

Acciones para la optimización del sistema de agua potable en Manglaralto, Ecuador.

Adrian Steven Pacheco Peñafiel

E-MAIL: adrispp10@gmail.com

Profesional independiente

RESUMEN

Este trabajo fue realizado en las comunas Manglaralto, Montañita, Libertador Bolívar, Cadeate, San Antonio y Río Chico, parroquia Manglaralto, provincia de Santa Elena. El objetivo fue evaluar el estado actual del sistema de distribución de agua potable para la propuesta de acciones de mejora que permitan un funcionamiento adecuado hasta el año 2037. El proceso comprendió la revisión bibliográfica, catastro, balance de masas (de acuerdo con la Normativa Ecuatoriana) y la toma de acciones de mejora. Los resultados mostraron que el sistema posee problemas de presión, configuración inadecuada, el volumen de los reservorios es inapropiado y el caudal bombeado en los pozos será insuficiente a partir del año 2026. Se concluye que para garantizar un servicio óptimo y confiable, es preciso asegurar la fuente de agua y la infraestructura hídrica.

PALABRAS CLAVES: agua potable, manglaralto, problemas de abastecimiento, sistema de distribución.

Actions for the optimization of the drinking water system in Manglaralto, Ecuador.

ABSTRACT

This work was carried out in the Manglaralto, Montañita, Libertador Bolívar, Cadeate, San Antonio and Río Chico communes, Manglaralto parish, Santa Elena province. The objective was to evaluate the current state of the drinking water distribution system for the proposed improvement actions that allow proper operation until the year 2037. The process included the review of the bibliography, cadaster, mass balance (according to Ecuadorian Regulations) and taking improvement actions. The results showed that the system has pressure problems, inadequate configuration, the volume of the reservoirs is inadequate and the flow pumped in the wells will be insufficient from the year 2037. It is concluded that to guarantee an optimal and reliable service, it is necessary to ensure the water source and water infrastructure.

KEYWORDS: drinking water, manglaralto ,supply problems, distribution system.

01 INTRODUCCIÓN

El acceso a agua suficiente, saludable, y asequible para el desarrollo de las actividades domésticas y personales es un derecho e indispensable para el cumplimiento de otros. La falta de acceso a servicios de agua y saneamiento está relacionada con malas condiciones de vida y salud, así como también a falta de oportunidades de empleo y educación (WWAP 2019). De acuerdo con el INEC (2019), en Ecuador la población sin acceso a agua potable es del 26,6%, siendo el área rural la más afectada y la región Costa la segunda con menor acceso al líquido vital (INEC, 2019).

En la parroquia rural de Manglaralto, la Junta Administradora de Agua Potable Regional de Manglaralto (JAAPMAN), se encarga de administrar la distribución de agua potable a las comunas Manglaralto, Montañita, Libertador Bolívar, Cadeate, San Antonio y Río Chico. La JAAPMAN brinda servicio a una población local y una considerable población flotante de 20 000 personas (Acosta Maldonado et al. 2019), puesto que, la zona costera es uno de los destinos turísticos preferidos en el país.

El desabastecimiento de agua es un problema recurrente (última ocasión en 2021) que se agrava en los meses de invierno, cuando se reciben más turistas, las instituciones gubernamentales suelen enviar vehículos abastecedores de agua para aliviar el problema (El Universo, 2021). Los principales problemas ambientales que afectan el abastecimiento de agua a la población son la deforestación del bosque, escasez hídrica y aumento de área poblada no planificada (Equipo Técnico Consul and Project S.A. 2019).

El sistema de agua potable ha sido diseñado de manera empírica, lo que ha ocasionado que no se cuente con planos actualizados, ni una base de datos del sistema y que el diseño tenga una configuración inadecuada (Pacheco y Guadamud 2022). El sistema consta de la red de aducción e impulsión, reservorios y pozos que captan las reservas del acuífero costero.

El acuífero puede retener hasta 13,6 Hm³ de líquido, no obstante, estas reservas se han visto afectadas por la sobreexplotación (Carrión-Mero et al. 2021). De 2008 a 2016 el volumen extraído ha aumentado en aproximadamente 43%, en el mismo tiempo el volumen del acuífero disminuyó cerca de 3,5 Hm³ (Carrión et al. 2018).

El objetivo de la presente investigación, fue evaluar el estado actual del sistema de distribución de agua potable para la propuesta de acciones de mejora que permitan un funcionamiento adecuado hasta el año 2037.

02 DESARROLLO

Este trabajo fue realizado entre los años 2021 y 2022. Las seis comunas servidas (figura 1) por la JAAPMAN se localizan en la parroquia rural Manglaralto, al norte de la provincia de Santa Elena, Ecuador.

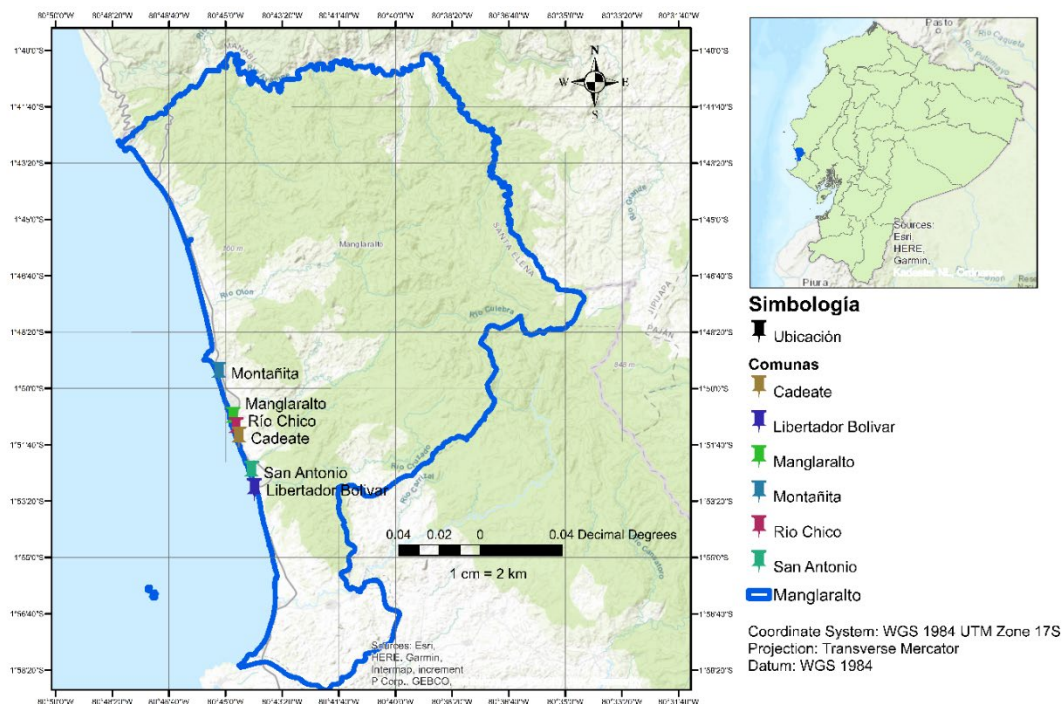


Figura 1. Ubicación de las comunas abastecidas por JAAPMAN (Pacheco y Guadamud, 2022)

El primer paso consistió en la recopilación y revisión de toda la información pertinente al estudio, seguido por la socialización con los miembros de la JAAPMAN, donde se averiguaron los problemas detectados en el sistema y se solicitó la ayuda de los técnicos de la institución.

Se efectuó el catastro de la red existente por medio del GPS diferencial (RTK) con sistema de georreferenciación UTM-WGS 84 zona 17S, equipo que recolecta las coordenadas espaciales de los elementos del sistema (válvulas, pozos, reservorios, etc.), también se llevó un registro gráfico de los datos que sirvió para unir las redes en la siguiente fase.

Se realizó el balance de masas trazando el funcionamiento del servicio hasta el año 2037. Para los cálculos se utilizaron las recomendaciones y guías que se plantean en la normativa ecuatoriana CPE INEN 5 Parte 9-1:1992 y CPE INEN 5 Parte 9.2:1997. Se calculó la proyección población por los métodos geométrico, aritmético y exponencial, a su vez, se estimó la población flotante asignando un crecimiento anual recomendado del 1%.

Ya con la proyección poblacional, se calculó el caudal necesario para el abastecimiento mediante la contabilización y categorización de las edificaciones de acuerdo con el uso, se asignaron las dotaciones, se estipuló que el 75% de la población flotante se hospeda en la zona y el área de las edificaciones. Se determinó la dotación que cada población ocupa (D) con crecimiento de 1% anual, posterior el caudal para cada una (Q) y por último el caudal medio diario (Q_{md}), caudal máximo diario (Q_{maxd}), caudal máximo horario (Q_{maxh}) y caudal de diseño (Q_d) con las ecuaciones (1)-(2)-(3)-(4)-(5) y (6) respectivamente.

$$D = \frac{Q}{P} \quad (1)$$

$$Q = \frac{D \cdot P}{86.400} \quad (2)$$

$$Q_{md} = Q_{endémica} + Q_{flotante} \quad (3)$$

$$Q_{maxd} = Kd * Q_{md} \quad (4)$$

$$Q_{maxh} = Kh * Qmd \quad (5)$$

$$Q_d = Q_{maxh} + Q_i \quad (6)$$

Donde:

P = población;

Kd = coeficiente de variación del consumo máximo diario (1,3);

Kh = coeficiente de variación del consumo máximo horario (2) y

Q_i = caudal por incendios (40 L/s).

El Q_{maxd} , permitió cuantificar el volumen necesario en reserva, el cual es la suma de los volúmenes de regulación ($VolReg$), de emergencia ($VolRes$) y de incendio ($VolInc$), los cuales se calcularon con las ecuaciones (7)-(8) y (9) respectivamente. Se establece un régimen de consumo de 24 h con un porcentaje de consumo de acuerdo con el momento y se calculó el volumen de regulación.

$$VolReg = \text{diferencia acumulada maxima} - |\text{diferencia acumulada minima}| \quad (7)$$

$$VolRes = 0,25 * VolReg \quad (8)$$

$$VolInc = 100 \sqrt{\frac{P}{1000}} \quad (9)$$

La información del catastro se obtuvo en forma de un archivo *.csv, el cual se exportó a un sistema de información geográfica que facilita la visualización de las coordenadas obtenidas en el paso previo. A continuación, se trazaron las tuberías de acuerdo con la información anotada. Por último, se realizó una comparación entre la situación actual con los requisitos necesarios actualmente y al final del periodo de diseño, con el fin de brindar acciones de mejora.

03 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La socialización fue un paso crucial en el estudio, debido a que, solo los técnicos de JAAPMAN poseen el conocimiento sobre el sistema. Existen 16 pozos distribuidos a lo largo de la red de captación que bombean 139,5 L/s de agua a los reservorios, el volumen de reserva total es de 1 440 m³.

En la proyección poblacional (figura 2), a pesar de que el método exponencial brindó resultados muy similares al método geométrico, sobre la base del coeficiente de determinación, el método geométrico ofreció mejores resultados. Lógicamente, la población local es mayor a la flotante; sin embargo, los turistas representan una gran parte de los habitantes a servir y esto no cambia al final del periodo de diseño donde es el 38,2% del total. En comunidades que son un gran atractivo turístico, es imprescindible controlar el flujo de turistas. Una buena estimación de la población flotante influirá en gran medida a calcular un caudal que se ajuste más con las necesidades de la zona.

En la tabla 1 se aprecia como el uso y consumo de agua en la población flotante supera al de la población endémica, por lo tanto, es determinante realizar una buena estimación a la hora de calcular la dotación. La dotación crece aproximadamente un 1,15% anualmente, estando cerca del valor estipulado en INEN (1997), pero inclinándose al valor dado en sitios urbanos, lo cual concuerda con lo observado en las visitas de campo (la zona se va urbanizando).

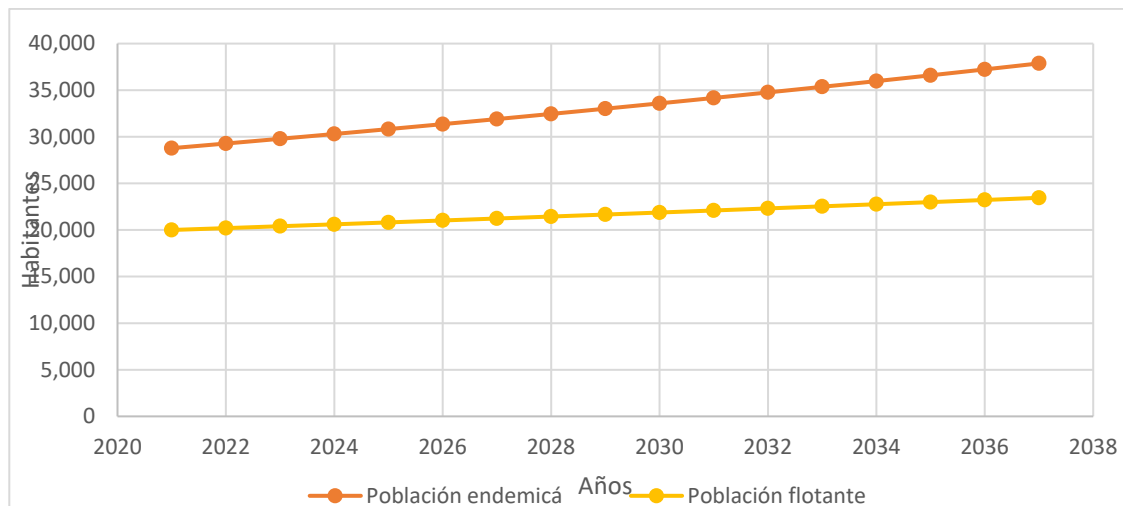


Figura 2. Población proyectada hasta el año 2037

Tabla 1. Crecimiento del consumo de agua según la población

Año	P. Total	D. Endémica (L/hab.día)	D. Flotante (L/hab.día)	Q. Endémica (L/s)	Q. Flotante (L/s)	D. (L/hab.día)
2021	48 779	55,00	114,50	18,32	26,50	79,40
2022	49 477	55,55	115,65	18,82	27,04	80,09
2023	50 186	56,11	116,80	19,34	27,58	80,78
2024	50 906	56,67	117,97	19,87	28,14	81,48
2025	51 637	57,23	119,15	20,42	28,70	82,19
2026	52 378	57,81	120,34	20,98	29,28	82,90
2027	53 131	58,38	121,54	21,56	29,87	83,62
2028	53 896	58,97	122,76	22,15	30,47	84,35
2029	54 672	59,56	123,99	22,76	31,08	85,08
2030	55 461	60,15	125,23	23,38	31,70	85,82
2031	56 260	60,75	126,48	24,03	32,34	86,56
2032	57 073	61,36	127,74	24,69	32,99	87,31
2033	57 898	61,98	129,02	25,36	33,65	88,07
2034	58 735	62,60	130,31	26,06	34,33	88,84
2035	59 585	63,22	131,61	26,78	35,02	89,61
2036	60 449	63,85	132,93	27,51	35,72	90,39
2037	61 326	64,49	134,26	28,27	36,44	91,17

La diferencia en la magnitud de los caudales es apreciable en la figura 3, reflejándose la especial importancia del caudal por incendio en el diseño (alrededor del 24% para el 2037). Al comparar el caudal bombeado de los pozos con el caudal de diseño, se dedujo que este será insuficiente a partir del año 2026. Para suplir esta demanda lo ideal sería implementar nuevos pozos o realizar la repotenciación de los existentes, pero esto debe ir de la mano con proyectos de siembra y cosecha de agua que permitan una recarga artificial adecuada del acuífero. En el año 2037 la población utilizará 5,3 Hm³ de líquido vital, este volumen es mucho mayor (inclusive si se realizara una proyección) a lo expuesto en Carrión et al. (2018), no obstante, se debe recordar que es un valor ideal, en la realidad el volumen extraído se ve afectado por factores como sequía, infraestructura, entre otros. De acuerdo con la investigación de Carrión-Mero et al. (2021), el acuífero es capaz de brindar la cantidad de agua necesitada, empleando alrededor del 50% de su capacidad.

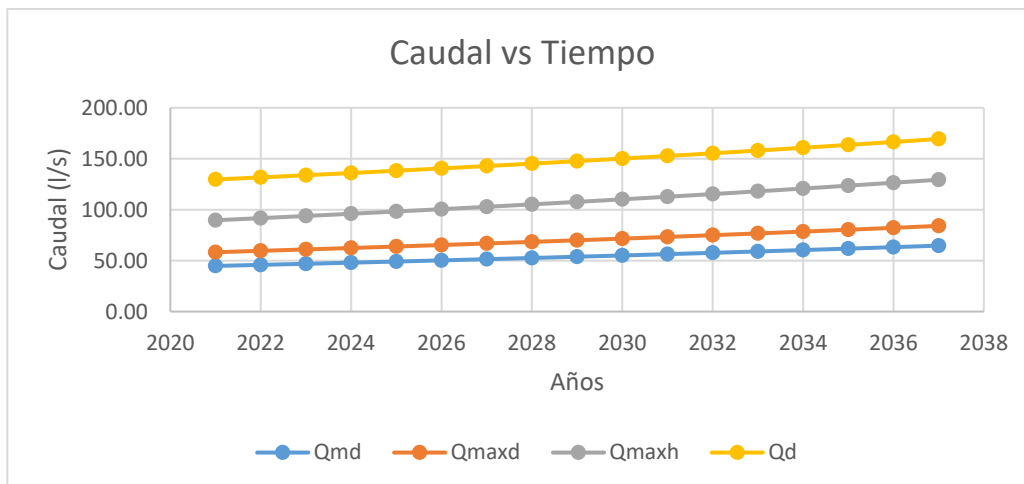


Figura 3. Caudales proyectados hasta el año 2037

El régimen de consumo (tabla 2) permitió establecer el volumen de reserva necesario, para el presente año se necesita un volumen de 1 465,9 m³, mientras que en 2037 serán 1 924,8 m³. Actualmente la cantidad en reserva es insatisfactoria y hacia el final del periodo de diseño será necesaria la cantidad de 485 m³ (incremento del 33,68%); por tal razón, se necesita construir un reservorio, se aconsejó localizar la estructura en la comuna Libertador Bolívar, lo que a su vez resolverá problemas de falta de presión. Adicionalmente, se debe establecer un horario de funcionamiento de las bombas, puesto que actualmente el técnico se guía con su criterio para operar las mismas.

Tabla 2. Régimen de consumo estimado en 2022

Horas	Entrada (m ³)	% de consumo	Salida (m ³)	Diferencia (m ³)	Diferencia acumulada (m ³)
0a1	214,63	45%	96,58	118,05	118,05
1 a2	214,63	45%	96,58	118,05	236,10
2a3	214,63	45%	96,58	118,05	354,14
3a4	214,63	45%	96,58	118,05	472,19
4a5	214,63	45%	96,58	118,05	590,24
5a6	214,63	60%	128,78	85,85	676,09
6a7	214,63	90%	193,17	21,46	697,55
7a8	214,63	135%	289,75	-75,12	622,43
8a9	214,63	150%	321,95	-107,32	515,12
9a10	214,63	150%	321,95	-107,32	407,80
10a11	214,63	150%	321,95	-107,32	300,48
11a12	214,63	140%	300,48	-85,85	214,63
12a13	214,63	120%	257,56	-42,93	171,71
13a14	214,63	140%	300,48	-85,85	85,85
14a15	214,63	140%	300,48	-85,85	0,00
15a16	214,63	130%	279,02	-64,39	-64,39
16a17	214,63	130%	279,02	-64,39	-128,78
17a18	214,63	120%	257,56	-42,93	-171,71
18a19	214,63	100%	214,63	0,00	-171,71
19a20	214,63	100%	214,63	0,00	-171,71
20a21	214,63	90%	193,17	21,46	-150,24
21a22	214,63	90%	193,17	21,46	-128,78
22a23	214,63	80%	171,71	42,93	-85,85
23a24	214,63	60%	128,78	85,85	0,00
Total	5151,17	24	5151,17	0,00	4389,22

Del catastro y digitación de datos, se obtiene el plano esquemático del sistema (figura 4). En este se encuentra un grave problema de configuración, parte de la población de Manglaralto se abastece por medio de la línea de impulsión. Como solución, lo que se aconsejó fue implementar un reservorio que pueda captar y conducir el agua de manera más eficiente. Por último, se sugirió el cierre de las redes, ya que, el sistema es una combinación de red cerrada y abierta, ocasionando acumulación de sedimento en los taponos. Esto debe ser estudiado a través de modelación hidráulica, lo que permitirá conocer el comportamiento de las presiones, velocidades del flujo y un mapa de presiones para analizar la factibilidad del servicio a nuevos usuarios.

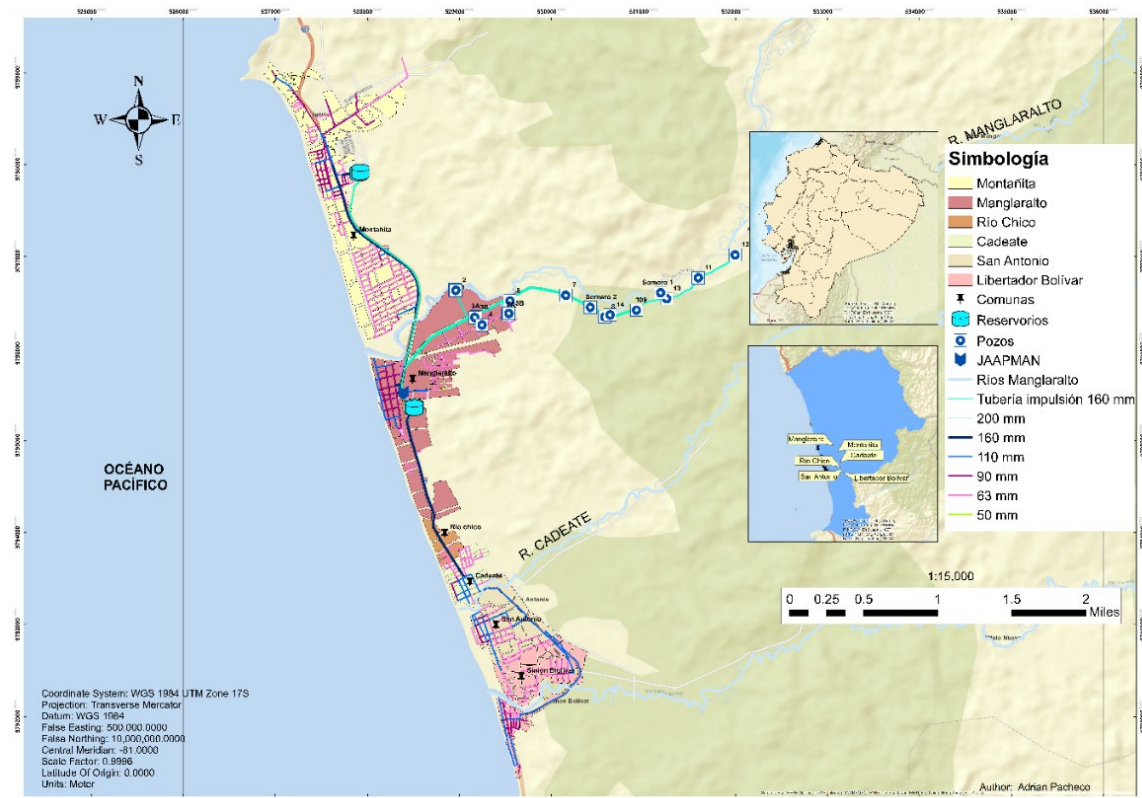


Figura 4. Plano esquemático del sistema de agua potable

El problema de la desactualización era más grave de lo pensado, si bien ahora los técnicos de la JAAPMAN tienen conocimiento de memoria de la configuración del sistema, en caso de que alguno de ellos llegara a faltar, se necesitaría capacitar a nuevo personal y para ello es preciso los planos del sistema. Además, con la base de datos se puede realizar la continua actualización de las reparaciones y adiciones de nuevos tramos que se lleven a cabo. En cuanto al diseño, se debe estudiar cada elemento del sistema para repotenciar las instalaciones y suplir las necesidades, de esta forma también se potenciará la vida útil de las mismas.

04 CONCLUSIONES

Una acertada proyección población y estudio de las costumbres de uso y consumo de agua potable, son factores fundamentales para establecer las condiciones necesarias de abastecimiento y no sobredimensionar o infradimensionar las estructuras.

Hasta el año 2022 la reserva de líquido era teóricamente suficiente para abastecer a la población. Es apremiante la necesidad de nueva estructura para reserva de agua, de tal manera que resuelva los problemas de configuración y presión, sin embargo, esto debe ser analizado por medio

de modelación hidráulica. Cada aspecto del sistema debe ser examinado por separado y en conjunto, para garantizar su funcionamiento óptimo y lograr alcanzar la mayor vida útil.

Actualmente existe la disponibilidad suficiente de líquido vital para el abastecimiento, sin embargo, esta situación cambiará en pocos años. Para garantizar un servicio óptimo y confiable, es preciso asegurar la fuente de agua y la infraestructura hídrica, esto puede llevarse a cabo con programas de protección de las áreas de recarga hídrica conjunto con proyectos de siembra y cosecha de agua y planificación urbana.

Aunque ahora se cuenta con una base de datos donde ir actualizando las modificaciones y nuevos tramos que se produzcan en el sistema, este hecho por sí solo no hace una diferencia significativa, puesto que la institución necesita personal calificado para hacer las actualizaciones pertinentes. Las industrias de agua deben contratar personal capacitado en el tema o solicitar el apoyo a las instituciones educativas, de este modo los estudiantes brindarán sus servicios mientras adquieren conocimiento práctico.

RECONOCIMIENTO

Se realiza un especial reconocimiento a los miembros de JAAPMAN y CIPAT por el acompañamiento realizado a lo largo de todo el proyecto.

05 REFERENCIAS

- Acosta Maldonado M. E., Basani M. y Solís H.** (2019). Prácticas y saberes en la gestión comunitaria del agua para consumo humano y saneamiento en las zonas rurales de Ecuador (pp. 48–49). Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0002022>
- Carrión P., Herrera G., Briones J., Sánchez C. and Limón J.** (2018). Practical adaptations of ancestral knowledge for groundwater artificial recharge management of Manglaralto coastal aquifer, Ecuador. 217, 375–386. <https://doi.org/10.2495/sdp180341>, Siena, Italia.
- Carrión-Mero P., Quiñonez-Barzola X., Morante-Carballo F., Montalván F. J., Herrera-Franco G. and Plaza-Úbeda J.** (2021). Geometric Model of a Coastal Aquifer to Promote the Sustainable Use of Water. Manglaralto, Ecuador. *Water*, 13(7), 923. <https://doi.org/10.3390/w13070923>, Ecuador.
- Equipo Técnico Consul and Project S.A.** (2019). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019–2023 (pp.59–61). [http://gadmanglaralto.gob.ec/pdot/1/#:~:text=PDOT%20PDOT%202019%2D2023,-El%20GAD%20Manglaralto&text=41\).,las%20C3%A1reas%20urbanas%20y%20rurales.,Ecuador](http://gadmanglaralto.gob.ec/pdot/1/#:~:text=PDOT%20PDOT%202019%2D2023,-El%20GAD%20Manglaralto&text=41).,las%20C3%A1reas%20urbanas%20y%20rurales.,Ecuador).
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos)** (2019). Medición de los indicadores de Agua, Saneamiento e Higiene (ASH), en Ecuador. (p.18). <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2019/Indicadores%20ODS%20Agua%2C%20Saneamiento%20e%20Higiene-2019/3.%20Principales%20resultados%20indicadores%20ASH%202019.pdf>, Ecuador.
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización)** (1997). Código ecuatoriano de la construcción. (C.E.C) diseño de instalaciones sanitarias: Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

10.07-610 CPE INEN 5ta parte 9.2:1997 17.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20parte_9-2.pdf. Ecuador.

INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 01.09-603 CPE INEN 5ta parte 9-1:1992 42.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf. Ecuador.

Pacheco A. y Guadamud E. (2022). Diseño de la red de distribución de agua potable de la comunidad de Manglaralto, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador.

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás, ISBN 978-92-3-300108-4. UNESCO, París, Francia.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

[Adrian Steven Pacheco Peñafiel](https://orcid.org/0000-0003-3392-8019) <https://orcid.org/0000-0003-3392-8019>

Realizó y participo en todas las fases de este proyecto, tanto en las visitas y trabajo de campo, como en la redacción e interpretación de los datos.