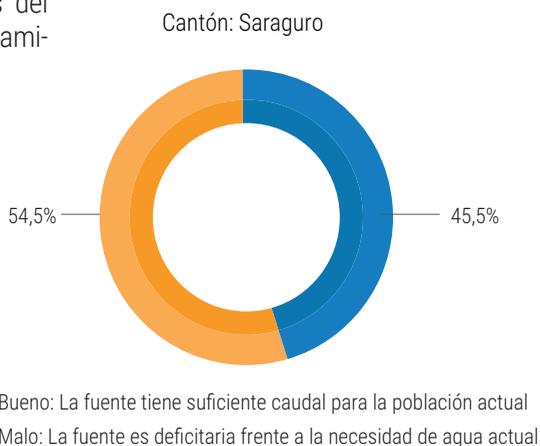


Figura 11. Total en la fuente vs. estimado de población actual de agua del cantón Saraguro
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Horas de servicio de los SAPs

Con relación a las horas de servicio de los sistemas de agua potable del cantón Saraguro, un 90.9% de estos brindan un servicio ininterrumpido las 24 horas del día, y un 9.1% mantienen un promedio de disponibilidad de servicio equivalente a 20 horas.

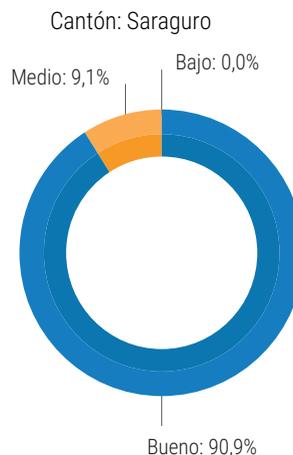


Figura 12. Horas de servicio de los SAPs en el cantón Saraguro
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Reservas necesarias y reservas existentes

De acuerdo con el SIGAP, se puede ver que el 90.9% de las reservas existentes son suficientes para abastecer de agua potable a la población de las distintas comunidades del cantón Saraguro, quedando insuficiente lo requerido para la comunidad Tuchin.

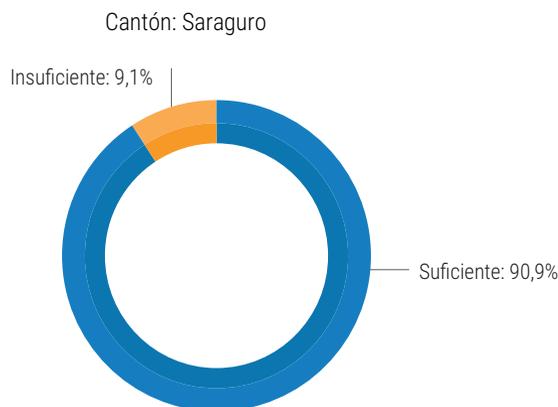


Figura 13. Total de reservas necesarias vs. reservas existentes de agua del cantón Saraguro
Fuente: (Protos, 2018) Recuperado de <http://www.protossigap.com/app/>

Discusión

Coincidiendo con Pahl-Wostl (2006), se debe dedicar más atención a comprender y gestionar la transición de los regímenes de gestión actuales a regímenes más adaptables que tengan en cuenta las características ambientales, tecnológicas, económicas, institucionales y culturales de las cuencas fluviales, donde se encuentra el recurso natural más valioso para todos los seres humanos y vivientes de este planeta (ONU, 2003). Es por ello que el SIGAP es el resultado de una iniciativa emprendedora formulada por Protos EC y el apoyo de Fokus Corp.

Se optó por el desarrollo en PHP utilizando el framework Cake PHP, pues permitió trabajar de una manera más estructurada, considerando la lógica específica de la aplicación. Además, el contar con una comunidad de desarrolladores activa, ayudó a solventar cualquier inquietud en el desarrollo. Por otro lado, Cake PHP cuenta con plantillas flexibles que fueron utilizadas para mejorar los aspectos visuales del SIGAP, a lo que se sumaron los múltiples componentes de gestión de email, cookies, esquema de seguridad y gestión de sesiones.

La primera versión del SIGAP contaba con dos problemas significativos: i) una base de datos mal estructurada, lo que generaba un alto costo de procesamiento para obtener reportes, e impedía cambios en el esquema del sistema; y ii) era la baja calidad de la información que se obtenía, pues la captura de información tanto técnica como social se la realizaba utilizando formularios impresos en papel. Para mejorar estos dos aspectos, en la nueva versión del SIGAP, i) se desarrolló un esquema de entidad relación para la estructuración de la base de datos, y ii) la información es capturada en una aplicación para

dispositivos móviles que permite guardar y validar la información registrada, como son: memoria técnica de los estudios, planos constructivos, etc.; evitando así pérdida de información muy útil en la gestión de los sistemas de agua potable, tanto para las comunidades beneficiarias como para el gobierno local con la competencia.

Los reportes e informes que concibe el SIGAP en el tiempo son instrumentos cruciales para los GADs municipales, con lo que podrán garantizar una adecuada gestión del sector agua dentro de su cantón. La información almacenada en la base de datos del SIGAP pone en conocimiento la problemática del sector Agua Potable (y en parte también lo de saneamiento), lo que permitirá proyectar y justificar los diferentes planes estratégicos de inversiones (Planes Maestros) con una mejor coordinación de la gestión con los demás actores involucrados en el tema Agua como SENAGUA, EPA, ARCA, MIDUVI, Gobiernos Provinciales, entre otros; siendo un punto de partida para adoptar nuevas políticas en cuanto al manejo sostenible del agua. La información que registran las múltiples variables que registra el SIGAP promovieron el desarrollo de un reporte conocido como "dinámico", el cual permite relacionar variables sociales y técnicas para construir nuevos reportes.

La recopilación de la información fue en general satisfactoria y sin mayores dificultades. Las fichas social y técnica están formuladas de manera comprensible, lógica y secuencial. Una adecuada coordinación con los actores locales facilita el acercamiento a los/as dirigentes de las comunidades, mientras que la trayectoria de Protos EC y actores provinciales como CEFODI, permiten el acceso a las Juntas Administradoras de Agua Potable.

La información compendiada a nivel local permitió elaborar el Plan Cantonal de agua potable del cantón Rioverde. Debe seguirse trabajando en la apropiación del SIGAP por parte de los GADs cantonales para garantizar su actualización periódica y por ende su sostenibilidad.

Se ha realizado en algunos eventos, la socialización de la experiencia con el SIGAP para recopilar impresiones y sugerencias, principalmente en lo relacionado con funcionamiento, apropiación y actualización en el mediano plazo, contemplando posibilidades como la de que un actor nacional como AME o SENAGUA asuma el control del SIGAP y se pueda ampliar su uso a otras zonas del país.

Conclusiones

Las tecnologías de información están revolucionando el mundo, pues ayudan a automatizar muchas de las tareas que se ejecutan cotidianamente. Sin embargo, para Steve Jobs, la tecnología no es nada. Pero agrega algo que vincula estrechamente el trabajo fruto del esfuerzo de los informáticos y la sociedad: lo importante es tener fe en la gente, personas que sean básicamente buenas e inteligentes, a quienes, si se les proporciona las herramientas adecuadas, harán cosas maravillosas con ellas.

Motivados por la frase de Albert Einstein “Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo”, se puede decir que, con el esfuerzo realizado por el personal de Protos EC en conjunto con Fokus, se llegó a plasmar un sueño con fines sociales en algo real. Esto es un sistema de información para una adecuada gestión de agua potable, llamado SIGAP, cuyos reportes

son el insumo primordial para que los gobiernos tomen decisiones sobre planes de intervención. El emprendimiento, es justamente el identificar una problemática, imaginar la solución, salir de la zona de confort para plantear un plan de acción y tomar la iniciativa para convertir un sueño en realidad.

Fue interesante fusionar los conocimientos de la parte técnica y social de los expertos en infraestructuras y gestión de agua potable y combinarlas con los conocimientos de expertos en el área de las tecnologías de información, identificando aspectos en los que se podría generar un mayor valor agregado.

Así, considerando que las tecnologías de información y sus múltiples herramientas posibilitan la recolección, almacenamiento, recuperación y análisis de información de una manera más eficiente, a diferencia de llevar registros en papel, el SIGAP ha permitido mejorar la captura de información desde el inicio, pues realiza una pre-validación de información antes de su almacenamiento en la base de datos. Luego está la disponibilidad de la información; según Crespo, (2017), el contar con la información correcta en el momento preciso brinda al usuario una acertada guía previo a la toma de decisiones, lo que permite aventajar al negocio frente a su contrincante.

En la evaluación de la herramienta mediante su aplicación para el levantamiento de información en tres provincias del país, se puede decir que los reportes e informes que genera el SIGAP en el tiempo, son elementos relevantes para que los GADs municipales puedan garantizar una buena gestión del agua en cada cantón. SIGAP pone en conocimiento la problemática existente en el sector agua potable y saneamiento. Esto permitirá proyectar y justificar los diferentes pla-

nes estratégicos de inversiones (Planes Maestros) con una mejor coordinación de la gestión con el resto de interesados; convirtiéndose en el punto de inicio para tomar nuevas directrices en cuanto al manejo sostenible del agua.

Con los resultados arrojados por el procesamiento de los datos ingresados en la plataforma, fue interesante conocer que, en la provincia de Esmeraldas, la principal técnica de tratamiento de agua potable utilizada por las comunidades se basa en la Floculación, S: Sedimentación y D: Desinfección; actividad que es contrastada con la técnica de cloración que es la mayormente utilizada en las comunidades de las provincias de Cañar y Loja.

En Esmeraldas y Loja, las infraestructuras que conforman los Sistemas de Agua Potable tienen una vida útil promedio de entre 12 a 19 años, puesto que son mayoritariamente construcciones recientes. Los SAP de la provincia de Cañar presentan una vida útil más corta, a los que se suma un número de infraestructuras que están por llegar al límite de su vida útil. Es aquí donde los GAD municipales deben considerarlos como aspectos prioritarios de intervención.

Se puede decir que un buen número de infraestructuras de agua potable en Esmeraldas se limitan a una entrega parcial de servicio de agua potable. Incluso, dos de ellas, Chontaduro como en Chumundé no revelan datos, debido a que en el momento del levantamiento de información ambos sistemas de agua potable estaban sin funcionamiento consecuencia de daños presentes en la infraestructura que no han sido resueltos por un largo espacio temporal. Se rescata, además, que la disponibilidad del servicio en las comunidades de las provincias de Cañar y Loja son mejores, esto es, sobre las 22 y 20 horas de servicio diario respectivamente.

Considerando la clasificación de los sistemas de información en los negocios propuesta por Cohen y Asín, el SIGAP es una mezcla de sistema transaccional y sistema de apoyo a la toma de decisiones (DSS por sus siglas en inglés Decision Support System). Esto debido a que la información es cargada mediante dispositivos móviles (transacciones), pero el procesamiento que realiza internamente, genera información que, plasmada en diversos tipos de reportes, textuales o gráficos, apoyan a los gobiernos a tomar decisiones.

El trabajo recorrido por Protos a la fecha, sumado al uso de esta herramienta informática, ha permitido trabajar en conjunto con los GAD municipales y parroquiales en desarrollar planes estratégicos para intervención en las diversas infraestructuras de agua potable que abastecen de este insumo a sus comunidades. Finalmente se puede agregar que el desarrollo estuvo sometido a un gran esfuerzo y varias horas de trabajo. Sin embargo, acordando con Benjamín Franklin, el fracaso más grande hubiese sido nunca haberlo intentado.

Terminología utilizada

AME: Asociación de Municipalidades Ecuatorianas.

ARCA: Agencia de regulación y control del agua.

ASFL: Asociación sin fines de lucro

CEFODI: Corporación Esmeraldeña para la formación y desarrollo integral.

Cross Site Scripting XSS: Técnica informática utilizada en la explotación de vulnerabilidades en sistemas web mediante la inserción de código script.

EPA: Empresa pública agua.

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

GAD P: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial

JAAP: Juntas Administradoras de Agua Potable

MIDUVI: Ministerio de desarrollo urbano y vivienda.

MySQL: Gestor de base de datos distribuida bajo el modelo de licencia dual

SAP: Sistema de Agua Potable

SCRUM: Metodología ágil para gestión de proyectos

SENAGUA: Secretaría Nacional del Agua.

SIG: Sistema de Información Geográfica

SIGAP: Sistema informático para la gestión de agua potable

SQL Injection: Técnica informática para explotación de vulnerabilidades en sistemas web mediante la inserción de lenguaje SQL.

Referencias bibliográficas

- AME. (2018). *Asociación de Municipalidades Ecuatorianas*. Recuperado de <https://ame.gob.ec/ec/>
- ARCA. (2018). *Agencia de Regulación y control del agua*. Recuperado de <http://www.regulacionagua.gob.ec/>
- Biswas, A. K. (2009). Integrated Water Resources Management: A Reassessment. *Water International Journal*, 248-256.
- CEFODI. (2018). *Corporación Esmeraldeña para la formación y el desarrollo integral*. Recuperado de <http://cefodi.org.ec/portal/>
- Cochea, S. (2009). *Métricas de calidad de sistemas de información: aplicación en certificación de la calidad de un sistema en una empresa del sector hidrocarburo*. Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/36396>.
- Cohen, D., & Asín, E. (2009). *Tecnologías de información en los negocios*. México: McGraw Hill.
- Crespo, E. (2017). ECU@Risk. *Metodología de Seguridad de la información para la gestión del riesgo informático aplicable a MPYMES*. Recuperado de <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/140>
- Ecuador, A. N. (2014). *Registro Oficial. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua*. Recuperado de <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- EPA. (2018). *Empresa Pública del Agua*. Recuperado de <http://www.empresaagua.gob.ec/>
- Fragoso Sandoval, L., Roberto Ruiz, J., & Flores, Z. (2013). "Sistema para control y gestión de redes de agua potable de dos localidades de México". *RIHA*, pp. 112-126.
- Gensuite. (2018). *Software de Gestión del Agua*. Recuperado de <https://www.gensuite.com/water-management-software-es/>
- Hunter. (2018). *Hunter Industries*. Recuperado de <https://www.hunterindustries.com/es/product/hydrawise-solucion-basada-en-la-nube>

- MIDUVI. (2018). *Ministerio de desarrollo urbano y vivienda*. Recuperado de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/>
- ONU. (2003). *Agua para todos, agua para la vida*. Paris: UNESCO.
- Pahl-Wostl, C. (2006). "Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change". *Water Resources Management*, pp. 49-62.
- PROTOS. (2018). *PROTOS, Lo que hacemos*. Recuperado de <https://www.protos.ngo/es/lo-que-hacemos>
- Santo Rigo, D., Selvino Neumann, P., & Cardoso da Silveira, P. R. (2015). "The construction of knowledge socioenvironmental in space management rural: the Case of Derrubadas – RS". *Redes*, pp. 283-307.
- Senagua. (2018). *Secretaría del Agua*. Recuperado de <https://www.agua.gob.ec/>
- Simunek, J., Van Genuchten, M., & Sejna, M. (2005). "The hydrus-1d software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media". *University of California-Riverside Research Reports*, 240.
- Walden, J., Doyle, M., Lenhof, R., & Murray, J. (2010). "Security implications of language choice for web applications". *2nd International Symposium on Engineering Secure Software and Systems*, pp. 61-69.
- Wolters Kluwer. (09 de 2018). *Water Management Software*. Recuperado de <https://enablon.com/applications/water-management-software>
- Wurbs, R. A. (1995). *Water Management Models: A Guide to Software*. Prentice Hall.