



Revista Especializada de Ingeniería
y Ciencias de la Tierra

VOL: 5 N° 1 Julio - Diciembre 2025
ISSN L: 2805-1874

Fallas Eléctricas y Desabastecimiento de Agua en Panamá: Análisis y Propuestas de Solución, 2025

Power Outages and Water Shortages in Panama: Analysis and Proposed Solutions, 2025

Gabriel Jesús Montúfar Chiriboga
Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá
gabriel.montufar@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0003-3392-3728>

Recibido: 9/2/2025 Aceptado: 10/6/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n1.7678>

RESUMEN

Las fallas eléctricas recurrentes en Panamá han generado interrupciones significativas en el suministro de agua potable, especialmente en áreas urbanas como San Miguelito. Este estudio se realizó para evaluar la interdependencia entre los sistemas eléctricos y de suministro de agua en Panamá, y proponer soluciones para mitigar el impacto de las fallas eléctricas en la distribución de agua. Se combinó una revisión sistemática de la literatura con el desarrollo de matrices de análisis y un análisis de sensibilidad, evaluando la efectividad de diferentes intervenciones como la mejora de la infraestructura de respaldo y la diversificación de fuentes de energía. Se encontró que la instalación de generadores de emergencia puede reducir significativamente el impacto de las fallas eléctricas, mientras que la diversificación energética ofrece una solución a largo plazo. Las intervenciones propuestas mejoran la resiliencia del suministro de agua, pero su implementación enfrenta desafíos financieros y regulatorios.

Palabras clave: fallas eléctricas, suministro de agua, resiliencia, infraestructura crítica, diversificación energética



ABSTRACT

Recurrent power outages in Panama have caused significant disruptions in the supply of drinking water, especially in urban areas such as San Miguelito. This study was conducted to assess the interdependence between electrical and water supply systems in Panama, and to propose solutions to mitigate the impact of power outages on water distribution. A systematic literature review was combined with the development of analysis matrices and a sensitivity analysis, evaluating the effectiveness of different interventions such as improving backup infrastructure and diversifying energy sources. It was found that the installation of emergency generators can significantly reduce the impact of power outages, while energy diversification offers a long-term solution. The proposed interventions improve the resilience of the water supply, but their implementation faces financial and regulatory challenges.

Keywords: *power outages, water supply, resilience, critical infrastructure, energy diversification*

INTRODUCCIÓN

Las interrupciones eléctricas comprometen la operación de las plantas de tratamiento y, por ende, la distribución de agua potable en áreas urbanas (Rodríguez-García, Hosseini, Mosier & Parvania, 2022). En particular, las frecuentes fallas en la potabilizadora de Chilibre que abastece a Panamá y San Miguelito han dejado a miles de residentes sin servicio prolongadamente (Redacción Destino Panamá, 2024). Investigaciones recientes demuestran que estas interrupciones desencadenan cascadas de fallas en los sistemas eléctricos y de agua, afectando la resiliencia de infraestructuras críticas y la calidad de vida (Emmanuel & Clayton, 2019; Stock et al., 2021). Estudios en otras regiones destacan la necesidad de contar con sistemas de respaldo eficientes y de una gestión proactiva de recursos (Erickson, Quintero & Nelson, 2020; Erickson, Smith, Goodridge & Nelson, 2017; Malla, Poudel, Karki & Gyawali, 2017), pero señalan la carencia de soluciones adaptadas a las condiciones geográficas y socioeconómicas de Panamá (Calderón de León, 2024; González Azúa, 2023). Este trabajo cierra esa brecha generando conocimiento aplicado a las particularidades de Panamá y San Miguelito, y propone herramientas prácticas para reforzar la resiliencia de infraestructuras críticas mediante estrategias coordinadas de recuperación de sistemas interdependientes (Rodríguez-García et al., 2022; Tan, 2018).

METODOLOGÍA

Se establecieron criterios rigurosos para la selección de estudios: inclusión de trabajos de los últimos diez años en contextos urbanos análogos a Panamá (González-Valoys et al., 2021; Tavarov Saidjon Sh et al.,



2023) y exclusión de aquellos con datos obsoletos o aplicables a realidades muy distintas (Calderón de León, 2024; Lelek-Borkowska, Gruszka & Banaś, 2023; Espejo Jiménez, 2019). La búsqueda incorporó términos clave sobre fallas eléctricas, suministro de agua y resiliencia de infraestructuras (Erickson et al., 2017; Madrigal Solís et al., 2019; Vega Cervera, 2018). Los estudios seleccionados fueron sintetizados para identificar tendencias, vacíos y lecciones aprendidas (Madrigal Solís et al., 2019; Rodríguez-García et al., 2022; Ramírez, Tzachkov & Hansen, 2017).

De la revisión se definieron variables críticas para la resiliencia: frecuencia de interrupciones eléctricas, capacidad de respuesta de emergencia e infraestructuras de respaldo (Rodríguez-García et al., 2022; Bach & Gareis, 2017; Yanes & Jiménez Borges, 2018). Se construyeron tres matrices:

Matriz de Riesgo, que cruzó probabilidad e impacto sobre el suministro en San Miguelito (Erickson et al., 2017; Erickson et al., 2020). Matriz de Soluciones, evaluando efectividad, costos y viabilidad local (Rodríguez-García et al., 2022; Joshi & Mohagheghi, 2022; Shibuya & Bradshaw, 2018). Matriz de Decisión, integrando ambos resultados para proponer políticas e intervenciones prioritarias (Konovalov et al., 2024; Kalavathidevi et al., 2023).

Un análisis de sensibilidad exploró cómo variaciones en las variables clave afectan los resultados, lo que permitió señalar los puntos más vulnerables y las medidas críticas para reforzar la resiliencia del sistema ante fallas eléctricas (Rodríguez-García, Panteli & Parvania, 2024; Yang et al., 2024).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Resultados de la revisión sistemática

La revisión sistemática realizada en este estudio permitió identificar y analizar la literatura existente sobre la interdependencia entre los sistemas eléctricos y de suministro de agua, con un enfoque particular en cómo las fallas eléctricas afectan la distribución de agua en áreas urbanas (Shojaeiyan, Dehghani, & Siano, 2023; Rodríguez-García et al., 2022; Stock et al., 2021). A través de la aplicación de criterios de inclusión y exclusión rigurosos, se seleccionaron estudios que proporcionan una visión integral de los factores de riesgo, las soluciones implementadas en otros contextos, y las lecciones aprendidas que podrían aplicarse en el caso de Panamá y San Miguelito (Erickson et al., 2017; Andresen et al., 2023). A continuación, se presentan los principales hallazgos derivados de esta revisión, los cuales forman la base para el desarrollo de las matrices de análisis y la formulación de recomendaciones prácticas (Li, 2023).

1.1 Identificación de factores de riesgo

Frecuencia de fallas eléctricas: Estudios como el de Rodríguez-García et al. (2022) señalaron que la frecuencia de las fallas eléctricas es un determinante crítico para la continuidad del suministro de agua.



Capacidad de respuesta de emergencia: La capacidad de las autoridades locales para responder rápidamente a las fallas eléctricas y restaurar el suministro de agua es un factor crucial. Sin embargo, se identificó una brecha significativa en la rapidez y efectividad de estas respuestas en Panamá, lo que aumenta la vulnerabilidad del sistema (Crítica, 2023; (Taveras-Cruz et al., 2024; Reddicharla et al., 2023). Infraestructura de respaldo: Este aspecto es particularmente relevante para San Miguelito, donde la infraestructura actual no está preparada para manejar fallas prolongadas en el suministro eléctrico (Telemetro, 2023).

1.2 Evaluación de la calidad de los estudios: Escala Downs y Black

Se priorizaron los estudios mejor calificados (Zakharychev, Tenenev & Vologdin, 2023) por su claridad metodológica, control de confusores y poder estadístico (Erickson et al., 2017; Bach & Gareis, 2017), y por las robustas recomendaciones que ofrecieron (Madrigal Solís et al., 2019; Da Silveira & Mata-Lima, 2021; Binte Jamal & Hasan, 2023). Aunque la mayoría describió adecuadamente objetivos y métodos, algunos estudios perdieron puntos por falta de aleatorización o cegamiento (Lee et al., 2020; Bondank et al., 2022), deficiencias en el tratamiento de confusores (Espejo Jiménez, 2019) y problemáticas de generalización (Hernando & de los, 2017). Pese a que varios trabajos tuvieron muestras reducidas, aquellos con poder estadístico suficiente obtuvieron las puntuaciones más altas (Erickson et al., 2020; Maziotis et al., 2020). La Tabla 1 muestra esta evaluación según la escala Downs & Black.

Tabla 1.

Evaluación de calidad para el documento: Caracterizando la variabilidad del suministro y los desafíos operacionales en una red de distribución de agua intermitente

Criterio	Puntuación	Comentarios
Informe (0-10)	9	El documento está bien estructurado y ofrece un análisis detallado de la variabilidad del suministro y los desafíos operacionales en redes de distribución de agua intermitente.
Validez Interna - Sesgo (0-7)	6	El estudio maneja adecuadamente los sesgos potenciales, con un control riguroso de los datos y un enfoque meticuloso en la recopilación de información.



Validez Interna - Confusión (0-6)	5	Los factores de confusión son bien identificados y ajustados, lo que aumenta la validez del análisis realizado sobre las redes de distribución.
Validez Externa (0-3)	2	Aunque el estudio se centra en un contexto específico (Arraiján, Panamá), las conclusiones pueden aplicarse a otros sistemas de distribución intermitentes en países en desarrollo.
Poder Estadístico (0-5)	4	El análisis estadístico es sólido, respaldado por un tamaño de muestra adecuado y un monitoreo continuo, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados.
Puntuación Total (0-32)	26	

Nota: La Tabla 1 califica la solidez metodológica del estudio con 26 de 32 puntos, destacando su informe claro (9/10), un control riguroso de sesgos (6/7) y confusores (5/6), y un poder estadístico adecuado (4/5), aunque su validez externa es algo limitada al caso de Arraiján, Panamá (2/3).

2. Desarrollo de matrices de análisis

Estas matrices fueron diseñadas con el objetivo de proporcionar herramientas prácticas y aplicables que puedan guiar a los tomadores de decisiones en la implementación de estrategias efectivas (Souto, Parisio, & Taylor, 2024).

2.1 Matriz de riesgo

La frecuencia de fallas eléctricas, evidenciada en interrupciones a la planta potabilizadora Federico Guardia Conte en Chilibre (Redacción Destino Panamá, 2024; Crítica, 2023; La Estrella de Panamá, 2023) y otros cortes que afectaron a Ciudad de Panamá y San Miguelito (Panamá América, 2020; Telemetro, 2023), constituye un riesgo de alta probabilidad y severo impacto. De igual modo, la paralización de 25 plantas en diciembre de 2023 por fallas del Sistema Interconectado Nacional (Vega Cervera, 2018) revela la carencia de respaldo adecuado y subraya la urgencia de instalar generadores de emergencia para garantizar la continuidad del suministro. La Tabla 2 sintetiza estos factores críticos.

Tabla 2.



Factores críticos en la continuidad del suministro de agua ante fallas eléctricas en Panamá

Factor de riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Impacto en suministro de agua	Clasificación de riesgo
Frecuencia de fallas eléctricas	Alta	Alto	Crítico
Infraestructura de respaldo	Media	Alto	Alto
Capacidad de respuesta	Media	Medio	Moderado

Nota: La Tabla 2 clasifica la “Frecuencia de fallas eléctricas” como riesgo crítico, la “Infraestructura de respaldo” como riesgo alto y la “Capacidad de respuesta” como riesgo moderado, de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia e impacto en el suministro de agua ante cortes eléctricos.

2.2 Matriz de soluciones

La instalación de generadores de respaldo sobresalió por su alta efectividad y viabilidad con un costo moderado (Joshi & Mohagheghi, 2022), mientras que protocolos de emergencia más eficientes y la formación del personal reforzaron la resiliencia del sistema (Mojica, 2024; Peter et al., 2023; Sharifpour, Ameli, Ameli & Strbac, 2023). La Tabla 3 presenta esta evaluación comparativa.

Tabla 3.

Evaluación de estrategias para mitigar el impacto de las fallas eléctricas en el suministro de agua

Solución	Efectividad	Viabilidad	Clasificación
Generadores de respaldo	Alta	Alta	Alta
Mejora de la capacidad de respuesta	Media	Alta	Media
Diversificación de fuentes de energía	Alta	Media	Alta

Nota: La Tabla 3 ofrece un análisis comparativo de tres estrategias para mitigar el impacto de las fallas eléctricas en el suministro de agua, evaluándolas según su efectividad, costo, viabilidad y una clasificación final que integra estos tres criterios.

2.3 Matriz de decisión

La Matriz de Decisión integra los resultados de las matrices de riesgo y soluciones para ofrecer recomendaciones concretas. La tabla 4 ofrece recomendaciones concretas basadas en los riesgos identificados y las soluciones evaluadas, con el objetivo de mejorar la resiliencia del sistema hídrico ante fallas eléctricas.



Tabla 4.

Recomendaciones de intervenciones para fortalecer la resiliencia del suministro de agua

Escenario	Intervención recomendada	Justificación
Fallas frecuentes en planta de Chilibre	Instalación de generadores de respaldo	Mitiga el riesgo crítico de interrupción en el suministro de agua.
Vulnerabilidad en la capacidad de respuesta	Formación y equipamiento de personal	Mejora la rapidez y efectividad de las respuestas de emergencia.

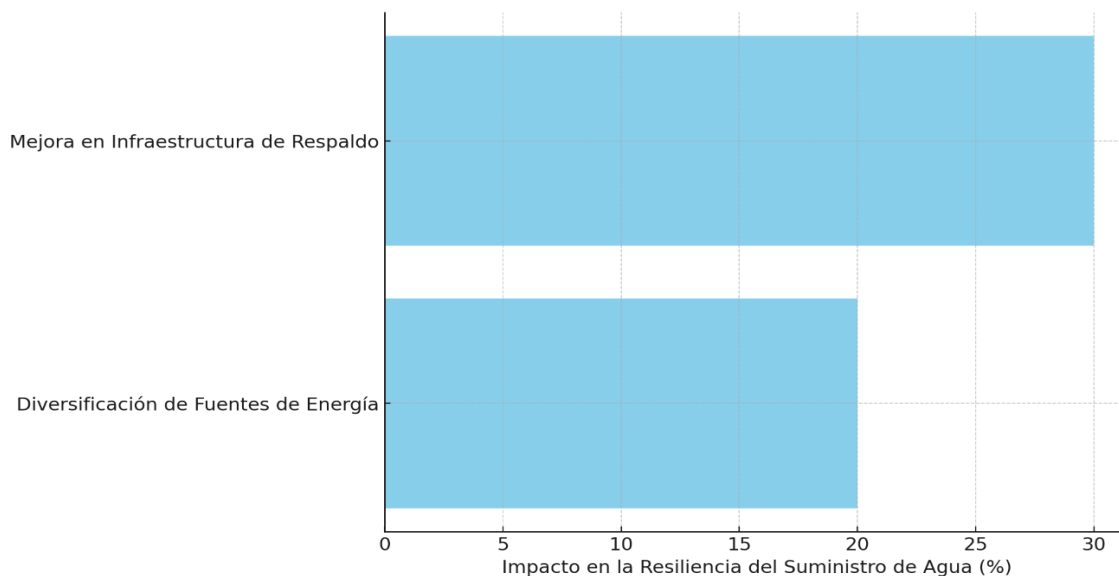
Nota: La Tabla 4 traduce esos hallazgos en recomendaciones prácticas según dos escenarios críticos: en el caso de “Fallas frecuentes en la planta de Chilibre”, se prioriza la “Instalación de generadores de respaldo” para mitigar la interrupción crítica del servicio; y ante la “Vulnerabilidad en la capacidad de respuesta”, se recomienda la “Formación y equipamiento de personal” para agilizar y hacer más efectiva la restauración del suministro tras un corte eléctrico.

3. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad evaluó cómo los cambios en las variables clave podrían afectar los resultados de las matrices. La figura 1 muestra cómo las dos variables clave (mejora en la infraestructura de respaldo e instalación de generadores más potentes) y la diversificación de fuentes de energía afectan el resultado principal, que es la resiliencia del suministro de agua y la reducción del impacto de las fallas eléctricas.

Figura 1.

Efecto De Las Variaciones En Variables Clave





Nota: La Figura 1 muestra cómo, en el escenario de fallas eléctricas en la planta potabilizadora de Chilibre, la mejora de la infraestructura de respaldo mediante la instalación de generadores de emergencia de mayor capacidad y el refuerzo de sistemas auxiliares incrementa la resiliencia del suministro de agua en un 30 %, mientras que la diversificación de fuentes de energía incorporando tecnologías solares, eólica y biogás aporta un 20 % adicional a la continuidad y robustez del servicio.

Discusión de los resultados

Los resultados de este estudio subrayan la importancia de abordar de manera integrada los desafíos que representan las fallas eléctricas para el suministro de agua en áreas urbanas de Panamá. La combinación de la revisión sistemática y el desarrollo de matrices de análisis ha permitido identificar soluciones viables y adaptadas al contexto local. Los incidentes recientes en Panamá, como las fallas eléctricas que afectaron la planta de Chilibre y otras potabilizadoras, ilustran claramente la vulnerabilidad actual del sistema y la urgencia de implementar las soluciones propuestas.

CONCLUSIONES

Este estudio aborda un problema cotidiano de miles de ciudadanos y ofrece herramientas prácticas para la gestión de infraestructuras críticas (Rodríguez-García et al., 2022; Zuloaga, Khatavkar, Mays & Vittal, 2019). Entre sus ventajas destacan la instalación de generadores de emergencia, efectiva según el análisis de sensibilidad (Tan, 2018), y la diversificación de fuentes de energía para reducir la dependencia del sistema central (Bondank et al., 2022). No obstante, estas mejoras requieren inversiones sustanciales, planificación coordinada y un marco regulatorio sólido, lo cual supone un reto en entornos de recursos limitados (Calderón de León, 2024; Ferrante, Rogers, Mugabi & Casinini, 2022).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andresen, A., Kurtz, L. C., Hondula, D., Meerow, S., & Gall, M. (2023). Comprendiendo los impactos sociales de los cortes de energía en América del Norte: Una revisión sistemática. *Environmental Research Letters*, 18. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acc7b9>
- Bach, F., & Gareis, J. (2017). Incorporación de presostatos solares al sistema de telemetría del servicio de agua potable de Crespo. *Civil & Environmental Engineering eJournal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3112998>
- Binte Jamal, T., & Hasan, S. (2023). Un modelo generalizado de tiempo de falla acelerado para predecir el tiempo de restauración tras apagones eléctricos. *Natural Hazards Review*, 5(29–3). <https://doi.org/10.1007/s13753-023-00529-3>



- Bondank, E. N., Chester, M., Michne, A., Ahmad, N., Ruddell, B., & Johnson, N. (2022). Anticipando interrupciones del servicio de distribución de agua debido al aumento de temperaturas. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 2. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac8ba3>
- Calderón de León, E. A. (2024). Análisis, gestión y modelación de pérdidas de agua en la ciudad de Panamá. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/207016/Calderon%20-%20Analisis%20gestion%20y%20modelacion%20de%20perdidas%20de%20agua%20en%20la%20ciudad%20de%20Panama.pdf?sequence=2>
- Ceballos Freire, A. J. (2020). Evaluación de eficiencia del sistema domiciliario para abastecimiento de agua segura, corregimiento San Fernando, Nariño. *Revista UIS Ingenierías*, 11(2), 95–115. <https://doi.org/10.22490/21456453.2985>
- Crítica. (2023, diciembre 24). Falla eléctrica afectó unas 25 potabilizadoras en todo el país. *Crítica*. <https://www.critica.com.pa/nacional/falla-electrica-afecto-unas-25-potabilizadoras-en-todo-el-pais-662916>
- Da Silveira, A. P. P., & Mata-Lima, H. (2021). Evaluación de la eficiencia energética en empresas de servicios de agua utilizando análisis de datos a largo plazo. *Water Resources Management*, 35, 2763–2773. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02866-8>
- Emmanuel, K., & Clayton, A. (2019). Calidad del agua y vínculos de la energía alternativa en las Américas. ResearchGate. https://www.researchgate.net/profile/Diego-Chalarca-Rodriguez/publication/335686525_Calidad-del-agua-en-Colombia/links/5d74ff734585151ee4a69aeb/Calidad-del-agua-en-Colombia.pdf#page=158
- Erickson, J., Quintero, Y. C., & Nelson, K. (2020). Caracterización de la variabilidad del suministro y los desafíos operativos en una red de distribución de agua intermitente. *Water*, 12(8), 2143. <https://doi.org/10.3390/w12082143>
- Erickson, J., Smith, C. D., Goodridge, A., & Nelson, K. (2017). Efectos en la calidad del agua del suministro de agua intermitente en Arraján, Panamá. *Water Research*, 114, 338–350. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.009>
- Espejo Jiménez, F. M. (2019). El sistema de abastecimiento del palacio de la Casa de Fernán Núñez, Córdoba (1679–1985). *AT*, 14, 115–128. <https://doi.org/10.17561/at.14.4454>
- Ferrante, M., Rogers, D., Mugabi, J., & Casinini, F. (2022). Impacto del suministro intermitente en la precisión de los medidores de agua. *Journal of Water Supply: Research and Technology—Aqua*. <https://doi.org/10.2166/aqua.2022.091>
- González Azúa, C. I. (2023). Sistema de monitoreo de aguas: Análisis y propuestas para la Red Nacional. Repositorio de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/xmlui/bitstream/handle/2250/198546/Sistema-de-monitoreo-de-aguas-Analisis-y-propuestas-para-la-Red-Nacional.pdf?sequence=1>



- González-Valoys, A., Vargas-Lombardo, M., Higuera, P., García-Navarro, F., García-Ordiales, E., & Jiménez-Ballesta, R. (2021). Hidroquímica del agua subterránea en el sector de Tocumen, Ciudad de Panamá: Una evaluación de su posible uso durante eventos de emergencia. *Environmental Earth Sciences*, 80. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09497-7>
- Hernando, M., & de los V. (2017). Evaluación de un sistema de energía solar térmica para suministro de agua caliente en industrias cárnicas [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/upm.thesis.48037>
- Joshi, G. R., & Mohagheghi, S. (2022). Redes descentralizadas de energía y agua para la resiliencia comunitaria frente a desastres naturales. *European Journal of Energy Research*, 2(4), 76. <https://doi.org/10.24018/ejenergy.2022.2.4.76>
- Kalavathidevi, T., Mouleeshuwarappabhu, R., Umadevi, S., Shubhashree, V. K., Sriharirama, K., & Thilochan, T. G. (2023). Diseño de turbina espiral mini para la generación óptima de energía en el suministro de agua. *Proceedings of the International Conference on Emerging Materials and Challenges in Engineering*. <https://doi.org/10.1109/ICEMCE57940.2023.10433974>
- Konovalov, Y., Goncharenko, A., Goncharenko, R., Shaura, M., & Ivanov, I. (2024). Modernización de accionamientos eléctricos en el sistema de reciclaje de suministro de agua. *Journal of Technical Sciences*, 1(250–251). <https://doi.org/10.36629/2686-9896-2024-1-250-251>
- La Estrella de Panamá. (2023, agosto 22). Falla en planta potabilizadora de Chilibre deja sin agua a gran parte de la ciudad de Panamá. *La Estrella de Panamá*. <https://www.laestrella.com.pa/panama/nacional/deja-agua-falla-planta-potabilizadora-AQLE34507>
- Lee, S., Choi, M., Lee, H.-S., & Park, M. (2020). Estimación de daños sísmicos basada en redes bayesianas para sistemas de suministro de energía y agua potable. *Reliability Engineering & System Safety*, 206, 106796. <https://doi.org/10.1016/j.res.2020.106796>
- Lelek-Borkowska, U., Gruszka, M., & Banaś, J. (2023). Effect of cathodic protection on corrosion of water-pipe network in Kraków: Case study. *Archives of Foundry Engineering*. <https://doi.org/10.24425/afe.2021.138666>
- Li, X. (2023). Estrategia de mejora de la resiliencia de la red de distribución en proyectos de agua potable basada en sistemas de almacenamiento de energía en baterías. *IEEE Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/icpre59655.2023.10353690>
- Madrigal Solís, H., Fonseca Sánchez, A., Calderón Sánchez, H., Cruz, A. G., & Solís, C. (2019). Diseño de una red de monitoreo como herramienta de gestión participativa: Calidad física y química del agua subterránea en tres subcuencas del Valle Central de Costa Rica. *Uniciencia*, 33(1), 43–60. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/uniciencia/v33n1/2215-3470-Uniciencia-33-01-43.pdf>
- Malla, N., Poudel, S., Karki, N. R., & Gyawali, N. (2017). Resiliencia del sistema de entrega de energía y su impacto en el suministro de agua en respuesta a desastres naturales. En *Actas de la Conferencia Internacional IEEE sobre Sistemas de Energía y Potencia (ICPES)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICPES.2017.8387400>
- Maziotis, A., Villegas, A., Molinos-Senante, M., & Sala-Garrido, R. (2020). Impacto de los costos externos de las interrupciones no planificadas del suministro en la eficiencia de las empresas de agua: Evidencia de Chile. *Utilities Policy*, 66, 101087. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101087>



- Mojica, Y. (2024, mayo 11). Planta potabilizadora de Chilibre registra nuevamente falla eléctrica, operaciones disminuyen. La Prensa. <https://www.prensa.com/sociedad/planta-potabilizadora-de-chilibre-opera-a-un-50-de-su-capacidad-tras-falla-electrica/>
- Nduhuura, P., Garschagen, M., & Zerga, A. (2021). Impactos de los cortes de electricidad en los hogares urbanos de los países en desarrollo: Un caso de Accra, Ghana. *Energies*, 14(12), 3676. <https://doi.org/10.3390/en14123676>
- Panamá América. (2020, agosto 27). Planta potabilizadora de Chilibre trabaja al 100 % según el IDAAN. Panamá América. <https://www.panamaamerica.com.pa/sociedad/planta-potabilizadora-de-chilibre-trabaja-al-100-segun-el-idaan-1147355>
- Peter, M. C., Adeshina, S., Idowu-Bismark, O., Osanaiye, O., & Oyeleke, O. (2023). Control digital y gestión de la infraestructura de suministro de agua utilizando sistemas embebidos y aprendizaje automático. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 15(5), 1–12. <https://doi.org/10.5815/ijisa.2023.05.01>
- Ramírez, H., Tzachkov, V., & Hansen, P. (2017). Metodología de sustitución de tuberías de redes de suministro de agua, basada en el punto de deterioro. *EngRN: Water Resources Engineering (Topic)*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3113038>
- Redacción Destino Panamá. (2024, agosto 22). Falla eléctrica en planta potabilizadora de Chilibre deja sin agua a los distritos de Panamá y San Miguelito. Destino Panamá. <https://www.telemetro.com/nacionales/falla-electrica-dejo-fuera-operaciones-la-potabilizadora-chilibre-n6002518>
- Reddicharla, N., Ali Sultan Ali, M., Alshehhi, S., Elmansour, A., & Vanam, P. R. (2023). Predicción de fallos de ESP en pozos de suministro de agua utilizando aprendizaje no supervisado. En *SPE Water Resources Symposium*, 214010-MS. <https://doi.org/10.2118/214010-ms>
- Rodríguez-García, L., Hosseini, M., Mosier, T., & Parvania, M. (2022). Análisis de resiliencia para sistemas interdependientes de distribución de energía y agua. *IEEE Transactions on Power Systems*, 37, 4244–4257. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2022.3149463>
- Rodríguez-García, L., Panteli, M., & Parvania, M. (2024). Recuperación coordinada de sistemas interdependientes de distribución de energía y agua. *IET Smart Grid*. <https://doi.org/10.1049/stg2.12175>
- Sharifpour, M., Ameli, M. T., Ameli, H., & Strbac, G. (2023). Un enfoque orientado a la resiliencia para la gestión energética de microrredes con integración de hidrógeno durante eventos extremos que afectan el suministro de agua potable. *Energies*, 16(24). <https://doi.org/10.3390/en16248099>
- Shibuya, N., & Bradshaw, R. A. (2018). Servicios resilientes de suministro de agua y saneamiento: El caso de Japón. *Journal of Sustainable Infrastructure*. <https://www.preventionweb.net/publication/resilient-water-supply-and-sanitation-services-case-japan>
- Shojaeiyan, S., Dehghani, M., & Siano, P. (2023). Mejora de la resiliencia de las microrredes frente a catástrofes naturales mediante la cooperación múltiple de centros de energía y agua potable. *Smart Cities*, 6(4), 82. <https://doi.org/10.3390/smartcities6040082>



- Souto, L., Parisio, A., & Taylor, P. C. (2024). Marco basado en MPC que incorpora acciones previas y posteriores al desastre para redes de distribución de energía resistentes a eventos climáticos. *Applied Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123013>
- Stock, A., Davidson, R., Kendra, J. M., Martins, V. N., Ewing, B. R., Nozick, L., Starbird, K., & Leon-Corwin, M. (2021). Impactos en los hogares por interrupción de los servicios de energía eléctrica y agua. *Natural Hazards*, 115, 2279–2306. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05638-8>
- Tan, Y. (2018). Resiliencia del sistema de suministro de agua ante desastres naturales y cortes eléctricos [Tesis doctoral, Universidad de Washington]. Archivo ResearchWorks de la Universidad de Washington. <https://labs.ece.uw.edu/real/Library/Thesis/Yushi.pdf>
- Tavarov Saidjon Sh, Smolin Anton, V., Oubelaid, A., Bajaj, M., Jurado, F., & Kamel, S. (2023). Indicadores de confiabilidad de redes de distribución eléctrica en ausencia de suministro de gas y agua caliente. En *Proceedings of the 2023 IEEE Global Power and Energy Conference (GPECOM58364)*. <https://doi.org/10.1109/GPECOM58364.2023.10175715>
- Taveras-Cruz, A. J., Aquino Espinal, J., Mariano-Hernández, D., González Polanco, D., Jiménez Matos, E. A., Andrade, F., Jhonson Mateo, I., Aybar-Mejía, M., Baier, C. R., & Hernandez, J. C. (2024). Propuesta de protección adaptativa diferencial para interconectar microrredes aisladas a la red eléctrica primaria: Un estudio de caso en la provincia de Pedernales. En *Proceedings of the International Conference on Smart Grid*. <https://doi.org/10.1109/icSmartGrid61824.2024.10578079>
- Telemetro. (2023, agosto 23). Idaan estudia sistema de producción de energía en potabilizadora de Chilibre. Telemetro. <https://www.telemetro.com/nacionales/idaan-estudia-sistema-produccion-energia-potabilizadora-chilibre-n5620738>
- Uriadnikova, I., & Khoruzhy, V. (2023). Determinación de condiciones de fiabilidad de los sistemas reversibles de suministro de agua en ingeniería de energía térmica. *Journal of Water Supply Systems*, 42(84–90). <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.42.84-90>
- Vega Cervera, V. A. (2018). Planes de gestión del agua en Panamá: Desde la GIRH hasta la seguridad hídrica. *WIT Transactions on the Built Environment*, 179, 333–344. <https://doi.org/10.2495/UG180311>
- Yanes, J. M., & Jiménez Borges, R. (2018). Análisis de falla operacional de un sistema hidroneumático en instalación hospitalaria. *IngeCUC*, 14(1), 151–158. <https://doi.org/10.17981/INGECUC.14.1.2018.14>
- Yang, Y., Li, Z., Zhang, G., Costa, A., & Lo, E. Y. M. (2024). Mejora de la resiliencia de sistemas de energía y agua reconfigurables con generadores distribuidos móviles y renovables de alta proporción. *IEEE Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/icpst61417.2024.10602368>
- Zakharychev, M. Y., Tenenev, V. A., & Vologdin, S. V. (2023). Modelo de gestión dinámica de inventarios para el reemplazo de equipos con distribución probabilística de fallas. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 4(95–100). <https://doi.org/10.22213/2410-9304-2023-4-95-100>
- Zuloaga, S., Khatavkar, P., Mays, L. W., & Vittal, V. (2019). Resiliencia de sistemas de distribución de energía y agua habilitados cibernéticamente bajo condiciones de disponibilidad limitada. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 66(2), 123–134. <https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2937728>