



## “Propuesta de ponderación para alternativas resilientes ante deslizamientos, muros de concreto reforzado vs muros de gavión, caso de 2019 Arraiján”

“Proposal for weighing resilient alternatives to landslides, reinforced concrete walls vs. gabion walls, case of 2019 Arraiján”

**Isaac Abdiel Salazar Moreno**

Universidad de Panamá, Panamá.

[isaac.salazar@up.ac.pa](mailto:isaac.salazar@up.ac.pa) <https://orcid.org/0009-0003-6382-4883>

**Recepción: 28 de agosto de 2025**

**Aprobación: 20 de enero de 2026**

**DOI:** <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v6n2.8025>

### Resumen

La forma irregular de la topografía panameña en algunos lugares del país, la presencia de suelos residuales y las frecuentes lluvias intensas son elementos que agravan el desafío de estabilizar masas de tierra, ya que aumentan la probabilidad durante la época de invierno a los deslizamientos y daños a las infraestructuras, como a las viviendas. El propósito de este texto es examinar comparativamente la viabilidad técnica, económica y ambiental de los muros de gaviones y los muros de concreto reforzado, como opciones para estabilizar terrenos. La metodología empleó un enfoque mixto que une el análisis de documentos, como tesis, manuales técnicos y literatura científica, con una propuesta de matriz de ponderación implementada en un caso práctico en el sector de Arraiján. Los hallazgos indican que los muros de gaviones tienen beneficios en lo que respecta a la integración ambiental y al drenaje natural, pero los muros de concreto se distinguen por su superior durabilidad estructural bajo condiciones adversas. Se establece que la selección más adecuada se basa en un equilibrio entre el rendimiento técnico, la disponibilidad de materiales, los costos de ejecución y la sostenibilidad ambiental. Esto proporciona matriz de criterios de decisión que pueden ser utilizados en proyectos futuros relacionados con infraestructura vial y urbana en el país.

**Palabras clave:** estabilidad, gestión de riesgo, mitigación de desastre, suelo residual, sostenibilidad



## Abstract

The irregular shape of Panama's topography in some parts of the country, the presence of residual soils, and frequent heavy rains are factors that exacerbate the challenge of stabilizing land masses, as they increase the likelihood of landslides and damage to infrastructure, such as homes, during the winter season. The purpose of this text is to comparatively examine the technical, economic, and environmental feasibility of gabion walls and reinforced concrete walls as options for stabilizing land. The methodology employed a mixed approach that combines the analysis of documents, such as these, technical manuals, and scientific literature, with a proposed weighting matrix implemented in a case study on the Arraján sector. The findings indicate that gabion walls have benefits in terms of environmental integration and natural drainage, but concrete walls are distinguished by their superior structural durability under adverse conditions. It is established that the most appropriate selection is based on a balance between technical performance, material availability, implementation costs, and environmental sustainability. This provides a matrix of decision criteria that can be used in future projects related to road and urban infrastructure in the country.

**Keywords:** disaster mitigation, residual soil, risk management, stability, sustainability

## Introducción

La infraestructura de contención es un componente fundamental en la ingeniería civil, ya que contribuye a garantizar la estabilidad de masas de tierra en puntos de distintas elevaciones. Brindando seguridad en carreteras, viviendas e infraestructura civil, garantizando la protección de áreas urbanas vulnerables. En Panamá, un país con topografía irregular y marcada por su condición climática, aproximadamente el 15.50 % de los desastres están relacionados con deslizamientos de masas de tierra (Sistema Nacional de Protección Civil [SINAPROC], 2020). La implementación de soluciones de contención enfrenta desafíos particulares asociados a lluvias intensas, suelos residuales y procesos de erosión acelerada. En este contexto, comparar la factibilidad técnica, económica y ambiental de muros de concreto reforzado frente a muros de gaviones resulta esencial para determinar alternativas eficientes y sostenibles para la mitigación del riesgo. Diversos estudios internacionales han mostrado que la elección del tipo de estructura de contención depende



de múltiples factores, incluyendo las características geotécnicas del terreno, la disponibilidad de materiales, el costo de construcción y el impacto ambiental (Maccaferri, 2019; Geofabrics, 2019). Sin embargo, en el ámbito local, aún persiste la necesidad de sistematizar experiencias y contrastarlas con literatura técnica, a fin de identificar ventajas y limitaciones aplicables al contexto de ingeniería de valor en Panamá. El presente artículo tiene como objetivo analizar comparativamente la factibilidad de muros de concreto reforzado y muros de gavión, empleando un enfoque mixto basado en la revisión documental de manuales técnicos, tesis de grado y artículos científicos e implementar una propuesta de matriz de ponderación para la selección de alternativa aplicado en un caso práctico en nuestro país. Este estudio inicia con datos recopilados desde el 2019-2020 y busca contribuir a la toma de decisiones de ingenieros, proyectistas e instituciones responsables de infraestructura vial y urbana, brindando criterios sólidos para seleccionar la solución de contención más adecuada.

## **Desarrollo**

Los muros de concreto reforzado constituyen la tipología más empleada a nivel mundial para la contención de tierras. Su diseño estructural se fundamenta en normativas como el ACI 318-19 (American Concrete Institute, 2019), que establece requisitos de resistencia, cuantía mínima de acero y verificaciones de estabilidad global. Según tesis comparativas (Estudio comparativo de muros de contención, 2020), estos muros presentan una elevada capacidad portante, adecuada para grandes alturas y cargas sísmicas significativas. Desde el punto de vista técnico, se distinguen dos modalidades: los muros en voladizo (cantilever) y los muros con contrafuertes (counterfort). El primer tipo es económico hasta alturas medias (aprox. 6–7 m) por los datos que pudimos conocer en la práctica local, mientras que el segundo resulta más eficiente en obras de mayor altura, reduciendo la cantidad de acero requerido (Comparative Study of Cantilever and Counterfort Retaining Wall, 2018). No obstante, ambos demandan cimentaciones profundas y drenajes efectivos para evitar presiones hidrostáticas excesivas. Una ventaja sustancial de esta tipología es su durabilidad, con una vida útil que supera los 50 años si se cumple con las especificaciones de diseño y se aplican recubrimientos adecuados (Optimum Static Analysis of Retaining Wall, 2021). Por el otro lado, Dongo Torres y Figueroa Quispe (2020) señalan que, a partir de los 6.50 m de altura, los muros de voladizo no cumplen con los desplazamientos permitidos, siendo los muros

con contrafuertes una opción más adecuada, aunque presentan mayores costos iniciales y dificultades constructivas en zonas de acceso limitado.

Los muros de gaviones por su parte, se construyen a partir de cestas metálicas rellenas de piedra. Según Maccaferri (2019), constituyen una solución flexible, capaz de adaptarse a asentamientos diferenciales y deformaciones sin perder estabilidad. Además, poseen una ventaja inherente: el drenaje natural, que minimiza la presión hidrostática detrás del muro, lo que reduce significativamente las solicitaciones estructurales. En el caso panameño, donde los suelos suelen saturarse con facilidad durante la estación lluviosa, esta característica representa una ventaja relevante (Geofabrics, 2019). Su implementación ha sido común en proyectos de carreteras, tal como se evidencia en la tesis sobre muros de gavión aplicada a estabilización de vías (Muro de Gaviones, 2017). No obstante, su durabilidad depende de la calidad del alambre galvanizado o recubierto con PVC. La corrosión puede comprometer la estabilidad a mediano plazo, especialmente en ambientes húmedos como el de Panamá y con presencia de aguas agresivas (Comparación Técnica entre uso de Gaviones y Geoceldas, 2020). Adicionalmente, la necesidad de roca de cantera adecuada para el relleno puede representar una limitación en zonas urbanas alejadas de fuentes de material.

### **Problemática en Panamá**

Panamá enfrenta una serie de desafíos relacionados con la estabilidad, deslizamientos, mantenimiento de obras de infraestructura civil, taludes y estructuras de contención de masas de suelo, sobre todo en comunidades hacinadas en la ciudad de Panamá. La combinación de lluvias intensas, con acumulados superiores a 3000 mm anuales en algunas regiones, y la presencia de suelos residuales poco competentes incrementa la probabilidad de deslizamientos. Según el Ministerio de Ambiente (2022), entre 1990 y 2013 en Panamá se registraron 2,717 eventos de origen natural, de los cuales el 15 % correspondió a deslizamientos, mientras que las inundaciones representaron el 57 %.

**Figura 1.**

*Gráfica de pastel de Eventos registrados según tipo de desastres ocurridos 1990-2013.*



*Nota:* Figura del Plan Nacional de Respuesta SINAPROC. Periodo 1990-2013, **Fuente:** Gordón, 2014, elaborado a partir de los datos de DesInventar. ajuste realizado por el autor.

Información recopilada y consultada de proyectos viales, especialmente en áreas dentro y fuera de la ciudad capital, muestran que los muros de concreto han tenido un desempeño adecuado en zonas urbanas, mientras que los muros de gaviones han resultado útiles en tramos rurales de difícil acceso en el contexto internacional. La problemática se agrava en áreas periurbanas donde la expansión de la infraestructura vial coincide con suelos inestables. Los casos de fallas de muros en Panamá; demuestran que los factores más influyentes son la deficiente gestión del drenaje, mantenimiento rutinario, falta de control en las especificaciones de construcción y la omisión de estudios geotécnicos detallados, en algunos casos. Según el Ministerio de Obras Públicas de Panamá (2021), en su Manual de Revisión de Planos (p. 52) se hace referencia al Manual de Consideraciones Geotécnicas y Sísmicas elaborado por JICA/SIECA (2019, p. 166, Tabla 4.24). No obstante, la implementación de estos controles queda a criterio del ingeniero responsable de la obra y su mantenimiento durante la fase de operación, del estado o del promotor; lo cual en el tiempo deja de realizarse de manera adecuada. Por el otro lado, las proyecciones de cambio climático para Panamá indican un incremento en la intensidad de las lluvias, lo cual acentúa la necesidad de optar por soluciones resilientes que no solo garanticen estabilidad estructural, sino



que también reduzcan impactos ambientales y costos de mantenimiento a largo plazo. Por tal motivo, implementamos una matriz de evaluación que ayude a preseleccionar una estructura de contención. Conociendo parte de la información recopilada para este artículo procederemos a mostrar nuestro plan piloto y a realizar un comparativo entre dos opciones ampliamente utilizadas en Panamá. El muro de concreto reforzado y muro de gaviones.

### **Factores de evaluación de factibilidad**

La factibilidad de una estructura de contención no debe evaluarse únicamente desde el punto de vista técnico, sino también económico, ambiental y de mantenimiento. En este sentido, estudios como el de Cantilever and Gravity Retaining Walls (2017) destacan que los muros de concreto suelen implicar costos iniciales más altos, pero requieren menor mantenimiento, mientras que los muros de gaviones presentan costos iniciales menores y beneficios ambientales al emplear materiales locales, aunque su mantenimiento puede ser más frecuente. Asimismo, criterios como la integración paisajística, la resiliencia frente a eventos extremos y la sostenibilidad deben considerarse al seleccionar la tipología adecuada para el contexto panameño (Revista de la Construcción, 2021).

### **Metodología y propuesta**

La metodología adoptada en este estudio se fundamenta en un enfoque: cualitativo, mediante la revisión documental, y cuantitativo a través de plantilla o matriz de selección entre ambos sistemas. En la etapa documental, se consultaron tesis de grado, manuales técnicos y artículos publicados en revistas indexadas, lo que permitió establecer criterios comparativos entre las tipologías estudiadas como posibles opciones de retención de masas de suelos (Estudio comparativo de muros de contención, 2020; Muro Contención para reducir riesgo de masas, 2018). Posteriormente, se desarrolló un esquema de matriz de selección aplicado a secciones típicas de muros de concreto y muros de gaviones. En este sentido, se analizaron factores de seguridad, condiciones de diseño, destacando la sensibilidad a la variación del nivel freático para considerar aspectos locales en Panamá.

La propuesta se estructuró en cuatro fases básicas: (1) recopilación de información documental, (2) definición de parámetros de comparación (técnicos, económicos y ambientales), (3) aplicación

de condiciones de mantenimiento, y (4) síntesis de resultados para la elaboración de conclusiones aplicables al contexto panameño.

**Figura 2.**

*Plantilla de Selección de Estructura de contención de referencia de la manual técnico de la Federal Highway Administration.*



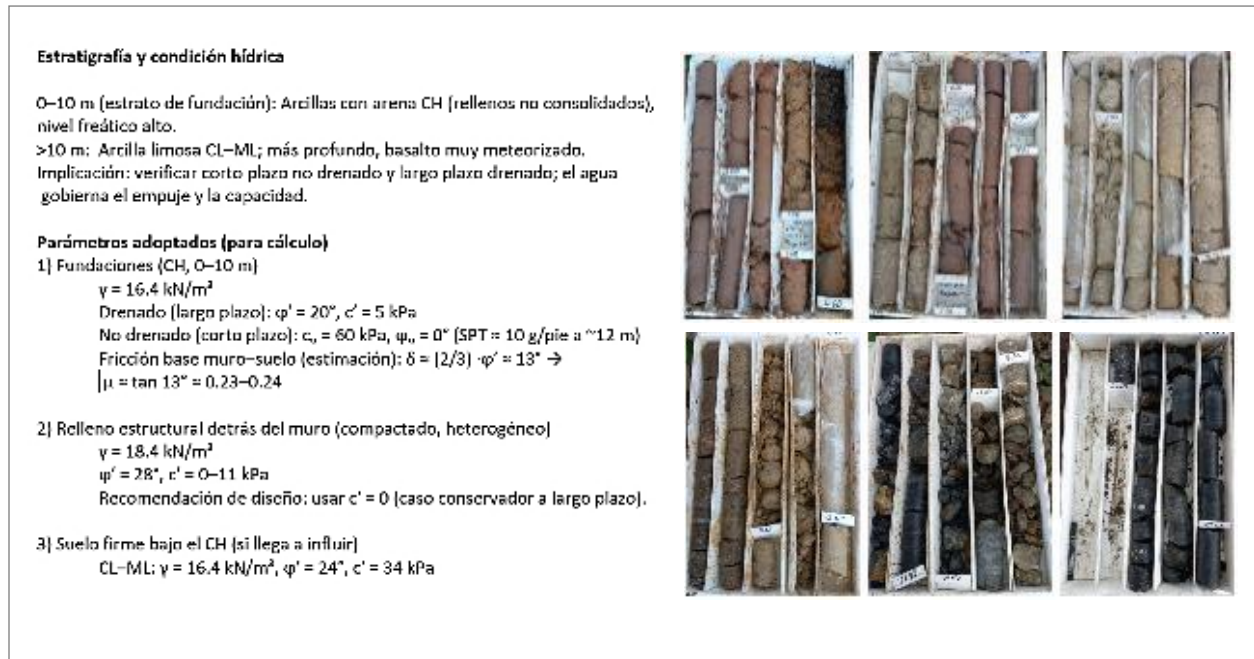
Factors That Affect Wall Selection ( Factores que afectan la selección de la estructura de Contención )										
Ground	Groundwater	Construction Considerations	Speed of Construction	ROW	Aesthetics	Environmental Concerns	Durability and Maintenance	Tradition	Contracting Practice	Cost
Desnivel de Terreno	Agua subterránea o Nivel Freático	Consideraciones de construcción	Velocidad de construcción	ROW	Estética	Preocupaciones ambientales	Durabilidad y mantenimiento	Tradición	Prácticas de contratación	Costo

**Fuente:** FHWA NHI-07-071 June 2008, Sección 10-4. Cuadro General.

Tomando de referencia la propuesta presentada por fases y utilizando una matriz de selección de la FHWA NHI-07-071, procederemos a revisar la información consultada y desarrollar un caso puntual en sector de panamá oeste, Arraiján 2019. Desarrollo de ingeniería de valor, con la propuesta piloto de selección. Desnivel de masa de tierra h = 4.00 – 5.50 m de altura, nivel freático alto. parámetros técnicos del caso, ver figura 3.

**Figura 3.**

*Parámetros Técnicos del Caso 2019 Arraiján Panamá Oeste*

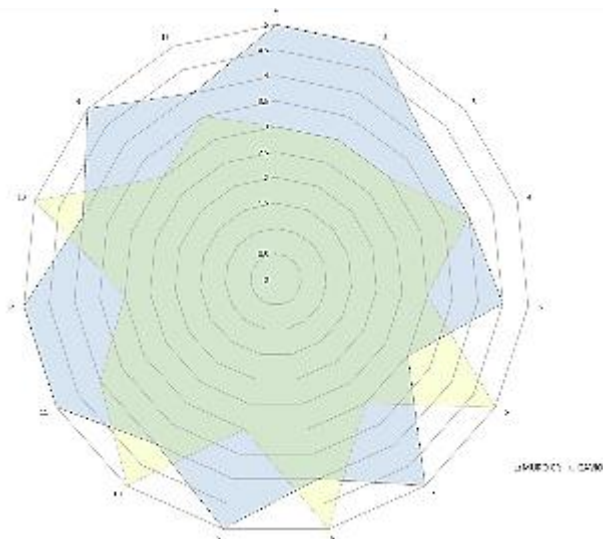


*Nota.* Fuente data representativa de muestra de estudio, **Fuente:** Ing. M. Barrelier, mayo 2019.

**Figura 4.**

*Ejemplo de plan piloto de selección, comparación de estructura de contención. Muro de Gavión vs Muro de concreto de canto libre Desnivel 4.0 -5.50 m.*

1. Estabilidad Estructural
2. Durabilidad
3. Mantenimiento
4. Adaptabilidad al Terreno
5. Resistencia a la Erosión
6. Costo Inicial
7. Costo a Largo Plazo
8. Facilidad de Construcción
9. Resistencia a Cargas
10. Estética
11. Flexibilidad en el Diseño
12. Respuesta sísmica
13. Impacto Ambiental
14. Comportamiento con el Agua
15. Requiere Fundaciones



Punto de Comparación	Ponderación	Muro de Contención de Concreto Reforzado	Solución de Gaviones
1. Estabilidad Estructural	21.00%	Alta estabilidad, especialmente en terrenos con alta plasticidad.	Menor estabilidad, puede requerir refuerzos adicionales.
2. Durabilidad	10.00%	Muy duradero, con vida útil de 50-100 años si se mantiene adecuadamente.	Vida útil más corta, especialmente en suelos altamente agresivos.
3. Mantenimiento	5.00%	Requiere poco mantenimiento.	Requiere mantenimiento frecuente, especialmente en suelos agresivos.
4. Adaptabilidad al Terreno	5.00%	Se adapta bien a diferentes tipos de terrenos y pendientes.	Más flexible, requiere terrenos más estables.
5. Resistencia a la Erosión	5.00%	Alta resistencia a la erosión, especialmente en suelos plásticos.	Menos resistencia, especialmente en condiciones de alta humedad.
6. Costo Inicial	12.00%	Mayor costo inicial debido a materiales y mano de obra.	Menor costo inicial debido a materiales más baratos.
7. Costo a Largo Plazo	7.50%	Menor costo a largo plazo debido a menor mantenimiento.	Mayor costo a largo plazo debido a mantenimiento frecuente.
8. Facilidad de Construcción	3.50%	Requiere equipo especializado y tiempo de construcción.	Relativamente fácil y rápido de construir con mano de obra local.
9. Resistencia a Cargas	9.00%	Mayor resistencia a cargas verticales y horizontales.	Menor capacidad de carga, especialmente en suelos inestables.
10. Estética	2.50%	Acabados más estéticos, dependiendo del diseño.	Menos estético, depende de la vegetación que crezca en los gaviones.
11. Flexibilidad en el Diseño	5.00%	Diseño más flexible, con opciones para incorporar drenaje o elementos decorativos.	Menos flexible, diseño más estándar.
12. Respuesta sísmica	5.00%	Buena respuesta sísmica, dependiendo del diseño y refuerzo.	Menor respuesta sísmica, podría ser insuficiente en áreas sísmicas.
13. Impacto Ambiental	1.50%	Bajo impacto ambiental si se gestionan adecuadamente los residuos.	Impacto ambiental moderado debido al uso de materiales como alambre y piedras.
14. Comportamiento con el Agua	4.00%	Excelente impermeabilidad, se puede incluir un sistema de drenaje adecuado.	Pueden colapsar si no están adecuadamente drenados, afectando su desempeño.
15. Requiere Fundaciones	4.00%	Requiere una base sólida, aunque se puede diseñar para suelo MH-CH.	Requiere una base sólida también, pero la estabilización podría ser más compleja.

*Nota.* Fuente data representativa de la propuesta a ejemplo aplicado en Arraiján.

## Discusión

El análisis ponderado utilizando la propuesta de Selección y usando la matriz de tactilidad indica lo siguientes aspectos. El muro de concreto reforzado es deal para suelos MH-CH por su durabilidad, estabilidad y capacidad para manejar cargas pesadas y condiciones difíciles, aunque es más costoso y requiere más tiempo de construcción. Por su parte los gaviones tienen un costo

inicial más bajo y son más fáciles de construir, no son tan eficaces en suelos altamente plásticos debido a su menor estabilidad y resistencia frente a la erosión, lo que puede resultar en un mayor mantenimiento a largo plazo. Por lo tanto, en suelos MH-CH, en nuestra ingeniería de valor se escogió el muro de contención de concreto reforzado. Fue la opción más recomendable, en costo –beneficio a largo plazo es una opción más duradera y rentable a 50 años que establecía el contrato.

## Conclusiones

La matriz de selección partiendo del esquema base por fases fue una herramienta adecuada para realizar la ponderación de ingeniería de valor entre los dos sistemas de contención en nuestro ejemplo específico. La matriz puede ser ponderada en función de las especificaciones y puntos relevante del contrato de la obra.

Los resultados del análisis evidencian que los muros de concreto reforzado ofrecen un mayor margen de seguridad estructural, especialmente en contextos urbanos donde las cargas sísmicas y vehiculares son más significativas. Estos muros presentan factores de seguridad superiores a 1.5 en la mayoría de los escenarios evaluados, siempre que se implementen sistemas de drenaje eficientes lo cual coinciden con lo expuesto en este artículo (Optimum Static Analysis of Retaining Wall, 2021). Por otro lado, los muros de gaviones mostraron un desempeño favorable en condiciones de alta pluviosidad, gracias a su drenaje natural. Sin embargo, los factores de seguridad resultaron más sensibles a la calidad del material de relleno y a la corrosión de las mallas metálicas. Estudios técnicos coinciden en que, para alturas superiores a 6 m, los muros de gaviones pierden competitividad frente al concreto reforzado (Design of Cantilever and Gabion Retaining Walls, 2019).

Desde el punto de vista económico, se verificó que los muros de gaviones son hasta un 30 % más económicos en la etapa inicial, principalmente por la simplicidad constructiva y el uso de materiales locales. No obstante, los costos de mantenimiento pueden incrementar significativamente a lo largo de la vida útil, en comparación con los muros de concreto, que requieren intervenciones mínimas si se diseñan adecuadamente (Muro de Gaviones, 2017).

En términos ambientales, los muros de gaviones ofrecen ventajas notables al permitir la infiltración de agua y la revegetación natural, generando una integración paisajística favorable. Por el contrario, los muros de concreto presentan una huella de carbono más elevada y menor



adaptabilidad estética, aunque son más duraderos en ambientes agresivos si se protegen adecuadamente con aditivos y recubrimientos (ACI 318-19, 2019).

### Referencias bibliográficas

- Allen, T.M. (2005). “Development of Geotechnical Resistance Factors and Downdrag Load Factors for LRFD Foundation Strength Limit State Design”, Federal Highway Administration, Report No. FHWA-NHI-05-052.
- Bowles, J. E. (1977). *Foundation Analysis and Design*. New York, McGraw-Hill Publication.
- Bowles, J. E. (1988). *Foundation Analysis and Design*, Fourth Edition. New York, McGraw Hill Book Company.
- Caquot, A., and Kerisel, F. (1948). “Tables for the calculation of passive pressures.” *Active Pressure and Bearing Capacity of Foundations*, Paris, France: Gauthier-Villars.
- Chaliawala, Y., Solanki, G., & Chandiwala, A. K. (2015). Comparative study of cantilever and counter fort retaining wall. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 2(12), 232–236. <https://ijaerd.org/index.php/IJAERD/article/view/5193>
- Chaliawala, Y., Solanki, G., & Chandiwala, A. K. (2015). Comparative study of cantilever and counter fort retaining wall. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 2(12), 232–236. <https://ijaerd.org/index.php/IJAERD/article/view/5193>
- Cheney, R.S. (1990). “Selection of retaining structures: The Owner’s Perspective.” Proc. of Conf. on Design and Performance of Earth Retaining Structures Geotechnical Special Publication No. 25, Cornell University, Ithaca, P. C. Lambe and L. A. Hansen, eds., ASCE, New York, NY, pp. 53-75.
- Clough, G. W., Smith, E. M., and Sweeney, B. P. (1989). “Movement Control of Excavation Support Systems by Iterative Design.” Proc., *Foundation Engineering: Current Principles and Practices*, Vol. 2. ASCE, pp. 869-884.

Dongo Torres, J. M., & Figueroa Quispe, G. C. (2020). *Análisis comparativo estructural – económico de muros de contención en voladizo vs muros de contención con contrafuerte, en el intercambio vial entre la Av. Avelino Cáceres y la Av. Daniel Alcides Carrión en el Distrito de José Luis Bustamante y Rivero – Provincia de Arequipa* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM.

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9889>

Habitissimo. (2024). ¿Cuánto cuesta construir un muro de gaviones? Recuperado de <https://www.habitissimo.es/presupuestos/construir-muro-de-gaviones>

Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura. (2022). Reglamento para el Diseño Estructural Panameño (REP-2021). Gaceta Oficial Digital, No. 29594-

A. [https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29594\\_A/83985.pdf](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29594_A/83985.pdf)

Manual de Consideraciones Geotécnicas y Sísmicas, con Enfoque de Gestión de Riesgo para la Infraestructura Vial Centroamericana. (2019). *Tema: Taludes*. Primera edición. El Salvador: MOPTVDU, SIECA y JICA. [487933011-Manual-de-Consideraciones-Geotecnicas-FINAL-pdf.pdf](https://www.mop.gob.pa/images/pdf/Otros/MrevPlanos.pdf)

Ministerio de Obras Públicas de Panamá. (2021). *Manual de requisitos para la revisión de planos* (3.ª ed., revisada 2019-2021). Panamá: Gaceta Oficial Digital.

<http://www.mop.gob.pa/images/pdf/Otros/MrevPlanos.pdf>

Panaweb. (2024). MURO DE GAVIÓN. Recuperado de <http://www.panaweb.com/muro-de-gavion>

Panaweb. (2025). Gavión con Cola: El Muro de Suelo Reforzado que Revoluciona la Contención. Recuperado de <http://www.panaweb.com/gavion-con-cola-el-muro-de-suelo-reforzado-que-revoluciona-la-contencion>

Putra, P. R., Oetomo, W., & Marleno, R. (2025). A comparative analysis of cantilever and gravity retaining wall dimensions on the Temuireng–Jetis road section in Mojokerto District. *Journal of Social Research*, 4(2), 209–216. <https://doi.org/10.55324/josr.v4i2.2425>



Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras. (2025). Recuperado de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/index>

Santana-Sornoza, H. R., & Lima-Guamán, P. R. (s. f.). *Propuesta de obra para el control de inundaciones en la cuenca baja del río Portoviejo, sector el Horcón - Ceibal, cantón Rocafuerte - Manabí – Ecuador*. Universidad Técnica de Manabí / Universidad Central del Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-2958-9977>

Sistema Nacional de Protección Civil. (s.f.). *Plan Nacional de Respuesta*. SINAPROC. Recuperado de <https://www.sinaproc.gob.pa/plan-nacional-de-respuesta/>

U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. (2008). *Earth retaining structures* (FHWA NHI-07-071, NHI Course No. 132036). National Highway Institute. P10-3. 1998.