

Transición hacia materiales sostenibles en mezclas asfálticas: reemplazo de la cal hidratada por carbonato de calcio de residuos acuícolas.

Wilder Rodriguez^a, Tania Torres^b

FILIACIONES

a. Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería e Inteligencia Artificial, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima 15026, Perú

b. Departamento de Ciencias e Ingeniería, Facultad de Ingeniería e Inteligencia Artificial, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima 15026, Perú.

CORREOS DE AUTORES

wilder.rodriguez@usil.pe

taniatorresa@usil.pe

CONTENIDO

La cal hidratada constituye el filler mineral más empleado en mezclas asfálticas por sus reconocidas ventajas en la adhesión árido-ligante, la reducción de la susceptibilidad a la humedad y la mejora del desempeño frente a altas temperaturas. Sin embargo, su comercialización en Perú se encuentra restringida debido a su clasificación como insumo controlado, lo que genera limitaciones técnicas y logísticas para la industria vial.

En respuesta a esta problemática, se ha desarrollado una línea de investigación orientada a identificar sustitutos de la cal hidratada a nivel de filler. En este marco, se realizaron estudios propios con carbonatos de calcio comerciales, comprobando que es posible reemplazar la cal sin comprometer las propiedades volumétricas de las mezclas. Dichos trabajos demostraron que las formulaciones modificadas mantuvieron niveles adecuados de resistencia a la humedad, presentaron menor deformación permanente en el ensayo de rueda de Hamburgo y alcanzaron valores satisfactorios de resistencia indirecta a la tracción frente a la fatiga. Estos resultados consolidan la viabilidad técnica de la sustitución y constituyen la base para explorar insumos de origen sostenible.

Dado que las conchas de abanico generadas como residuo acuícola contienen un alto porcentaje de carbonato de calcio, se han analizado como filler alternativo a nivel de mástico asfáltico (binder–filler). Las propiedades químicas y mineralógicas del material fueron caracterizadas mediante FTIR, XRD, SEM y TGA, confirmando su estabilidad térmica y su estructura calcítica comparable a la de la cal comercial. Actualmente se encuentran en proceso los ensayos de desempeño mecánico en mezclas bituminosas, que permitirán validar su comportamiento integral en condiciones de servicio.

En conjunto, la investigación demuestra que los subproductos marinos pueden transformarse en insumos viables y sostenibles, contribuyendo a la valorización de residuos acuícolas y a la reducción de la dependencia de un material regulado.



Wilder Rodriguez

Ingeniero Civil, Magíster en Ingeniería Civil con mención en Ingeniería Vial y Candidato a Doctor en Humanidades con mención en Cultura por la Universidad de Piura, además de Magíster en Administración Estratégica de Empresas (CENTRUM PUCP). Consultor de proyectos con amplia experiencia gerencial en infraestructura vial, miembro del Comité Técnico de Pavimentos Urbanos e investigador RENACYT. Docente de pregrado y posgrado en cursos de infraestructura vial e investigación científica. Su línea de investigación se centra en la economía circular aplicada a materiales y pavimentos sostenibles.

Tania Torres

Ingeniera Estadística e Informática, MBA en Administración Estratégica de Empresas (CENTRUM PUCP) y candidata a Doctor en Humanidades por la Universidad de Piura. Ejecutiva con más de 18 años de experiencia en planeamiento estratégico, costos, presupuestos y control de gestión en sectores como minería, retail y financiero. Certificada en Six Sigma Black Belt y ScrumMaster, consultora en proyectos de Business Intelligence y mejora de procesos. Investigadora RENACYT y docente de pregrado y posgrado en cursos de optimización de procesos, gestión de calidad, analítica aplicada de datos, estadística e investigación científica. Su línea de investigación se orienta a la economía circular, la excelencia operativa y el procesamiento estadístico de datos.

REFERENCIAS

- [1] Rodríguez, W., Ponce, S., Rivera, J., Torres, T., Sevillano, M., Meza, F., Albornoz, L., & Pocohuanca, I. (2026). Evaluating scallop shell waste as a sustainable mineral filler in asphalt mastics: a binder–filler scale study. *Innovative Infrastructure Solutions*, 11, 268. <https://doi.org/10.1007/s41062-026-02649-3>
- [2] Sevillano, M., Velasquez, G., Rodríguez, W., & Torres, T. (2025). *Mechanical and durability performance of asphalt mixtures with partial replacement of hydrated lime by calcium carbonate*. *Construction and Building Materials*, 495, 143693. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.143693>
- [3] Kumar, P., & Shukla, S. (2022). *Flexible pavement construction using different waste materials: a review*. *Materials Today: Proceedings*, 65, 1697–1703. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.713>
- [4] Yarahmadi, A. M., Shafabakhsh, G., & Asakereh, A. (2022). *Laboratory investigation of the effect of nano CaCO₃ on rutting and fatigue of stone mastic asphalt mixtures*. *Construction and Building Materials*, 317, 126127. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126127>
- [5] Haddadi, F., Ameri, M., Mirabimoghadam, M. H., & Amiri Hosseini, H. R. (2015). *Validation of a simplified method in viscoelastic continuum damage (VECD) model developed for flexural mode of loading*. *Construction and Building Materials*, 95, 892–897. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.184>
- [6] Tayfur, S., Ozen, H., & Aksoy, A. (2007). *Investigation of rutting performance of asphalt mixtures containing polymer modifiers*. *Construction and Building Materials*, 21(2), 328–337. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.08.014>
- [7] Krami, K., Benamara, A., Radouani, M., & Ettayeb, M. (2024). *Evaluation of water sensitivity and the impact of thermal cycles on asphalt mixtures with different aggregates and hydrated lime as additive: experimental study*. *Case Studies in Construction Materials*, 20, e03015. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03015>
- [8] Tian, Y., Sun, L., Li, H., Zhang, H., Harvey, J. T., Yang, B., Zhu, Y., Yu, B., & Fu, K. (2021). *Laboratory investigation on effects of solid waste filler on mechanical properties of porous asphalt mixture*. *Construction and Building Materials*, 279, 122436. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122436>
- [9] Azarian, M. H., & Sutapun, W. (2022). *Biogenic calcium carbonate derived from waste shells for advanced material applications: a review*. *Frontiers in Materials*, 9, 1024977. <https://doi.org/10.3389/fmats.2022.1024977>
- [10] Womer, S., Huynh, T., & John, S. (2023). *Hybridizations and reinforcements in mycelium composites: a review*. *Bioresource Technology Reports*, 22, 101456. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101456>
- [11] Geng, Y., Pan, S., Zhang, L., et al. (2022). *Phosphorus biogeochemistry regulated by carbonates in soil*. *Environmental Research*, 214, 113894. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113894>
- [12] Rotheron, R., & DeArmitt, C. (2017). *Fillers (Including fiber reinforcements)*. In *Brydson's Plastics Materials*. Elsevier, pp. 169–204.

- [13] Yadav, V. K., Yadav, K. K., Cabral-Pinto, M. M. S., et al. (2021). *The processing of calcium rich agricultural and industrial waste for recovery of calcium carbonate and calcium oxide and their application for environmental cleanup: a review*. Applied Sciences, 11, 4212. <https://doi.org/10.3390/app11094212>
- [14] Bamigboye, G. O., Nworgu, A. T., Odetoan, A. O., et al. (2021). *Sustainable use of seashells as binder in concrete production: prospect and challenges*. Journal of Building Engineering, 34, 101864. <https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101864>
- [15] Piras, S., Salathia, S., Guzzini, A., et al. (2024). *Biomimetic use of food-waste sources of calcium carbonate and phosphate for sustainable materials—a review*. Materials, 17, 843.
- [16] Basile, M. L., Triunfo, C., Gärtner, S., et al. (2024). *Stearate-coated biogenic calcium carbonate from waste seashells: a sustainable plastic filler*. ACS Omega, 9, 11232–11242. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c06186>
- [17] Francis, A. A. (2024). *Ecologic and economic motives for transforming calcium-based food wastes into sustainable value-added products: a review*. Environmental Science and Pollution Research, 32, 428–451. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35649-w>
- [18] Chen, Y., Xu, S., Tebaldi, G., & Romeo, E. (2022). *Role of mineral filler in asphalt mixture*. Road Materials and Pavement Design, 23, 247–286. <https://doi.org/10.1080/14680629.2020.1826351> [(doi.org in Bing)](<https://www.bing.com/search?q=https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1080%2F14680629.2020.1826351>)
- [19] Tiwari, N., Baldo, N., Satyam, N., & Miani, M. (2022). *Mechanical characterization of industrial waste materials as mineral fillers in asphalt mixes: integrated experimental and machine learning analysis*. Sustainability, 14, 5946. <https://doi.org/10.3390/su14105946>
- [20] Lei, B., Xiong, Q., Zhao, H., et al. (2023). *Performance of asphalt mortar with recycled concrete powder under different filler-to-asphalt weight ratios*. Case Studies in Construction Materials, 18, e01834. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e01834>
- [21] Patil, M. P., Lee, D. I., Hwang, U.-G., et al. (2023). *Application of oyster shells in the remediation of marine sediment*. Journal of Soils and Sediments. <https://doi.org/10.1007/s11368-023-03674-w>
- [22] Ruiz, G., Chávez, F., Santamaría, S., et al. (2020). *Laboratory evaluation of seashells used as fine aggregate in hot mix asphalt*. International Journal of Pavement Engineering, 21, 620–628. <https://doi.org/10.1080/10298436.2018.1502435>
- [23] Ruslan, H. N., Muthusamy, K., Syed Mohsin, S. M., et al. (2022). *Oyster shell waste as a concrete ingredient: a review*. Materials Today: Proceedings, 48, 713–719. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.208>
- [24] Elijah, I. O., Sunday, B., & Dorcas, D. S. B. (2009). *Uses of seashells for civil construction works in Coastal Bayelsa State, Nigeria: a waste management perspective*. Research Journal of Biological Sciences, 4, 1025–1031.
- [25] Richardson, A. E., & Fuller, T. (2013). *Sea shells used as partial aggregate replacement in concrete*. Structural Survey, 31, 347–354. <https://doi.org/10.1108/SS-12-2012-0041>

PALABRAS CLAVES	Carbonato de calcio	Conchas de abanico	Mezclas bituminosas	Economía circular
------------------------	---------------------	--------------------	---------------------	-------------------