

Capítulo 5

Ingeniería y cosmovisión: caral como modelo de ciudad resiliente

Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda, Claudine Glenda Benoit Ríos

Resumen

Este capítulo desarrolla un análisis crítico sobre la construcción de Caral, considerada la civilización más antigua de América (3000-1800 a. C.). El ensayo se sustenta en una revisión de alcance de literatura especializada, bajo un enfoque cualitativo, humanista e interpretativo, con un diseño narrativo de tópico. A partir de esta base, se argumenta que Caral constituye no solo un referente histórico y arqueológico, sino también un modelo temprano de resiliencia y sostenibilidad, cuya vigencia resulta clave frente a los actuales desafíos urbanos y ambientales. En esta línea, la experiencia ingenieril y urbana de esta cultura permite comprender cómo el conocimiento técnico se articuló con la cosmovisión y la organización social, configurando un sistema capaz de garantizar estabilidad en un entorno adverso. En conclusión, recuperar este legado resulta indispensable para repensar en el presente la relación entre ingeniería, naturaleza y sociedad, y abrir caminos hacia modelos de desarrollo más sostenibles.

Palabras clave:
Caral;
Ingeniería andina;
Urbanismo prehispánico;
Sostenibilidad;
Cultura preincaica.

Álvarez Sepúlveda, H. A., & Benoit Ríos, C. G. (2025). Ingeniería y cosmovisión: caral como modelo de ciudad resiliente. En F. J. Manjarrés Arias. (Coord.). *Convergencia de las Ingenierías: Enfoques Interdisciplinarios y Soluciones Innovadoras para los Retos Contemporáneos en Industria, Energía, Automatización y Producción (Volumen I)*. (pp. 104-117). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.362.c658>



Introducción

La ciudad sagrada de Caral, situada en el valle de Supe, al norte de Lima, constituye la expresión material más antigua de la civilización en el continente americano, con una cronología que se remonta al 3000 a. C. (Shady, 2005). Reconocida por la UNESCO en 2009 como Patrimonio Cultural de la Humanidad, este asentamiento no solo destaca por su monumentalidad arquitectónica, sino también por el complejo conocimiento técnico que permitió su construcción y mantenimiento en un entorno árido y sísmicamente activo (UNESCO, 2009). El estudio de Caral ha transformado la comprensión de los orígenes de la civilización andina, demostrando que sociedades tempranas lograron elevados niveles de organización política, económica y tecnológica sin depender de la cerámica, la escritura o la metalurgia (Haas et al., 2004; Ortloff, 2022).

La planificación urbana de Caral revela un orden social jerárquico sustentado en espacios rituales, administrativos y residenciales, lo que refleja un pensamiento ingenieril y arquitectónico que integraba funcionalidad, simbolismo y sostenibilidad (Williams, 2006; Guerrero et al., 2023). Las técnicas constructivas, como el uso de bolsas de fibra vegetal rellenas de piedras (shicras), muestran un ingenio antisísmico que anticipa soluciones actuales para enfrentar los desastres naturales. Asimismo, la gestión hidráulica permitió la explotación agrícola en un valle árido, asegurando la producción de excedentes y la cohesión de una sociedad compleja.

Surgen, entonces, varias preguntas fundamentales: ¿cómo logró esta sociedad construir un modelo urbano tan avanzado sin las tecnologías consideradas “clásicas” de otras civilizaciones? ¿Qué papel jugó la ingeniería en la consolidación del poder político y religioso? ¿Hasta qué punto la sostenibilidad y la resiliencia ambiental fueron conscientes y deliberadas en su diseño? Este ensayo tiene como propósito examinar estas interrogantes desde cuatro dimensiones fundamentales: la historia y redescubrimiento del sitio, que permitió

redefinir los orígenes de la civilización andina; la planificación urbana y organización social, que expresan un modelo de jerarquización política y religiosa; las técnicas constructivas e innovación antisísmica, que revelan un temprano conocimiento ingenieril adaptado a un entorno sísmico; y la gestión hidráulica vinculada a la sostenibilidad ambiental, que aseguró excedentes agrícolas y cohesión social. A través de este análisis, se busca comprender a Caral no solo como un referente arqueológico de gran valor patrimonial, sino también como un modelo de resiliencia y sostenibilidad cuyo legado puede inspirar reflexiones y soluciones frente a los actuales desafíos de urbanización y crisis ambiental.

Metodológicamente, el ensayo se fundamenta en una revisión de alcance de literatura especializada sobre la civilización Caral, a partir de fuentes disponibles en bases de datos como Scopus, Scielo, Web of Science, Google Académico y Google Libros. El estudio se inscribe en un enfoque cualitativo, interpretativo y de diseño narrativo de tópico, bajo un paradigma humanista e inductivo, lo que permite analizar de manera rigurosa cómo los saberes ingenieriles se articularon con la organización social y la cosmovisión religiosa. Este marco posibilita releer a Caral no solo como un centro arqueológico, sino también como un modelo temprano de resiliencia y sostenibilidad, ofreciendo claves para comprender los orígenes de la civilización en América y sus aportes a la evolución histórica de este continente.

Historia y descubrimiento de Caral

La ciudad sagrada de Caral permaneció oculta durante milenios bajo las arenas del valle de Supe hasta ser redescubierta en la segunda mitad del siglo XX. Si bien los primeros reportes arqueológicos de la zona datan de la década de 1940, fue recién en la década de 1990 cuando las investigaciones sistemáticas encabezadas por Ruth Shady (2005), permitieron dimensionar la magnitud y relevancia del sitio. En 1994, los trabajos de prospección y excavación confirmaron que Caral no correspondía a un asentamiento aislado, sino a un

extenso complejo urbano que se erigía como testimonio de una de las sociedades más antiguas de América.

El hallazgo resultó especialmente significativo porque desplazó hacia atrás los límites cronológicos de la civilización andina. Hasta ese momento se atribuía a Chavín (1200 a. C.) el rol de cultura matriz en la región, pero los fechados radiocarbónicos de Caral revelaron una antigüedad cercana a los 3000 a. C., mostrando que la complejidad urbana en el continente se había iniciado mucho antes. Este descubrimiento obligó a replantear la narrativa tradicional sobre los orígenes de la civilización en los Andes, situando a Caral en diálogo con centros primigenios del Viejo Mundo como Mesopotamia, Egipto o el valle del Indo (Shady & Leyva, 2003; Shady, 2005; Guerrero et al., 2023).

La importancia del hallazgo trascendió el ámbito arqueológico para adquirir dimensiones patrimoniales y políticas. En 2009, la UNESCO declaró a Caral bajo la categoría de Patrimonio Cultural de la Humanidad, subrayando su valor excepcional y universal como cuna de una civilización que se desarrolló de manera autónoma. Desde entonces, el sitio se ha convertido en referente tanto para la investigación científica como para la revalorización de los saberes ancestrales andinos, inspirando proyectos de preservación y difusión cultural en el Perú y a nivel internacional (Pezo et al., 2022).

En este sentido, el descubrimiento de Caral permitió visibilizar un pasado largamente silenciado y abrió un campo de estudio que continúa revelando la sofisticación de sus logros políticos, sociales y tecnológicos. Su recuperación histórica constituye, por lo tanto, un punto de inflexión en la comprensión de la evolución civilizatoria en América.

Planificación urbana y organización social

Caral fue concebida como un centro urbano con un trazado altamente planificado, donde la disposición de plazas circulares hundidas, pirámides escalonadas y conjuntos residenciales revela una clara intencionalidad arquitectónica y social (Shady & Leyva, 2003; Shady, 2005). La presencia de seis pirámides principales, distribuidas en torno a plazas públicas, evidencia un diseño que respondía a funciones políticas, religiosas y económicas, más allá de simples necesidades habitacionales (Williams, 2006). En este sentido, Caral representa un caso excepcional en la arqueología andina temprana, ya que combina monumentalidad con un esquema organizativo capaz de articular la vida social y espiritual de sus habitantes.

La planificación urbana no solo estructuraba el espacio físico, sino que también legitimaba el poder de las élites. Las pirámides y plazas actuaban como escenarios rituales que reforzaban la cohesión ideológica, mientras que las áreas residenciales se organizaban jerárquicamente en torno a los espacios ceremoniales, reflejando diferencias de estatus social (Haas et al., 2004; Ortloff, 2022). Así, la ingeniería urbana se convierte en un instrumento de poder: el control del espacio material equivalía al control simbólico y político de la población.

Algunos investigadores como Moseley (2001); Ortloff (2022) y Guerrero et al. (2023), sugieren que el urbanismo de Caral fue resultado de una visión integradora entre lo natural y lo cultural, donde la geografía del valle se incorporaba como parte del ordenamiento urbano. Esta relación dialógica entre entorno y arquitectura plantea interrogantes sobre la racionalidad que guiaba a los planificadores: ¿se trataba de un modelo consciente de sostenibilidad territorial? ¿En qué medida la planificación urbana buscaba prevenir conflictos y garantizar la cohesión social en una sociedad sin escritura ni ejércitos permanentes?

En este sentido, el urbanismo de Caral constituye no solo un logro técnico, sino también un reflejo de la complejidad social y cultural alcanzada por esta civilización. La disposición espacial del asentamiento evidencia un temprano ejercicio de ingeniería social, donde la arquitectura funcionaba como mediación entre el poder y la comunidad, asegurando orden, estabilidad y proyección hacia el futuro. Los espacios, cuidadosamente planificados, anticipan patrones de organización urbana que serían retomados, reelaborados y ampliados por sociedades andinas posteriores. De este modo, Caral se erige tanto en una de las primeras expresiones de urbanismo planificado en América como en un ejemplo de cómo la articulación entre naturaleza y cultura podía convertirse en pilar de sostenibilidad y resiliencia comunitaria.

Técnicas constructivas e innovación antisísmica

La cultura Caral desarrolló notables avances en ingeniería constructiva que permitieron edificar un complejo urbano monumental en una región sísmicamente activa. Una de las innovaciones más destacadas fue el uso del shicra, las cuales eran bolsas de fibra vegetal rellenas con piedras, que se colocaban en el interior de los muros y las plataformas como relleno flexible. Este sistema funcionaba como un amortiguador frente a los movimientos telúricos, distribuyendo la energía y reduciendo el riesgo de colapso estructural. La eficacia de esta técnica ha sido reconocida como un antecedente de soluciones actuales en la ingeniería antisísmica.

El empleo del shicra no se limitaba a una función práctica; también reflejaba un conocimiento empírico acumulado por generaciones, producto de la observación de fenómenos naturales. Este saber permitió a los constructores de Caral garantizar la estabilidad de pirámides escalonadas y plazas hundidas que han perdurado por más de cuatro milenios (Shady, 2005; Ortloff, 2022). Además, el uso de materiales locales como piedra, barro y fibras vegetales evidencia una estrategia de sostenibilidad que integraba disponibilidad de recursos

y funcionalidad técnica (Burger & Rosenswig, 2012; Guerrero et al., 2023).

La innovación antisísmica plantea preguntas clave: ¿hasta qué punto este conocimiento fue producto de una tradición oral transmitida dentro de comunidades de constructores? ¿Se trató de una innovación consciente orientada a la prevención de riesgos o de una práctica que emergió por ensayo y error? Estas interrogantes abren la posibilidad de comprender Caral como un centro religioso y político, y también como un laboratorio de soluciones ingenieriles adaptadas al entorno.

En suma, las técnicas constructivas de Caral muestran una relación estrecha entre conocimiento técnico, adaptación ambiental y proyección a largo plazo. La perdurabilidad de sus edificaciones confirma que la ingeniería sirvió para legitimar el poder político y religioso y asegurar la sostenibilidad material de la civilización. Este doble propósito —simbólico y práctico— constituye una de las claves de su vigencia: la arquitectura no solo edificaba templos y plazas, sino que también levantaba las bases de un sistema resiliente frente a los riesgos naturales. Así, Caral puede entenderse como un antecedente de lo que hoy llamaríamos ingeniería sostenible, donde la técnica no busca dominar el entorno, sino coexistir con él, garantizando tanto la estabilidad estructural como la continuidad social en un contexto de alta vulnerabilidad ambiental.

Gestión hidráulica y sostenibilidad ambiental

Uno de los pilares de la supervivencia y prosperidad de la cultura Caral fue el manejo eficiente del agua en un entorno caracterizado por la aridez y la variabilidad climática. La evidencia arqueológica muestra la construcción de canales de irrigación que distribuían el recurso hacia zonas de cultivo, permitiendo el desarrollo de una agricultura diversificada basada en productos como el algodón, el frijol, la calabaza y el ají (Haas et al., 2004; Shady, 2006; Pezo et

al., 2022). Este sistema hidráulico garantizó excedentes agrícolas que sostuvieron la compleja organización social y facilitaron el intercambio con comunidades de la costa y la sierra (Ortloff, 2022; Guerrero et al., 2023).

La ubicación estratégica de la ciudad en una terraza aluvial elevada evitaba la exposición directa a inundaciones estacionales, mientras que la fertilidad del valle de Supe era aprovechada mediante un uso planificado de los suelos (Williams, 2006; Yseki et al., 2023). Estos conocimientos reflejan un pensamiento ingenieril orientado a la sostenibilidad, donde la gestión de los recursos naturales estaba intrínsecamente vinculada a la estabilidad política y religiosa. Como señala Moseley (2001), las sociedades andinas tempranas desarrollaron una “economía de riesgo compartido”, en la cual la tecnología hidráulica garantizaba la subsistencia y cohesionaba a las comunidades mediante la cooperación en obras públicas.

La gestión del agua en Caral plantea varias preguntas: ¿podemos interpretar estas prácticas como una forma temprana de ingeniería ambiental? ¿Hasta qué punto estas estrategias de manejo de recursos pueden inspirar políticas actuales frente al cambio climático y la desertificación? La experiencia de Caral invita a reflexionar sobre la necesidad de modelos de desarrollo que integren conocimiento técnico, respeto por el entorno y organización social colaborativa.

En la línea prevista, el sistema hidráulico de Caral demuestra que el éxito de una civilización no dependía únicamente de la monumentalidad arquitectónica, sino de la capacidad de articular sostenibilidad ambiental con estructuras de poder y cohesión social. Este legado constituye una lección vigente para la gestión actual de recursos hídricos en contextos de creciente crisis climática. Al observar cómo una sociedad sin escritura ni ejércitos permanentes logró sostenerse gracias a la cooperación en torno al agua, se pone en evidencia que los modelos de desarrollo más estables no son necesariamente los más complejos tecnológicamente, sino aquellos que equilibran conocimiento técnico, ética comunitaria y respeto por

el entorno natural. La experiencia de Caral, en este sentido, anticipa debates actuales sobre justicia ambiental y gestión equitativa de recursos, y ofrece claves para repensar la gobernanza del agua en escenarios marcados por la escasez y el riesgo climático global.

Conclusión

La construcción de Caral constituye un hito fundacional en la historia de la ingeniería prehispánica y del urbanismo mundial. Sus innovaciones —planificación urbana jerárquica, técnicas antisísmicas mediante el uso del shicra y una gestión hidráulica eficiente— revelan un conocimiento científico y técnico que se gestó mucho antes de la consolidación de los grandes imperios andinos. En este sentido, Caral demuestra que la ciencia y la tecnología no fueron monopolio de Mesopotamia, Egipto o China, sino que también florecieron de manera autónoma en América, bajo formas adaptadas a sus contextos ambientales y culturales.

El legado de Caral también invita a cuestionar los relatos tradicionales que han invisibilizado los aportes de las sociedades precolombinas al patrimonio universal de la humanidad. El estudio de estas civilizaciones tempranas aporta al conocimiento histórico y amplía la comprensión de la diversidad de caminos que puede tomar la innovación tecnológica. Reconocer a Caral como un centro de saber ingenieril implica reconocer la existencia de epistemologías propias, en las que la técnica estuvo profundamente entrelazada con lo ritual, lo político y lo comunitario.

Asimismo, la experiencia de Caral plantea lecciones valiosas para los desafíos actuales. La resiliencia antisísmica de sus construcciones y la sostenibilidad de su gestión ambiental constituyen ejemplos de adaptación exitosa frente a entornos adversos. En un momento en que el cambio climático, la urbanización acelerada y la degradación de ecosistemas ponen en tensión la supervivencia global, mirar hacia Caral permite replantear la relación entre técnica y naturaleza.

En consecuencia, Caral no es solo un testimonio del pasado, sino un faro para el presente y el futuro. Estudiar su legado nos recuerda que la ingeniería y el urbanismo, cuando se conciben en armonía con el medio ambiente y con un sentido comunitario, pueden convertirse en herramientas poderosas para la construcción de sociedades más sostenibles, justas y resilientes.

En cuanto a las proyecciones de este ensayo, resulta fundamental seguir investigando cómo los conocimientos ingenieriles de Caral se transmitieron y transformaron en otras culturas andinas posteriores, y de qué manera estos saberes pueden dialogar con la ingeniería actual. El estudio de esta continuidad histórica permitiría comprender mejor los procesos de transferencia cultural y las formas en que el conocimiento ancestral se adaptó a nuevos contextos, conservando principios de sostenibilidad y resiliencia que siguen siendo relevantes en el presente.

Una primera línea de investigación se orienta hacia estudios comparativos entre Caral y otros centros urbanos tempranos del mundo, con el propósito de profundizar en las convergencias y singularidades de sus modelos constructivos. Este enfoque permitiría situar a Caral en un marco global, evidenciando cómo diferentes sociedades afrontaron desafíos comunes en torno a la gestión del espacio, los riesgos naturales y la organización social.

Un segundo eje apunta a investigaciones interdisciplinarias que integren arqueología, ingeniería y ciencias ambientales, con el fin de comprender de manera más integral las técnicas de sostenibilidad y resiliencia aplicadas en la ciudad. La combinación de métodos provenientes de distintos campos del saber no solo enriquecería la interpretación histórica, sino que también abriría posibilidades para vincular el pasado con problemáticas recientes.

Finalmente, una tercera proyección está relacionada con las aplicaciones contemporáneas de la ingeniería ancestral, explorando cómo el conocimiento de Caral puede inspirar soluciones en la

gestión del agua, el diseño urbano y la mitigación de riesgos sísmicos en el presente. En este sentido, la ciudad sagrada se convierte en un referente vivo que puede orientar políticas públicas y proyectos de innovación tecnológica orientados al desarrollo sostenible.

Referencia

- Burger, R., & Rosenswig, R., (2012). *Early New World monumentality*. University Press of Florida.
- Guerrero, M., Quito, C., Veliz, J., & Abanto, C. (2023). Aproximaciones al Horizonte Tardío en los valles de Supe y Huaura: Caral, Chimú Cápac y Acaray. *Arqueología y Sociedad*, (38), 155-181. <https://doi.org/10.15381/arqueolsoc.2023n38.e24899>
- Haas, J., Creamer, W., & Ruiz, A. (2004). Dating the Late Archaic occupation of the Norte Chico region in Peru. *Nature*, 432(7020), 1020-1023. <https://doi.org/10.1038/nature03146>
- Moseley, M., (2001). *The Incas and their ancestors: The archaeology of Peru*. Thames & Hudson.
- Ortloff, C., (2022). Caral, South America's Oldest City (2600-1600 BC): ENSO Environmental changes influencing the late archaic period site on the north central coast of Peru. *Water*, 14(9), 1403. <https://doi.org/10.3390/w14091403>
- Pezo, L., Machacuay, M., Novoa, P., Peralta, R., Mayer, E., Eggers, S., & Shady, R. (2022). The diet at the onset of the Andean Civilization: New stable isotope data from Caral and Áspero, North-Central Coast of Peru. *American Journal of Biological Anthropology*, 177(3), 402-424. <https://doi.org/10.1002/ajpa.24445>
- Shady, R., & Leyva, C., (2003). *La ciudad sagrada de Caral-Supe: Los orígenes de la civilización andina y la formación del Estado prístino en el antiguo*. Instituto Nacional de Cultura.
- Shady, R. (2005). Caral-Supe y su entorno natural y social en los orígenes de la civilización. *Investigaciones Sociales*, 9(14), 1-32.
- UNESCO (2009). Ciudad Sagrada de Caral-Supe. <https://whc.unesco.org/es/list/1269>
- Yseki, M., Pezo, L., Machacuay, M., Novoa, P., & Shady, R. (2023). Analysis of starch grains trapped in human dental calculus in Áspero, Peru during the Initial Formative Period (3000-1800 BCE). *Scientific Reports*, 13(1), 14143. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41015-6>
- Williams, C., (2006). *Arquitectura y urbanismo en el Perú antiguo*. Fondo General del Perú.

Engineering and worldview: Caral as a resilient city model

Engenharia e Cosmovisão: Caral como Modelo de Cidade Resiliente

Humberto Andrés Álvarez Sepúlveda

Universidad Católica de la Santísima Concepción | Concepción | Chile

<https://orcid.org/0000-0001-5729-3404>

halvarez@ucsc.cl

Académico de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (Chile). Doctor en Sociedad y Cultura por la Universidad de Barcelona (España). Autor de diversos capítulos de libros y artículos sobre educación histórica publicados en revistas científicas indexadas a WoS, Scopus y Scielo.

Claudine Glenda Benoit Ríos

Universidad Católica de la Santísima Concepción | Concepción | Chile

<https://orcid.org/0000-0002-1791-2212>

cbenoit@ucsc.cl

Académica del Departamento de Didáctica de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción (Chile). Doctora en Lingüística, por la Universidad de Concepción. Investigadora en didáctica de la comprensión y producción del lenguaje, y estrategias colaborativas durante el procesamiento.

Abstract

This chapter presents a critical analysis of the construction of Caral, considered the oldest civilization in the Americas (3000–1800 BC). The essay is based on a scoping review of specialized literature, using a qualitative, humanistic, and interpretive approach, with a topical narrative design. Based on this, it is argued that Caral constitutes not only a historical and archaeological reference point but also an early model of resilience and sustainability, whose relevance is key to current urban and environmental challenges. Along these lines, the engineering and urban experience of this culture allows us to understand how technical knowledge was articulated with worldview and social organization, shaping a system capable of guaranteeing stability in an adverse environment. In conclusion, recovering this legacy is essential to rethinking the relationship between engineering, nature, and society in the present and paving the way for more sustainable development models.

Keywords: Caral; Andean engineering; Pre-Hispanic urbanism; Sustainability; Pre-Inca culture.

Resumo

Este capítulo desenvolve uma análise crítica sobre a construção de Caral, considerada a civilização mais antiga da América (3000-1800 a.C.). O ensaio sustenta-se em uma revisão de escopo de literatura especializada, sob uma abordagem qualitativa, humanista e interpretativa, com um delineamento narrativo de tópico. A partir desta base, argumenta-se que Caral constitui não apenas uma referência histórica e arqueológica, mas também um modelo precoce de resiliência e sustentabilidade, cuja vigência é chave frente aos atuais desafios urbanos e ambientais. Nesta linha, a experiência de engenharia e urbana desta cultura permite compreender como o conhecimento técnico se articulou com a cosmovisão e a organização social, configurando um sistema capaz de garantir estabilidade em um ambiente adverso. Em conclusão, recuperar este legado é indispensável para

repensar, no presente, a relação entre engenharia, natureza e sociedade, e abrir caminhos para modelos de desenvolvimento mais sustentáveis.

Palavras-chave: Caral; Engenharia Andina; Urbanismo Pré-Hispânico; Sustentabilidade; Cultura Pré-Inca.