

Artículo de revisión

## Colapso del Space y ausencia de interventoría

The Collapse of the Space Building and the Absence of Supervision

**Néstor Rafael Perico-Granados<sup>1</sup>**

 <https://orcid.org/0000-0003-1768-793X>

**Deisy Yolanda Chávez-Ramírez<sup>2</sup>**

 <https://orcid.org/0009-0000-4229-9301>

**Danna Elizabeth Suárez-Beltrán<sup>3</sup>**

 <https://orcid.org/0009-0003-4828-6861>

**Evelyn Carolina Medina-Naranjo<sup>4</sup>**

 <https://orcid.org/0009-0001-2942-8516>

**Marly González-González<sup>5</sup>**

 <https://orcid.org/0009-0000-6763-7864>

Aceptado: 10/05/2024

Publicado: 31/05/2024

<sup>1,4</sup>Grupo MD, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia

<sup>2,3</sup>Grupo Betancí, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia

<sup>5</sup>Docente e Investigadora Independiente, Tunja, Colombia

E-mail: <sup>1</sup>nestor.perico@uniminuto.edu.co, <sup>2</sup>dchavezrami@uniminuto.edu.co,

<sup>3</sup>dsuarezbelt@uniminuto.edu.co, <sup>4</sup>evelyn.medina.na@uniminuto.edu.co,

<sup>5</sup>marly.gonzalez@usantoto.edu.co



## Resumen

En la investigación se establecieron posibles causas de las fallas presentadas en unas obras en Colombia en la segunda década del siglo XXI. Se propuso establecer la relación de estos problemas con la ausencia de interventoría, dado que su efectivo ejercicio favorece la calidad en diseños y proyectos de construcción. El procedimiento incluyó revisión documental con base en la legislación y en estudios de universidades reconocidas del país. Al respecto, el Space se construyó en Medellín - Colombia y el colapso de la torre 6, en el 2013, se produjo por fallas estructurales que ocasionaron pérdidas humanas, materiales y ambientales. Igualmente, se relacionan casos de construcciones con inconsistencias y posteriores afectaciones: Reficar, Puente Chirijara e Hidruitango. Entre los resultados se encontraron fallas en el diseño y cimentación estructural, aprobación de licencias de curaduría sin revisión externa del cumplimiento de requisitos técnicos. Igualmente, el diseño y ejecución del proyecto se hicieron sin cumplimiento de las normas sismo-resistentes como la Ley 400 de 1997. Se concluye que la interventoría es un proceso que minimiza pérdidas humanas y daños estructurales y ambientales. Por ende, el interventor de proyectos ejerce un rol fundamental en la estabilidad y aseguramiento de la calidad de la obra.

**Palabras clave:** construcción civil; diseño estructural; falla estructural; ingeniería civil; interventoría.

## Abstract

The investigation identified potential causes for the failures observed in several construction projects in Colombia during the second decade of the 21st century. The study aimed to establish a link between these issues and the lack of proper oversight, as effective supervision promotes quality in both design and construction phases. The methodology involved a comprehensive review of relevant legislation and academic studies conducted by esteemed Colombian universities. A notable example is the Space building in Medellín, Colombia, where the collapse of Tower 6 in 2013 resulted from structural failures, leading to significant human, material, and environmental damages. Similarly, other construction projects with inconsistencies and subsequent damages include Reficar, Puente Chirijara, and Hidruitango. The findings revealed deficiencies in structural design and foundation, as well as the approval of curatorial licenses without external verification of compliance with technical specifications. Furthermore, the project's design and execution disregarded earthquake-resistant regulations, including Law 400 of 1997. The study concludes that proper oversight acts as a preventive measure, minimizing human casualties, structural damage, and environmental harm. Hence, the project supervisor plays a crucial role in ensuring the stability and quality of the construction.

**Keywords:** structural engineering; structural design; structural failure; civil engineering; supervision.

## 1. Introducción

En la construcción de obras, existe responsabilidad desde los estudios previos y diseños hasta el mantenimiento de las mismas. Tanto la supervisión como la interventoría tienen tanta responsabilidad como quienes diseñan y construyen en aspectos técnicos, administrativos, financieros y ambientales de obras públicas o privadas. Las actividades de interventoría pueden ser ejercidas por personas naturales o jurídicas (Enterritorio, 2022). Estas acciones son vitales para la estabilidad financiera y la construcción de la obra durante su vida útil. Un factor esencial es la constitución legal de las firmas interventoras, ya que deben cumplir con las condiciones de conocimientos necesarias para la supervisión del contrato. Para la construcción, es fundamental conocer los estudios preliminares, de factibilidad y los diseños con especificaciones completas, los pliegos de condiciones y/o términos de referencia, con presupuestos actualizados, junto con los cronogramas. También es esencial revisar los riesgos potenciales en la construcción y establecer cuáles deben tener amparo por el constructor.

En este sentido, es apropiado contar con la presencia de interventoría desde los estudios de prefactibilidad, si corresponde. Se han detectado errores de interventoría debido a la ignorancia de acciones en estudios o ejecuciones previas, o por la ausencia del interventor, o porque quien ejecuta el contrato desconoce aspectos técnicos (Chamorro et al., 2022). En los contratos de obra pública, es esencial cumplir con el objeto del mismo y para ello es responsabilidad del contratista controlar su cumplimiento, mientras que el interventor debe ejercer el seguimiento correspondiente (Congreso de Colombia, 1993). Para esto, se delegan las funciones en la interventoría sobre este aspecto.

La investigación muestra dificultades en diseños y construcciones de obras que prestan servicios a comunidades que no contaron con interventoría o su ejercicio fue débil, y en algunos casos, las obras colapsaron. La catástrofe del Space motivó al Congreso a aprobar la Ley 1796 de 2016 para incrementar la estabilidad de los edificios y aumentar las responsabilidades de quienes están al frente de las curadurías. La norma exhorta a los ingenieros que diseñan estructuras, a quienes construyen a cumplir siempre con las normas sismo-resistentes y a los interventores para que las hagan cumplir (Congreso de Colombia, 2016).

El estudio elaborado proporciona elementos para entender que a veces algunos diseñadores y constructores se centran en aspectos técnicos, mientras que en otras ocasiones privilegian la rentabilidad del proyecto por encima de su aporte social y humano. En este contexto, Vera-Guarnizo et al. (2020a), Vera-Guarnizo et al. (2020b), Perico-Granados, Tuay-Sigua et al. (2022) y Perico-Granados, Garza-Puentes et al. (2022) expresan que los docentes tienen el deber de promover competencias disciplinares para la correcta ejecución de las obras de manera sustentable, priorizando la integridad de las personas, especialmente de los más frágiles e indefensos, como la población que migra por diferentes circunstancias. Una formación de alta calidad en ingeniería civil favorece la cualificación y el desarrollo de competencias para tomar decisiones técnicas, eficientes, económicamente viables y con principios de sostenibilidad ambiental (Valdes-Alonso, et al., 2023).

### 1.1. Acercamiento a interventoría

La interventoría implica el seguimiento técnico del cumplimiento contractual realizado por una persona natural o jurídica en nombre del Estado, con conocimiento especializado. Este

seguimiento puede abarcar aspectos administrativos, técnicos, financieros, contables y jurídicos (Universidad Industrial de Santander, 2008; Departamento Administrativo de la Función Pública, 2019). Su función incluye verificar y controlar la calidad de los materiales utilizados en la construcción, así como asegurar que los requisitos se ajusten a los parámetros establecidos. Además, el interventor evalúa la experiencia y formación de quienes lideran las obras, de acuerdo con lo estipulado en el contrato, supervisa el cumplimiento del cronograma y determina los correctivos necesarios basados en pruebas de laboratorio. En caso de incumplimiento, el interventor exige la reposición de materiales defectuosos o que no cumplan con las especificaciones, y debe detallar las especificaciones adicionales requeridas por el contratista (Rodríguez y Quintero, 2014).

La interventoría actúa en representación del propietario de la obra y debe estar presente y activa desde las etapas iniciales de análisis preliminares, estudios de factibilidad, diseños, memorias de cálculo, planos y durante la ejecución del contrato hasta su fase final. Aunque puede mediar entre el propietario y el contratista, nunca debe asesorar a este último, ya que su función principal es supervisar las actividades de construcción (Vallejo, 2007). Esta práctica está asociada a proyectos y se ha llevado a cabo en Colombia durante más de cincuenta años, tanto en obras públicas como privadas. Sin embargo, es esencial debatir sobre sus necesidades y aplicaciones para garantizar una mayor seguridad y estabilidad en las obras.

En el ámbito de la interventoría de proyectos, el interventor se encarga de revisar estudios, planos y diseños para asegurar el cumplimiento de las necesidades del propietario y la disponibilidad de recursos. Si se requiere una revisión adicional por parte de un especialista, el propietario es responsable de cubrir los costos. Además, es tarea del interventor verificar los antecedentes de la obra, revisar el cumplimiento de las pólizas de seguros y los diferentes contratos derivados de estas. En este contexto, Perico-Granados, et al. (2020), Forero et al. (2021) y Perico-Granados, Tovar-Torres et al. (2021) resaltan la utilidad del método de proyectos para la formación en estas competencias, que incluyen aspectos humanos y disciplinarios, así como principios y valores. De esta manera, los nuevos profesionales adquieren la claridad y la responsabilidad necesarias para cumplir adecuadamente sus compromisos como interventores, evitando problemas posteriores.

La interventoría de construcción abarca aspectos técnicos, como el seguimiento de las evidencias obtenidas en la toma de muestras y el monitoreo en laboratorios. Estos aspectos deben quedar registrados en la bitácora y, si es necesario, comunicarse al constructor y al propietario del proyecto. En caso de necesitar realizar modificaciones en la obra, es fundamental consultar al diseñador, quien debe dejar constancia por escrito de las nuevas especificaciones. Desde una perspectiva administrativa, el interventor revisa el cumplimiento del cronograma y aprueba el flujo financiero y la entrega de recursos. A pesar de ello, han surgido entidades que desempeñan funciones de asesoría e interventoría, lo que permite liberar a los funcionarios propietarios de obras de estas actividades. En la actualidad, con los desafíos del calentamiento global, es necesario formar profesionales para la sustentabilidad integral, considerando aspectos sociales, ambientales y económicos (Perico-Granados, Arévalo-Algarra et al., 2021; Orduz-Quijano, 2021; Perico-Granados, Tovar-Torres et al., 2022). Según García-Puentes et al. (2019), García-Puentes et al. (2022) y Puerto-Cristancho et al. (2023), la formación de los profesionales se desarrolla con mejores criterios técnicos y competencias humanas, utilizando el método de proyectos y con un mayor protagonismo de los estudiantes.

De esta manera, aprenden las labores de constructores e interventores a partir de la práctica real y establecen los criterios que los convertirán en excelentes profesionales.

## 1.2. Unas normas referentes a interventoría

La regulación concerniente a los interventores es insuficiente, y los profesionales actuales tienen la responsabilidad de investigar y asegurar la construcción de obras estables y con materiales de calidad. Entonces, es vital mejorar la formación de ingenieros con altos estándares éticos y una excelente preparación en las disciplinas pertinentes. Asimismo, es urgente revisar y clarificar los códigos, leyes y decretos para que la labor de los interventores sea más efectiva y rigurosa, con el fin de prevenir las catástrofes que han ocurrido. Las normas están principalmente enfocadas en la contratación pública y se detallan en el contrato como funciones del interventor. Este tiene la obligación de solicitar los documentos y la información necesaria para verificar todos los procesos de la obra. La firma interventora debe contar con práctica y experiencia acreditada. El responsable del proceso interventor debe poseer un título en ingeniería o arquitectura, con experiencia de más de 36 meses en actividades similares a las que realizará en la interventoría (Congreso de Colombia, 1993).

El interventor es considerado un consultor y se establece la prohibición de contratar con quien haya realizado los diseños, excepto en casos de proyectos muy complejos. Además, la interventoría es sujeta a procesos penales y/o civiles si no cumple adecuadamente con sus compromisos. No obstante, el constructor de la obra tiene sus propias responsabilidades (Presidencia de la República de Colombia, 1983). La normativa requiere que cuando la obra se contrate como resultado de un concurso público, el interventor debe ser contratado por una entidad externa a la entidad promotora. La interventoría sugiere por escrito los correctivos o instrucciones necesarias para garantizar una ejecución adecuada de la construcción (Congreso de Colombia, 1993).

En ningún caso se exonera al constructor de sus obligaciones, aunque el interventor realiza seguimientos a la obra desde el inicio hasta la fase de liquidación. Por lo tanto, se propone una mayor intervención del Gobierno en los procesos de estudios, diseños y construcción de edificaciones, de manera que a través de interventorías, los municipios exijan obras seguras que protejan la integridad de las personas. En este sentido, la investigación se centró en revisar los documentos para identificar las causas relevantes de las dificultades en diferentes proyectos, como la catástrofe del Space. Se buscó identificar fallos en los cimientos, el pilotaje y las estructuras, así como revisar las deficiencias en su construcción. Se analiza si la presencia de un interventor experimentado y bien formado podría haber evitado las consecuencias.

## 1.3. Acercamiento a los hechos

En la construcción de edificaciones de origen privado en Colombia, no se requiere la presencia de un interventor como requisito obligatorio. Sin embargo, es probable que si se hubiera contado con interventores en algunas obras, se habrían evitado varias catástrofes. Por ejemplo, el 12 de octubre de 2013, colapsó la torre 6 del edificio Space, donde fallecieron 12 personas, lo que impulsó la promulgación de la Ley 1796 de 2016 (González et al., 2019). En la investigación que desarrolló la Universidad de los Andes de Colombia (2014) encontró fallas en los diseños y la construcción de la cimentación del edificio. Además, se identificaron

asentamientos diferenciales que, sumados a otras deficiencias observadas, provocaron el colapso del edificio.

Los problemas comenzaron desde la fase inicial de construcción, como lo plantea la Universidad de los Andes (2014), cuando las losas de varios pisos se nivelaron con mortero de un espesor significativo, lo que añadió mucho peso a la estructura. Posteriormente, se demolieron las cinco torres para evitar mayores riesgos, lo que generó problemas económicos a quienes habían comprado los apartamentos. Más de doscientas personas quedaron sin hogar, y en 2020, más de veinte aún no habían recibido una respuesta satisfactoria sobre su inversión en la edificación (Romero-Escudero, 2019). Según Vallejo (2007), si el constructor no sigue las sugerencias de la interventoría, pueden surgir errores con la inversión. En este sentido, con una firma interventora, es posible que se hubieran identificado los errores en los diseños, y otro interventor durante la construcción habría hecho lo mismo. En conjunto, podrían haber contribuido a evitar la catástrofe.

Por tanto, la investigación tuvo como objetivo establecer las posibles causas de la catástrofe en el edificio Space y en otras edificaciones en Colombia. Se reflexionó sobre la importancia de la interventoría en las obras como medida de mitigación de riesgos y aseguramiento de la calidad en proyectos de construcción.

## 2. Metodología

Se realizó una revisión exhaustiva de diversas edificaciones en Colombia que experimentaron dificultades de diseño y/o construcción desde alrededor del año 2005 en adelante y que recibieron amplia cobertura mediática. Ellas se describen con cierto grado de detalle en este procedimiento y que han permitido observar su relación con la falta y/o ausencia de interventoría en unas de ellas. Su análisis y discusión permite observar aspectos interesantes que se deben observar en las nuevas construcciones para evitar nuevas catástrofes por estos motivos. Estos aspectos se fundamentaron en estudios detallados realizados por expertos, quienes llevaron a cabo revisiones para determinar las características de los pilotes, incluyendo columnas cajón a profundidades que permitieron observar las dimensiones reales de la cimentación (Uniandes, 2014).

En este sentido, se llevó a cabo una revisión bibliográfica relacionada con estas construcciones, como el caso de la catástrofe del Space, en universidades y trabajos de grado, y se analizó la investigación realizada por Uniandes (2014). Específicamente, se examinaron las fallas constructivas, con análisis detallados sobre las más significativas en diseño y construcción, centrándose en una pila de cimentación y diferentes columnas. Además, se profundizó en el concepto de interventoría según las normas colombianas, tanto del sector público como del privado (principalmente la Ley 80 y decretos), y se destacó su importancia en la seguridad de las obras. Se observó que se presentaron inconsistencias durante su aplicación en el proceso de diseño y ejecución. En el diseño, se planifica el desarrollo de la obra y se calculan las cargas vivas y muertas que la edificación recibirá, considerando su mayoración (Benítez, 2021).

## 3. Resultados y Discusión

Unos casos con débil interventoría o sin ella

### 3.1. Caso Reficar

Reficar refina el petróleo que le llega a su planta y una de sus acciones es firmar contratos para el cumplimiento de sus actividades. Hasta el año 2010, firmó contratos con una empresa subsidiaria de Ecopetrol para ampliar su planta (Valencia et al., 2021). Cuando apenas se había completado el 20 % de los diseños y las especificaciones de detalle, se amplió el plazo para entregar la obra final. Parece que fue un error de Reficar y de la entidad interventora permitir la firma de un contrato en estas condiciones, ya que había mucha incertidumbre y esto podía aumentar los costos y los tiempos de ejecución, como de hecho sucedió. CB&I tenía un contrato "llave en mano" que lo obligaba a finalizar la obra, desde los estudios y diseños hasta la construcción, lo que permitió realizar los diseños de ingeniería de detalle al mismo tiempo que se llevaba a cabo la construcción del proyecto.

Sin embargo, los diseños se completaron en el año 2013, cuando se esperaba la conclusión de la obra final (Valencia et al., 2021). En este sentido, Ruiz-López (2015) expresa que el hecho de que quien elabora los diseños también esté a cargo de la construcción aumenta la probabilidad de cometer errores. Según la Contraloría General de la República (2015), el costo de la construcción aumentó en más del 100 %, pasando de 3993 millones de USD a 8016 millones de USD. Finalmente, el proyecto fue entregado en febrero de 2016. La refinería demandó al contratista por cerca de 3000 millones de USD por no haber entregado los planos a tiempo y por las diferencias importantes en las cantidades de obra y los costos. Estos son errores que pueden ocurrir en contratos "llave en mano", aspecto que se podría haber resuelto con estudios previos, diseños completos y revisados por un interventor antes de firmar el contrato de construcción.

Además, según la Contraloría General de la República (2014), Reficar contrató a una firma consultora de Estados Unidos para gestionar, supervisar y controlar la ingeniería de detalle. Sin embargo, la firma priorizó la revisión de las facturas del contratista y descuidó sus otras responsabilidades. Lamentablemente, parece que hubo falta de supervisión por parte de la interventoría, especialmente en la parte técnica, y su enfoque estuvo más en tareas administrativas. En este sentido, el constructor y el interventor tienen responsabilidades similares en cuanto a la calidad de las obras.

Según Enterritorio (2022), las actividades del interventor son diferentes de las de la supervisión. La firma FPJVC afirmó que cumplió con sus compromisos técnicos hasta el inicio de la obra. Sin embargo, la contraloría señala que en el contrato se establece que la garantía está prevista para todas las etapas, tanto en la parte técnica como en la administrativa. Por lo tanto, la supervisión no se estableció desde el inicio del contrato, sino en una fecha posterior (Contraloría de la República, 2014). En este sentido, siempre es necesario que el interventor esté presente desde el principio de una obra, incluso desde los estudios preliminares.

Entonces, es esencial que la interventoría se contrate en todas las etapas del proyecto. Para Chamorro et al. (2022), es esencial que la interventoría se contrate en todas las etapas del proyecto. Según Chamorro et al. (2022), la interventoría es fundamental en la planificación del proyecto, ya que determina el alcance de la obra, el cronograma, el presupuesto, la reserva presupuestal y los requisitos de calidad en materiales y técnicas. Quien ejerce la interventoría actúa en representación del dueño de la obra para garantizar el cumplimiento de lo establecido en la estructura contractual y en las normas legales. Esto es especialmente importante en este tipo de contrato, dado que quien diseña también ejecuta la obra.

### 3.2. Puente Chirajara

Desde la ciudad de Bogotá hasta la capital del departamento del Meta (Villavicencio), se llevó a cabo la ampliación a doble calzada de la carretera, incluyendo obras necesarias como túneles y viaductos. Entre ellas, se inició la construcción del puente Chirajara, el cual colapsó durante su ejecución, causando la muerte de varias personas. En respuesta, se abrió un proceso penal por parte de la entidad competente para determinar las causas del colapso.

Durante las investigaciones se observaron errores desde el inicio de la obra, como pliegos con dificultades en su redacción, copias de proyectos sin corregir y problemas en la elaboración de presupuestos. Para la revista Semana (2018), había intereses políticos para inaugurar la obra, lo cual complicó la situación. El ente investigador centró sus esfuerzos en revisar los diseños y la construcción. Tanto la firma constructora, Coviandes, como la firma diseñadora se culparon mutuamente por el colapso del puente, lo que llevó a contratar firmas internacionales para investigar los aspectos que causaron el desplome de la estructura (Fiscalía General de la Nación, 2018; 2019).

Según la Contraloría General de la República (2020), hubo dificultades de tiempo en la elaboración de los diseños, compromiso que tenía Coviandes para la construcción del nuevo puente, y el interventor no había aprobado los nuevos diseños. La Contraloría señala la discrepancia de criterios y, al respecto, la interventoría solicitó aplicar la normatividad sobre diseño de puentes LFRD CCP-14 de 2014, ya que en los pliegos ni en el contrato se especificó qué norma se debía seguir. En este sentido, Coviandes utilizó el Código de Puentes del año 1995. Es posible que un interventor diligente hubiera podido verificar las normas a seguir y establecer criterios claros para los diferentes procesos. Según la Procuraduría General de la Nación (2010), es conveniente que las normas y especificaciones se revisen por los diferentes actores, como la interventoría, la cual debe cumplir sus funciones para evitar la aprobación de diseños con normas obsoletas.

### 3.3. Caso Hidroituango

El proyecto Hidroituango es una hidroeléctrica construida sobre el río Cauca en Colombia, al norte del departamento de Antioquia. La hidroeléctrica utiliza cerca de 1000 m<sup>3</sup>/s y consta de una presa respaldada por rocas, con núcleo de arcilla, una altura de 225 m y una capacidad de 20 millones de metros cúbicos. Además, cuenta con estructuras para la conducción y un aliviadero para descargar avenidas, así como instalaciones incrustadas en el batolito antioqueño para la generación, con ocho turbinas y una capacidad total de 2400 MW (Torres, Caballero y Awal, 2014). Originalmente, se proyectó que la obra sería entregada al sistema de interconexión entre los años 2018 y 2038. Sin embargo, debido a la decisión de construir un tercer túnel para desviar el agua y las fallas asociadas a esta construcción, se aceleró el proceso para completar la presa y evitar posibles desbordamientos. Dadas las circunstancias del terreno y la falta de estudios detallados de los sitios que atravesaría el túnel, este proceso podría representar un riesgo, por lo que se aumentó el ritmo de trabajo en la presa (Cuadros et al., 2021).

El interventor señala que este túnel se comenzó a construir sin los documentos legales adecuados, como la licencia, ya que esta se entregó en 2016 y la construcción del túnel comenzó en 2014. La Contraloría General de la República (2018) destaca la contradicción entre la empresa contratante y la interventoría. EPM afirma que la interventoría avaló el proceso de

la nueva obra, lo que sugiere un desorden y una falta de veracidad por parte de una de las dos entidades. Sin embargo, la Contraloría señala que no hubo acuerdo con el interventor porque incumplieron lo establecido en la Ley 1474. Además, el órgano de control critica a la Agencia Nacional para las Licencias Ambientales (ANLA) por omitir procesos investigativos para dar luz verde a la obra, ignorando los posibles riesgos económicos, sociales y ambientales, y la califica de incompetente. También expresa que los diseños realizados por empresas públicas de Medellín no cumplían con los requisitos de calidad, lo que sugiere que se podrían haber hecho diseños mejores para la obra.

La interventoría tiene responsabilidades esenciales en las obras para garantizar el cumplimiento de las normas y los contratos, lo que asegura la integridad de las personas y la estabilidad de las obras. Debe revisar los estudios de factibilidad y los diseños, así como supervisar la construcción para garantizar el cumplimiento de las leyes y los códigos. Es recomendable que los ingenieros que construyen sean diferentes de los que realizan los estudios y los diseños, lo mismo que los interventores, para garantizar criterios y perspectivas diferentes. Por lo tanto, es necesario una mayor intervención del gobierno para que los municipios designen interventores para todo tipo de obras, con experiencia y una sólida formación técnica y humana, incluso en edificaciones privadas.

### 3.4. El colapso del Space

La edificación se diseñó conforme al código sismo-resistente del año 98, utilizando concreto reforzado, pórticos y especificaciones de resistencia de 21 Mpa para elementos estructurales y 32 Mpa para las columnas (Yamit et al., 2018, como lo cita Benítez, 2021). La cimentación se realizó con vigas de 40 cm por 40 cm, y con pilotes fabricados en el sitio con un radio de 60 cm, que terminarían en una campana de 150 cm de radio, de concreto reforzado, a una profundidad de 4,0 m (Benítez, 2021). En la etapa final se llevó a cabo la fundación con concreto ciclópeo. Al respecto, no queda clara la decisión de emplear este tipo de concreto en la cimentación de la edificación, que requería soportar altos esfuerzos. Sin embargo, se insiste en que con la intervención de un interventor experto se habría solicitado tomar decisiones diferentes, lo que podría haber alterado el curso de los eventos.

En cuanto a la aprobación de planos, diseños y memorias de cálculo, entre 2006 y 2007, la curadora urbana segunda de Medellín aprobó la licencia de urbanización y construcción del proyecto. El siguiente curador expidió las resoluciones para aprobar las licencias y las modificaciones de las primeras fases en la obra. Se necesitó contratar un revisor de los planos estructurales y de las memorias porque la curaduría no contaba con la persona con esas competencias, y quien debía llevar a cabo el proceso era aquel que solicitaba la licencia (Tribunal Superior de Medellín, 2017). Se contrató a Edgar Ardila para estas funciones y para revisar el cumplimiento de las normas pertinentes de los diseños propuestos por Jorge Aristizábal (Coral et al., 2019).

En este sentido, el curador no revisó la relación laboral que existía entre el revisor estructural y quien hizo los diseños (Procuraduría General de la Nación, 2017). Un resultado fue que se incumplieron las normas sismo-resistentes para proteger a las personas y al patrimonio, tal como lo encontró la Procuraduría y la comisión de expertos de la Universidad de los Andes (2014). Estas entidades observaron que no se cumplieron en el diseño la cantidad y las especificaciones de los refuerzos, así como las dimensiones de varias estructuras. Por lo

tanto, el Estado incumplió las normas de protección, que tienen la función de vigilar y controlar la construcción de viviendas. En este sentido, era pertinente anotar en las actas y oficiar a las entidades de control (Arango et al., 2016).

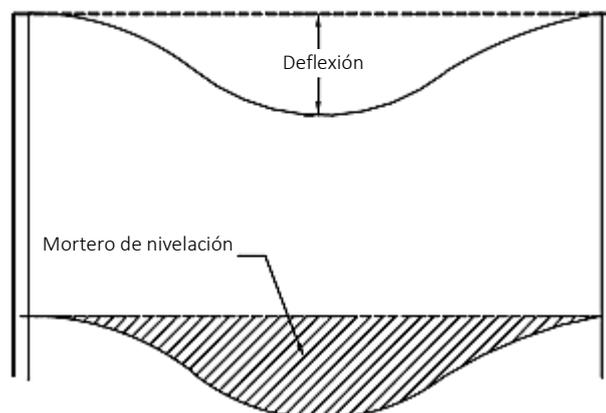
En cuanto a las grietas y fisuras en las losas 4 y 5, en el análisis de las posibles causas probables de la catástrofe del Space, se encontró una deflexión en mayo de 2012 en la losa 4, acompañada de fisuras y agrietamientos. En agosto se observó una nueva grieta en la columna T5 y se notó una mayor deflexión en la losa 4. En la semana posterior aparecieron agrietamientos en los muros entre las columnas R y S, ubicadas en el eje 3. El problema se intensificó en la losa 4 y se observó una falla similar en la losa 3 (Uniandes, 2014).

Las deflexiones en las losas pueden originarse por el sometimiento a cargas de forma rápida, sin esperar el curado del concreto para obtener su valor de diseño (Ramos-Rugel, 2002). En el informe de la universidad no se registraron acciones de interventoría, ya que esta no existía, ni tampoco de seguimiento por parte de la curaduría, la planeación municipal o cualquier otra entidad. El Space tenía losas con secciones que variaban en ambas direcciones, y a partir de las deflexiones, el constructor aumentó el espesor de las losas de seis a diez centímetros en la parte central y las dejó en 30 centímetros en el perímetro (Benítez, 2021). No hay evidencia de si esta decisión contó con la aprobación del diseñador y la curaduría.

Al respecto, no hubo participación de interventoría en la obra para hacer cumplir normas como sismo-resistentes. Ingenieros experimentados externos podrían haber propuesto soluciones sobre el espesor de la losa, dada la carga adicional. Entonces, la edificación no fue capaz de resistir su propia carga. En este sentido, cuando existen deflexiones en las losas de 0,08 metros con cargas no estructurales, estas deberían ser de 0,017 metros, mientras que las observadas en la edificación estaban en alrededor de 0,20 metros. Para resolver el problema, la constructora niveló los pisos con mortero, lo que incrementó las cargas muertas, provocó más deflexiones y aumentó los esfuerzos en columnas y cimentación (Benitez, 2021). En la Figura 1 se muestra el relleno con mortero de nivelación.

**Figura 1**

*Relleno de mortero de nivelación en losas*



*Nota.* Tomado de Benítez (2021).

La falla en la columna S3 se manifestó inicialmente con fisuras y grietas por asentamientos diferenciales en enero de 2013, observadas en los muros y enchapes de duchas en los ejes R, S y T. En febrero, parte del concreto se desprendió de la arista superior de la

columna R3 en el piso 5 (Uniandes, 2014). Los asentamientos en la torre 6 se notaron cuando la columna R3 se elevó 50 mm más que la S3, lo que resultó en asentamientos diferenciales. Esto provocó un aumento en las cargas sobre esta columna, lo que generó su colapso debido a esfuerzos de compresión. Como resultado, se produjo una redistribución de las cargas, con acciones críticas en las columnas R5 y S5 (Uniandes, 2014). La Figura 2 muestra algunas de las fallas en las columnas y flejes.

**Figura 2**

*Fallo de columnas*



*Nota.* Tomado de Uniandes (2014).

La catástrofe ocurrió porque las columnas no pudieron soportar los esfuerzos a los que fueron sometidas. Además, la capacidad de las columnas fue del 40 % de la prevista en el código sismo-resistente del año 10. Además, el aumento de peso debido al mortero en las losas para la nivelación y consolidación del terreno en la pila R3 provocó el fallo de la columna (Yamin et al., 2018). La incapacidad de las columnas está relacionada con subdimensiones y detalles de refuerzo. En la figura 2, las columnas se observan con flejes de menor dimensión y con menor espaciamiento según la NSR-10. Entonces, se evidencia que las columnas incumplieron la norma sismo-resistente en su diseño.

Es posible que si el propietario del proyecto hubiera contratado a un interventor para revisar los estudios previos y el cumplimiento de las normas en las memorias de cálculo y los diseños, y otro interventor diferente para el seguimiento de la construcción, probablemente se habrían evitado las consecuencias trágicas que ocurrieron. De acuerdo con Jacoski y Saugo (2019), en proyectos como Space, los sistemas de monitoreo estructural con sensores pueden ayudar a prevenir riesgos y daños estructurales, asegurando la seguridad y confiabilidad de la construcción. Con esta tecnología, se pueden identificar deterioros o daños como grietas, desplazamientos o cambios en la respuesta estructural a las cargas.

Se produjo una falla estructural en la cimentación. Arango et al. (2016) indican que Vieco realizó el estudio de suelos, encontrando suelos residuales maduros con una preconsolidación superficial y un nivel freático cercano a los 11 metros debajo de la cota natural. Se propuso una cimentación con pilotes de 15 a 18 metros desde la excavación, a 1706,5 msnm, con base campana y un diámetro de tres metros, esperando contacto con el estrato tres del suelo, compuesto por estructuras de arenas y limos (Arango et al., 2016). Sin

embargo, Benítez (2021) menciona que el diámetro de la pila es menor que la mayor dimensión de la columna, lo que podría afectar las reacciones ante diferentes fuerzas y sismos.

En este contexto, el código sismo-resistente del año 10 no recomienda construir campanas bajo aguas o lodos en pilotes diseñados de esta manera. El responsable de los estudios de suelos en agosto de 2013 informó a la directora del Space que la base de la pila R3 se construyó con un diámetro de dos metros en lugar de los tres metros previstos en el diseño. Estos aspectos se llevaron a cabo sin consulta previa al responsable del estudio de suelos y se construyeron en condiciones diferentes a las especificadas en los diseños. Igualmente, Vieco sugirió una profundidad de 21 m para la pila R3, pero se construyó con 16,3 m (Ortiz, 2013).

La directora del proyecto menciona que hubo una falta de interacción con el responsable del estudio de suelos para revisar estos aspectos. Para ella, la pila R3 enfrentó dificultades similares a otras obras similares, por lo que se construyó dentro del rango del estudio de suelos. En cambio, para las pilas vecinas se consultó al diseñador, como en el caso de la S3, donde se profundizó hasta veinticinco metros debido a la capacidad portante (Ortiz, 2013). Según la investigación de la Universidad de los Andes (2014), la inspección con un cajón de cimentación exploratorio adyacente a la pila R3 reveló que se construyó con menos altura de la prevista en las memorias de cálculo y los planos de diseño, y sin ensanchamiento de campana. Al respecto, como plantea Yildizlar et al. (2018) la elaboración de estudios estructurales contribuye a determinar niveles de seguridad al utilizar parámetros mínimos y confiables, lo que permite tomar decisiones con mejores resultados. Sin embargo, en el caso del Space, se evidenciaron falencias en la construcción y una ausencia de interventoría.

Entonces, se cometieron errores en los diseños y la construcción de la edificación, aspectos que deben prevenirse y controlarse con buenos constructores e interventores. Los participantes en el diseño, construcción y uso de una edificación son responsables de las afectaciones posteriores. Por lo tanto, es adecuada la participación y aprobación del ingeniero e interventor desde el inicio del proyecto (Pérez-Gavilán et al., 2018).

Por otro lado, según Puerto-Cristancho et al. (2022), se pueden disminuir las cargas con el uso de ladrillos plásticos con excelentes condiciones de resistencia. Sin embargo, en el caso de Space, existieron fallas en varios procesos, con errores y afectaciones que resultaron en pérdidas humanas, económicas, ambientales y sociales. Con buenos interventores se habrían podido revisar las memorias de cálculo y los planos para verificar que se elaboraran conforme a las normas, y con constructores supervisados por interventores, es altamente probable que se hubieran evitado las pérdidas humanas y materiales. Igualmente, es indispensable que quienes actúan como curadores urbanos ejerzan sus funciones con total responsabilidad y dentro de los parámetros éticos.

## 4. Conclusiones

El asentamiento en las pilas R3 y S5, con variación entre los pilares R3, S3 y S5, generaron esfuerzos adicionales en las columnas. Además, la baja comunicación entre quienes estaban a cargo de la construcción y el responsable de los estudios de suelos afectó la calidad de la obra. Por lo tanto, la presencia de la interventoría podría haber contribuido a subsanar estos problemas, dada su competencia para cumplir con las especificaciones, con una perspectiva diferente.

Los funcionarios de la curaduría pasaron por alto la verificación de la relación laboral del revisor externo en la parte estructural con quien hizo la solicitud para aprobar la licencia. Por lo tanto, se necesita una mayor diligencia en el cumplimiento de las responsabilidades de los funcionarios de las curadurías y se requiere una mayor formación en principios y valores en ingeniería y arquitectura para evitar estos problemas.

El interventor debe conocer las normas técnicas y legales para evitar errores que afecten la integridad de las personas y la seguridad de la construcción. Sin embargo, aunque la ley colombiana no exige la interventoría en contratos privados, en el caso del Space, hubiera cumplido un papel esencial, sin eximir de responsabilidad a diseñadores, contratistas y a la curaduría en cuanto a los diseños, quienes tampoco ejercieron como interventores en el seguimiento de la construcción.

Se presentaron errores de diferentes orígenes y probablemente, con más ojos y oídos, con criterios diferentes, se podrían haber aportado soluciones, como las funciones de buenos interventores.

## 5. Referencias Bibliográficas

- Arango, B. T., Jaramillo, J. F. y Lambraño, P. A. (2016). *Situaciones que evidencian que a través de las relaciones contractuales, se originan obligaciones extracontractuales a cargo del estado* [Trabajo de grado, Institución Universitaria de Envigado]. Repositorio institucional IUE. <https://bibliotecadigital.iue.edu.co/handle/20.500.12717/1208>
- Benítez, D. M. (2021). *Análisis de sobreesfuerzos en colapso de edificaciones de concreto reforzado* [Trabajo de grado, Universidad de Antioquia Medellín]. Repositorio institucional Universidad de Antioquia. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/20214/4/BenitezDiego\\_2021\\_AnalisisSobreesfuerzosEdificaciones.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/20214/4/BenitezDiego_2021_AnalisisSobreesfuerzosEdificaciones.pdf)
- Chamorro, G. E., Pérez, D. D., & Serrano, M. F. (2022). Rol del interventor en la gestión de proyectos de infraestructura pública: estudio de caso del Valle del Cauca, Colombia. *CIENCIA ergo sum*, 29(1), 1-17. <https://doi.org/10.30878/ces.v29n1a1>
- Congreso de Colombia. (1993). *Ley 80 de 1993. Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública*. 28 de octubre de 1993. D.O. No. 41094. <https://corponor.gov.co/images/corponor/normatividad/LEYES/Ley%2080%20de%201993.pdf>
- Congreso de Colombia. (2016). *Ley 1796 de 2016. Por la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda, el incremento de la seguridad de las edificaciones y el fortalecimiento de la Función Pública que ejercen los curadores urbanos, se asignan unas funciones a la Superintendencia de Notariado y Registro y se dictan otras disposiciones*. D.O. N° 49933. <https://goo.su/XPgzfCu>
- Contraloría General de la República. (2014). *Informe de auditoría, refinería de Cartagena*. [https://www.reficar.com.co/Repositorio/02\\_GobiernoCorp/00\\_Biblioteca/04\\_TransparenciaInfo/Indice/07%20Informe%20Final%20Vigencia%202014.pdf](https://www.reficar.com.co/Repositorio/02_GobiernoCorp/00_Biblioteca/04_TransparenciaInfo/Indice/07%20Informe%20Final%20Vigencia%202014.pdf)
- Contraloría General de la República. (2015). *En USD 4.023 millones se incrementaron costos de ejecución de la Refinería de Cartagena, indican cálculos de la Contraloría*.

<https://goo.su/bEYgV>

- Contraloría General de la República. (2018). *Gestión de las autoridades ambientales en el proceso de licenciamiento proyecto hidroeléctrico Ituango Masd-ANLA*. Corantioquia-Corpouraba, con corte a mayo del 2018. <https://kavilando.org/images/stories/documentos/Informe-Auditoria-ITUANGO-1.pdf>
- Contraloría General de la República. (2020). *Informe de auditoría de cumplimiento- concesión Villavicencio Yopal, Concesión Transversal del Sisga, convenio administrativo 1113 de 2016, Puente atirantado Chirajara*. <https://www.contraloria.gov.co/documents/20125/318260/034+Informe+Auditoria+Cumplimiento+ANLA+Via+al+Llano+a+julio+2019+ls.pdf>
- Coral, J. D., Camacho, C. E., & Torres, B. A. (2019). Caso edificio Space. *Tekhnê*, 16(2), 51–60. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tekhne/article/view/14519>
- Cuadros, A., Betancur M. H., Vélez, O. J., Rincón J. J., Gómez M. S. y Rincón, W. (2021). *Fallos en gerencia de proyectos: cinco casos de estudio en Colombia*. Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. <http://doi.org/10.18566/978-958-764-961-1>
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (2019). *Concepto 140881 de 2019 Departamento Administrativo de la Función Pública*. [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=100021](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=100021)
- Enterritorio (2022). Somos el aliado técnico que transforma vidas ENTerritorio <https://www.enterritorio.gov.co/web/quienes-somos/nuestra-entidad>
- Fiscalía General de la Nación, FGN. (2019). *Errores de diseño y de construcción, principal línea investigativa de la Fiscalía por colapso de puente Chirajara*. <https://www.fiscalia.gov.co/colombia/noticias/errores-de-diseno-y-de-construccion-principal-linea-investigativa-de-la-fiscalia-por-colapso-de-puente-chirajara/>
- Fiscalía General de la Nación. FGN. (2018). *Expertos nacionales e internacionales dictaminarán sobre la investigación del puente Chirajara, en la vía al Llano*. <https://www.fiscalia.gov.co/colombia/seccionales/expertos-nacionales-e-internacionales-dictaminaran-sobre-la-investigacion-del-puente-chirajara-en-la-via-al-llano/>
- Forero, H.A., Perico-Granados, N.R., Castellanos, P.M.A., Queiruga-Dios, A., Algarra, H.M.A. (2021). Development of Competencies Applying the Project Method. Application in Environmental Engineering. In: Gude Prego, J.J., de la Puerta, J.G., García Bringas, P., Quintián, H., Corchado, E. (eds) *14th International Conference on Computational Intelligence in Security for Information Systems and 12th International Conference on European Transnational Educational (CISIS 2021 and ICEUTE 2021)*. CISIS - ICEUTE 2021. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1400. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-87872-6\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-030-87872-6_37)
- García-Puentes, C., González-Díaz, L., Perico-Granados, N., Rodríguez, C., Hernández-Romero, J. (2022). Pensamiento crítico y los objetivos de desarrollo sostenible: comunidades y ciudades sostenibles. *Ingenio Magno*, 13, (1), 59-79. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/2574>
- García-Puentes, C., Montañó-Santana, J., Pérez-Rodríguez, C. (2019). Aprendizaje basado en

- proyectos para el desarrollo comunitario, una experiencia en la formación de Ingenieros Civiles. *Revista Conrado*, 15, (68), 130-134. <https://conrado.ucf.edu/cu/index.php/conrado/article/view/994/1016>
- González, D. E., Idarraga, G. P. y Meneses, G. Y. (2019). Estado y Gremio Constructor: cadena de responsabilidad frente a fallas en el proceso de construcción. *Unaciencia Revista De Estudios e Investigaciones*, 12 (23), 4-11. <https://doi.org/10.35997/runacv12n23a1>
- Jacoski, C., y Saugo, L. (2019). Perception about the use of monitoring systems in civil construction structures. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (90), 28-33. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.n90a05>
- Orduz-Quijano, M., Sánchez, O., Baquero, L., Perico, N., Tuay, R. N. y Blanco, N. (2021). *La Educación, las Ciencias Sociales y la Interculturalidad. Una Mirada desde la formación posdoctoral*. Ediciones Usta Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/43596>
- Ortiz, J. (2013,19 diciembre). Dos inconsistencias de CDO en la construcción de edificio Space. *Periódico el Colombiano*. [https://www.elcolombiano.com/historico/dos\\_inconsistencias\\_de\\_cdo\\_en\\_la\\_construccion\\_del\\_edificio\\_space-MAEC\\_274877](https://www.elcolombiano.com/historico/dos_inconsistencias_de_cdo_en_la_construccion_del_edificio_space-MAEC_274877)
- Pérez-Gavilán, J., Aguirre, J., y Ramírez, L. (2018). Sismicidad y seguridad estructural en las construcciones: lecciones aprendidas en México. *Salud Pública de México*, 60(1), 41-51. <https://doi.org/10.21149/9300>
- Perico-Granados, N, Tovar-Torres, C., Reyes, C., Vera-Guarnizo, M., (2022). Método de proyectos para construir conocimiento en experticia, comunicación y pensamiento crítico, sobre el ambiente. *Publicaciones*, 52 (3), 291–303. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v52i3.22275>
- Perico-Granados, N. R., Arévalo-Algarra, H. M., Reyes, C. A., Vera, M., Monroy, J. y Perico-Martínez, C. (2021). Sitios de inundaciones causadas por los ríos La Vega y Jordán, Tunja (Boyacá). *Tecnura*, 25(67), 86–101. <https://doi.org/10.14483/22487638.15248>
- Perico-Granados, N., Galarza, E., Diaz-Ochoa, M., Arévalo-Algarra, H., Perico-Martínez, N. (2020). *Guía Práctica de Investigación en Ingeniería: Apoyo a la formación de docentes y estudiantes*. Corporación Universitaria Minuto de Dios <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/10822>
- Perico-Granados, N., Garza-Puentes, J., Tovar-Torres, C., González-Díaz, L. (2022). Análisis de la recordación del concepto de remoción en masas en graduados de ingeniería civil. Un estudio de caso de Educación para el Desarrollo Sostenible. En: *II Congreso internacional de Responsabilidad Social, Innovaciones y retos emergentes para el cuidado del planeta 2021*, 27-53 Corporación universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO. Editorial Grupo Compás. Guayaquil, Ecuador. <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/793>
- Perico-Granados, N., Tovar-Torres, C., Reyes, C., Perico-Martínez, C. (2021). *Formación de docentes y transformaciones desde la ingeniería*. Corporación Universitaria Minuto de Dios. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/11822>
- Perico-Granados, N., Tuay-Sigua, R., Blanco-Portela, N. (2022). La educación para el desarrollo sostenible en la formación de ingenieros. En Orduz-Quijano, M., Sánchez, O., Baquero,

- L., Perico, N., Tuay, R. N. y Blanco, N. (Eds.). *La educación, las ciencias sociales y la interculturalidad. Una mirada desde la formación posdoctoral*. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/43596>
- Presidencia de la República de Colombia (1983). *Decreto 222, Por el cual se expiden normas sobre contratos de la Nación y sus entidades descentralizadas y se dictan otras disposiciones*. D.O. No. 36189. <https://www.suin-juricol.gov.co/viewDocument.asp?id=1049915>
- Procuraduría General de la Nación (2010). *Recomendaciones para la elaboración de estudios previos. Aplicación del principio de planeación y contratación de las entidades públicas*. [https://www.creosltada.com/creos2/atachments/Cartilla estudios previos - PROCURADURIA GENERAL.pdf](https://www.creosltada.com/creos2/atachments/Cartilla_estudios_previos_-_PROCURADURIA_GENERAL.pdf)
- Procuraduría General de la Nación. (2017). *Confirmada destitución del Curador Urbano Nro. 2 de Medellín por caso Space*. Procuraduría General de la Nación. <https://goo.su/sHDlzGi>
- Puerto-Cristancho, M., Perico-Granados, N., Bautista Roa, M., Garza-Puentes, J. y Perico-Martínez, N. (2023). Los Ingenieros Como Sujetos Para Promover Cambios. *Ingenio Magno*, 14(1), 53-63. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/2713>
- Puerto-Cristancho, M., Perico-Granados, N., Reyes-Rodríguez, C., Guzmán-Serrano, L. y Garzón-Castro, L. (2022). Ladrillo de plástico comparado con el ladrillo tradicional. *Ingenierías USBMed*, V 13(1), 56-63. <https://doi.org/10.21500/20275846.5107>
- Ramos-Rugel, M. (2002). *Análisis técnico y económico de losas entre piso* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio institucional PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/1423>
- Rodríguez, Y. y Quintero, C. (2014). Manual de procesos y procedimientos. Veeduría Distrital. [http://veeduriadistrital.gov.co/sites/default/files/manual\\_intervencion\\_interventoria.pdf](http://veeduriadistrital.gov.co/sites/default/files/manual_intervencion_interventoria.pdf)
- Romero-Escudero, E. A. (2019). *Análisis crítico del papel de la interventoría en la contratación pública como herramienta de la política anticorrupción en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio institucional UNIANDES. <http://hdl.handle.net/1992/48504>
- Ruiz-López, J. (2015). *Ventajas y riesgos del contrato de llave en mano como figura contractual atípica en el derecho colombiano*. [Trabajo de grado, Institución Universitaria de Envigado]. Repositorio institucional IUE. [http://bibliotecadigital.iue.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12717/1555/1/iue\\_rep\\_pre\\_der ruiz 2015 ventajas art.pdf](http://bibliotecadigital.iue.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12717/1555/1/iue_rep_pre_der_ruiz_2015_ventajas_art.pdf)
- Semana. (2018, 01 enero). ¡No más Chirajaras! Estos son los errores que no hay que repetir. *Revista Semana*. <https://www.semana.com/edicion-impresa/pais/articulo/problemas-con-la-estructuracion-de-proyectos-de-infraestructura/254810/>
- Torres, M. A., Caballero, H., Awad, G. (2014) Hidroeléctricas y desarrollo local ¿mito a realidad? Caso de estudio Hidroitungo. *Revista Energética*, 44, 75-83. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/52581/45321-236403-2-PB.pdf>

- Tribunal Superior de Medellín. (2017). *Sala Penal, tribunal Superior de Medellín*. <https://salapenaltribunalmedellin.com/images/pdf/providenciaspenal/012/05001600000201400179.pdf>
- Universidad de los Andes [Uniandes]. (2014). *Concepto técnico en relación a las causas más probables del colapso del edificio Space*. Alcaldía de Medellín. <https://goo.su/FRM7>
- Universidad Industrial de Santander. (2008). *Manual de supervisión e Interventoría. (Bienes, Servicios y Obra Pública)*. [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander] Repositorio institucional Universidad Industrial de Santander. <https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/contratacion/Manuales/MCO.01.pdf>
- Valdes-Alonso, Y., García-García, T., y González-Cruz, E. (2023). Material de estudio sobre calidad en la construcción para la carrera Ingeniería Civil. *EduSol*, 22(78), 191-205. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=475769827015>
- Valencia, G., Millán, J., Sánchez, A., Caballero, C., Riveros, H., Ricardo, J., Segovia, R. y Vélez, L. (2021). *El caso Reficar: Por qué los cuestionamientos al proceso de construcción no tienen nada que ver con corrupción ni detrimento patrimonial. Las vicisitudes propias de una mega obra*. <https://img.lalr.co/cms/2021/04/26144245/La-Verdad-Caso-Reficar.pdf>
- Vallejo, F. (2007). Responsabilidad profesional en construcción de obras. *Revista derecho del estado*, (20), 97-119. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/derest/article/view/706>
- Vera-Guarnizo, M., Monroy, J. y Perico-Granados, N. (2020a). Problemática de las instituciones educativas públicas del municipio de Girardot-Cundinamarca: un análisis desde la Educación Superior. *Sinergias educativas*, 5(1), 307-319. <https://doi.org/10.37954/se.v5i1.77v>
- Vera-Guarnizo, M., Monroy, J., Perico-Granados, N. (2020b). Crisis Migratoria Determinante para Evaluar el Desarrollo. *Centrosur*, 4(1). <https://www.centrosureditorial.com/index.php/revista/article/view/34/72>
- Yamin, L., Correal, J. Reyes, J., Ramírez, F. Rin, R. Hurtado, A. y Dorado, J. (2018). *Colapso repentino del espacio de 27 pisos Edificio en Medellín, Colombia*. studocu. <https://www.studocu.com/co/document/universidad-cooperativa-de-colombia/dinamica-estructural/edificio-space-articulo/25486281>
- Yildizlar, B., Akcay, C., y Öztörün, N., (2018). A rapid analysis method for determining current status of existing buildings: A conceptual framework. *Revista De La Construcción. Journal of Construction*, 17(2), 267-278. <https://dx.doi.org/10.7764/rdlc.17.2.267>

## Agradecimiento

Los autores agradecen a los ingenieros Lelis Cañón Cifuentes y José Albeiro Rodríguez por sus aportes en ideas y documentos para la investigación.