

# **Análisis bibliométrico de la producción científica de artículos acerca de las tuberías de concreto**

## **Bibliometric analysis of the scientific production of articles about concrete pipes**

Héctor Alfredo Paredes Escobar<sup>1</sup>, Cristhian Camilo Amariles López<sup>2</sup>

### **Resumen**

El aumento en el número de investigaciones sobre diversos temas ingenieriles, entre ellos el de tuberías en concreto, aunado a la importancia del sector, requieren un análisis detallado del carácter de las investigaciones que se están realizando. Este artículo se enfocó en un análisis bibliométrico a partir de la ecuación de búsqueda “Concrete pipe” en la base de datos Scopus, centrada en títulos de artículos, resumen y palabras clave, incluyendo los diferentes años y autores, enfatizando aquellos correspondiente a las áreas de ingeniería, ciencias de los materiales y ciencias ambientales, procediendo al análisis de 1.256 documentos. Estos artículos se analizaron en los programas Bibliometrix y la herramienta de software Vosviewer. Las investigaciones sobre tuberías de concreto datan del año 1952, siendo un tema de interés en la actualidad, encontrando que el país con mayor producción científica es China, representando el 41,48%, así mismo, las afiliaciones más relevantes corresponden a dos universidades ubicadas en Henan, Nanjing y Shanghai, cuyos estudios están enfocados a los procesos sobre la corrosión de las alcantarillas por diferentes patógenos y otros factores, así como sobre el comportamiento de los pilotes de las tuberías de hormigón de alta resistencia y la resistencia del concreto con diferentes agregados, los avances de las investigación están enfocadas hacia los Métodos de diseño de tuberías de concreto, el recubrimientos para protección y refuerzo de tuberías, la evaluación de estado de tuberías de concreto y los aspectos que inciden en la funcionalidad de las tuberías de concreto, entre otras.

*Palabras clave:* bibliometría, corrosión, funcionalidad de tuberías, recubrimientos para protección, tuberías de concreto.

### **Abstract**

The increase in the number of investigations on various engineering topics, among them that of pipes in particular, coupled with the importance of the sector, require a conscientious analysis of the nature of the investigations that are being carried out, this article focused on a bibliometric analysis to starting from the search equation “Concrete pipe” in the Scopus database, focused on article titles, abstract and keywords, including the different years and authors, emphasizing those corresponding to the areas of engineering, materials science and science environmental issues, proceeding to the analysis of 1,204 documents. These articles were analyzed using the Bibliometrix programs, and the Vosviewer software. Research on concrete pipes dates

---

<sup>1</sup>Estudiante Programa Ing. Civil, Universidad Libre Seccional Pereira, hectora-paredese@unilibre.edu.co

<sup>2</sup>Docente del Programa Ing. Civil, Universidad Libre Seccional Pereira, cristhian.amariles@unilibre.edu.co

back to 1952, being a topic of interest today, finding that the country with the highest scientific production is China, representing 41,48%, likewise, the most relevant affiliations correspond to two universities located in Henan, Nanjing and Shanghai, whose studies are focused on the processes on the corrosion of sewers by different pathogens and other factors, as well as on the behavior of the piles of high-strength concrete pipes and the resistance of concrete with different aggregates, the advances of the research They are focused on the methods of design of concrete pipes, coatings for protection and reinforcement of pipes, the evaluation of the condition of concrete pipes and the aspects that affect the functionality of concrete pipes, among others

*Keyword:* bibliometrics, corrosion, pipe functionality, protective coatings, concrete pipes.

## **1. Introducción**

La bibliometría obedece a un cálculo y análisis de los valores cuantificables de la producción de información científica (Ardanuy , 2012), el autor Gorbea, enfatiza que esta especialidad aplica métodos y modelos matemáticos y estadísticos en sus análisis (2016). Su historia, según Urbano (como se citó en Ardanuy, 2012) se remonta al año 1917, con la publicación del trabajo “The history of comparative anatomy” de F. J. Cole y Nelly Eales, en el cual analizaron las publicaciones de historia de la anatomía entre los años 1543 y 1860, sin embargo, fue en 1948 que Ranganathan mencionó este método como la ciencia métrica y en 1949 Alan Pritchard lo define como “bibliometría” (Dávila et al., 2009), otros autores señalan que sus orígenes están relacionados con los estudios realizados por la iglesia católica quien aplicó algunas herramientas de control bibliográfico entre los años 1654 y 1948 (Gómez, 2015). A partir de su surgimiento ha tenido un amplio desarrollo conceptual, con un carácter transdisciplinario, considerándose la métrica más aplicada (Gorbea , 2016), constituyendo un método importante que integra modelos e indicadores para evaluar la relevancia de la información (Cubillos y Ramírez, 2020).

Las tuberías de concreto son parte importante de las zonas habitadas, dado que se encargan del drenaje municipal (Zhang et al., 2020), resaltando que no sólo deben eliminar el agua sino además mantener su resistencia y propiedades, dado que de ésta depende el estado de las estructuras de la parte superficial, tal como las carreteras o edificaciones (Slavinska et al., 2018). Estas estructuras están expuestas a diferentes factores que afectan su funcionamiento, tales como el ambiente, el envejecimiento, la sobrecarga, el uso inadecuado y un mal diseño o mala gestión (Stanić et al., 2017). La exposición al ambiente causa corrosión, generando el deterioro de la estructura y por ende pérdidas económicas, dada la importancia de este tema se encuentran diferentes investigaciones sobre el tema, una de ella, la de los autores Wang y Zeng (2020), quienes afirman que las tuberías no solo están expuestas a procesos corrosivos, sino también a bloqueos y fugas, que pueden causar inundaciones y colapso de las tuberías; ante esta problemática existen diferentes materiales que mejoran la vida útil de las estructuras, uno de ellos la fibra de alto

rendimiento, cuyos resultados evidencian un refuerzo positivo que mejora la vida útil (Wang et al., 2021).

Bajo esta premisa, los autores Merachtsaki et al. (2021), estudiaron la presencia de la corrosión por diferentes biógenos, por lo cual, durante los últimos años se han realizado experimentos utilizando revestimientos para la protección de las mismas. El uso de materiales adecuados ha demostrado una menor degradación y por ende prevenir su colapso, entre ellos los materiales de hidróxido de magnesio, los resultados concluyeron que ofrecen protección contra los ácidos; en este mismo sentido Merachtsaki et al. (2020) investigaron sobre los nuevos recubrimientos a base de hidróxido de magnesio con diferente adición de celulosa para evitar los procesos de corrosión de las tuberías de concreto, encontrando que una cantidad mayor de celulosa tiene efectos positivos en la adherencia, mejorando las propiedades iniciales del hormigón.

Otro material que ha demostrado generar mayor resistencia en la tubería del concreto y además disminuir el requerimiento de acero de refuerzo y de mano de obra para su fabricación, es la jaula de acero elíptica simple (Ramadan et al., 2020). Así mismo, los autores Chang y Choi, (2020) evaluaron el desempeño de resistencia de las tuberías de concreto al mezclar azufre al mortero de reparación, los resultados muestran una mejora de resistencia a los ácidos, es importante aplicar materiales que permitan altos niveles de resistencia dado que la exposición de las tuberías a las aguas residuales y los microorganismos que estos generan causa daño por corrosión.

Por otra parte, Fang et al. (2020), aplicaron el revestimiento de tuberías curadas en el lugar para la reparación de éstas, concluyendo que es una práctica positiva para la rehabilitación de tuberías, evidenciando una disminución en el desplazamiento vertical y la tensión principal, con una relación positiva respecto a la corrosión. Otro material utilizado, fue el de los investigadores Yang et al. (2020) reforzaron la tubería de concreto con fibra de acero y barras deformadas, encontrando que estos materiales llegan a mejorar la ductilidad del desplazamiento, conclusión obtenida por medio del software de elementos finitos que simula el comportamiento de los pilotes. Li et al. (2019) utilizaron acero corrugado para la rehabilitación de tuberías de concreto, logrando incrementar la capacidad de carga y la rigidez, material validado también por Li et al. (2019) en una investigación donde además de acero corrugado, utilizaron tubería de acero, tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) y un soporte de acero perfilado. El acero corrugado demostró efectividad, mejorando la capacidad de carga y rigidez. He et al. (2019) aplicaron lechada de bentonita en las tuberías de concreto, encontrando que reduce la resistencia a la fricción. En este mismo sentido Xu y Ma (2017) investigaron sobre el refuerzo de las tuberías de concreto con barra de acero no pretensada, encontrando que disminuye el momento de la flexión máxima del pilote, pero no tiene incidencia en otros aspectos.

Kristoffersen et al., (2020), aseguran que los revestimientos no solo ofrecen mayor refuerzo a las tuberías, sino que también mitigan una carga de explosión. Por otra parte, Liu et al. (2021) analizaron la deformación radial de tubería de concreto reforzada con malla de acero, fibra de polipropileno y macro fibra de acero sometidos al fuego, los dos últimos elementos demostraron reducción de la diferencia de temperatura y disminución de la deformación radial. Hu et al. (2018) recubrieron las tuberías de concreto con fibra de carbono, encontrando que es método eficiente para la rehabilitación de estas estructuras, además de fortalecerlas, pero con un efecto leve en el núcleo de hormigón exterior

Otros materiales que se han estudiado para el refuerzo de tuberías de concreto, es la cáscara de coco. Gunasekaran et al. (2017) investigaron que en esta mezcla los resultados mecánicos se encuentran dentro de los límites requeridos, concluyendo que este material es un reemplazo para el agregado grueso convencional, así mismo, Kovalchuk et al. (2017) utilizaron metal corrugado para la rehabilitación de tuberías de concreto, la cual es de uso rápido y con pocos cambios en las instalaciones, este material permite la disminución de la presión sobre la tubería dada la disipación de la energía y Tahamouli et al. (2017) reforzaron la tubería con vidrio, al someterla a diferentes ensayos concluyeron que falla cuando es sometida a diferentes ondas de un terremoto promedio, así mismo cuando se expone a desplazamiento de tierra y Akasaki et al. (2017) analizaron el comportamiento de las tuberías de concreto con adición de caucho en diferentes proporciones, evidenciando que la resistencia se encuentran dentro los límites de las normas, la absorción de agua es inferior al máximo establecido, concluyendo que el caucho es un material aceptable para agregar al cemento. Por su parte, Jiang et al. (2020), proponen el uso del dispositivo de disipación de energía helicoidal (HEDD) para ejercer control sobre el flujo acelerado y el desgaste de la tubería, encontrando resultados positivos donde se logra disminuir no solo el desgaste de la estructura sino también la calidad del revestimiento, análisis obtenidos mediante un modelo de predicción de disipación de energía helicoidal (HEDPM).

Además de los factores corrosivos, otro factor que afecta las condiciones de las tuberías de concreto es la distribución de presión del suelo, es decir, la sobrecarga que ofrece el efecto de arco del suelo y la presión de sobrecarga, evidenciando que algunos materiales de relleno benefician la funcionalidad de las tuberías, sin embargo, el tipo de suelo tiene una incidencia directa en la funcionalidad de la tubería (Ban et al., 2021). Así mismo, Li et al. (2020) investigaron sobre la diferencia del comportamiento mecánico de la tubería en un suelo seco y uno saturado, encontrando factores diferenciales en las tensiones, desplazamientos, línea de resorte y el reverso de la campana, debido a la presión dada por el suelo.

Karakouzian et al. (2019), encontraron, como algunas incidencias del suelo como desplazamiento por la presión interna y el peso del fluido en la tubería, afectan en la tensión de compresión de la tubería y la tracción en la unión, en este mismo sentido, Sriboon et al. (2017)

basándose en los cambios en la temperatura y humedad del suelo en las diferentes profundidades en las que se encuentran las tuberías, estudiaron como diferentes factores externos las afectan, entre ellos el tamaño de los árboles ubicados cerca de la zona. Estas presiones generadas en el suelo por las diferentes cargas y condiciones ambientales, en ocasiones pueden generar exceso de su propio peso, encontrando además otra condición, como es la presión de agua del poro, variables que generan levantamiento de tuberías, estos fenómenos se han estudiado durante los últimos años, uno de los métodos aplicados es el de prensado estático, el cual brinda información sobre el comportamiento de la tubería ante diferentes escenarios de presión de agua (Wang et al., 2020).

Ahora bien, debido a los procesos de corrosión que sufren las tuberías de concreto y otros factores que afectan la estructura y por ende su funcionalidad, se han investigado métodos para evaluar diferentes aspectos, entre ellos el estudio de cargas en diferentes puntos, uno de ellos por medio de un robot teleoperado, cuyos resultados evidenciaron ser un potencial de información para la planificación del mantenimiento de las tuberías (Ross et al., 2021). Otro aspecto importante a evaluar es la capacidad de carga última de la tubería de concreto, Wei et al. (2020) proponen dicha evaluación por medio de la tecnología de lodo de bentonita, la cual permite optimizar no solo el diseño sino también la construcción del pilote.

Por su parte, Zhang et al. (2020), aplicaron una simulación digital de la capacidad de carga de una tubería a escala completa, sometiendo la estructura a una compresión externa, paso seguido se realiza un análisis cuantitativo de los efectos referentes a longitud, profundidad y ubicación de grietas, así como las propiedades mecánicas de las tuberías de hormigón, esta simulación permite además evidenciar la elasticidad, plasticidad y límite de carga de falla. Chen et al. (2020), también han aplicado la simulación digital, mediante un método numérico para el cálculo de la capacidad portante de los pilotes de la tubería, con el propósito de analizar el comportamiento geotécnico, concluyendo que este método tiene un error del 10% en comparación con otros. En este mismo sentido, los autores Lei et al. (2020) proponen realizar la evaluación de las tuberías de concreto por medio de dos tecnologías, el radar de penetración terrestre (GPR), el cual detecta y posiciona las instalaciones, y el análisis de inversión de las señales de eco de GPR, el cual brinda información sobre el material, la profundidad y ubicación.

Esta última tecnología se basa en un modelo numérico, cuyos resultados evidencian precisión y eficiencia. Así mismo, Slavinska et al. (2018) mediante el modelado numérico del estado tensado-deformado determinan las tensiones y deformaciones de las tuberías de concreto, permitiendo inferir en su diseño y toma de decisiones, los autores He et al. (2020), por medio del software de elementos finitos Abaqus y Fluent establecieron un modelo refinado tridimensional y uno de campo de flujo, el cual permite determinar la incidencia de las condiciones de trabajo sobre la tensión de la junta de la tubería y las áreas vulnerables a daños.

Otros investigadores que han aplicado un modelo tridimensional de elementos finitos, fueron Fang et al. (2020), quienes estudiaron la vulnerabilidad de la pared interior de las tuberías, las cuales, una vez presentan corrosión tienen mayor exposición a la tensión y deformación, así mismo, Al-Maamor et al. (2019) mediante un modelo numérico de deformaciones dependientes del tiempo y tensiones, que permite considerar parámetros de diseño evaluaron variables como profundidad y diámetro, concluyendo que los resultados permiten el diagnóstico y recomendaciones para construcciones. Por su parte Akbarpour et al. (2020), aplicaron para la evaluación del estado de tuberías algoritmos de eliminación de desorden mediante datos simulados de onda completa, partiendo del análisis de espectro singular bidimensional y una cadena de algoritmos completa para la generación de imágenes de tuberías.

Otra investigación que aplicó un método matemático, fue la realizada por Yang et al. (2020) en la cual experimentaron sobre el agrietamiento como respuesta de la carga del pilote, mediante el método numérico de prueba de carga lateral, concluyendo que sirve para predecir la respuesta de los pilotes expuestos a cargas bajo condiciones de agrietamiento; así mismo, Buda et al. (2017) investigaron mediante el modelo numérico del programa ATENA el estado de las tuberías de concreto, encontrando que los resultados de las fisuras son muy precisos. Xu et al. (2017) proponen utilizar sensores de deformación de análisis óptico para el diagnóstico de las tuberías de concreto, específicamente para detectar micro fisuras y estructura, los cuales permiten encontrar comportamientos de deterioro.

En este sentido, se encuentran investigaciones que combinan diferentes modelos, como la de Piratla et al. (2019), la cual se enfocó en evaluar el riesgo de falla de las tuberías, por medio de la inspección mediante principios del proceso de jerarquía analítica y el modelo de priorización basado en el riesgo de falla, el cual permite la priorización de las fallas detectadas. Ross et al. (2019) utilizan una sonda para evaluar el estado de las tuberías de concreto, basada en penetrómetros como apoyo a la evaluación visual, obteniendo buenos resultados en cuanto a diagnóstico y proyección de ciclo de vida, es importante la inclinación de los sensores para la efectividad de los resultados. Por su parte, los investigadores Peter et al. (2018) analizaron por medio del método de experimento en laboratorio a gran escala los efectos de la erosión, para lo cual simulan huecos de erosión cercanos a las tuberías de concreto, de esta forma evalúan los cambios en las tuberías, encontrando que aumenta el flector, con un colapso del suelo que genera fallas en la carga.

Otras investigaciones sobre el objeto de estudio, están orientadas a evaluar condiciones que mejoren o disminuyen la funcionalidad de la tubería de concreto, una de ellas la realizada por los autores Zhou et al. (2020) quienes proponen un aumento del ángulo de inclinación para mejorar las fallas por flexión, resultado obtenido mediante un análisis de modelo de elementos finitos para evaluar el desempeño, así mismo, Gálvez et al. (2019) estudiaron sobre los efectos del bombeo del

hormigón cuando se realiza la transferencia, tales como una disminución en la resistencia al congelamiento-descongelamiento, debido al menor contenido del aire y a la presencia de burbujas de aire. Por su parte, Kou et al. (2018) investigaron sobre las diferencias en el comportamiento de los pilotes de la tubería cuando se instalan los tubos de extremos abiertos o cerrados, toda vez que afecta el taponamiento del suelo, encontrando mayor dificultad en los extremos abiertos al considerar el impacto del taponamiento del suelo, en este mismo sentido Kou (2018) estudiaron sobre el rendimiento de los pilotes abiertos en referencia a los cerrados, enfatizando sobre los mismos resultados, el efecto de tapón del suelo afecta en mayor medida los extremos abiertos. Otro aspecto que influye en las condiciones de funcionamiento de las tuberías, específicamente en su resistencia, son las juntas, Da Silva et al., (2018) , estudiaron la resistencia de las tuberías con juntas de espina y juntas conopiales, en cuanto a carga máxima tiene un comportamiento similar, al igual que en desplazamientos y aumento de resistencia, respecto a al agrietamiento es mejor para juntas conopiales.

Ahora bien, dada la importancia de las tuberías de concreto, se han realizado investigaciones con nuevos métodos para el diseño de las mismas, tal es el caso del Reino Unido, donde los autores Alzabeebe et al., (2019), enfatizan que se ha implementado el diseño indirecto para la instalación de tuberías de concreto, realizando en primera instancia un ejercicio de laboratorio para determinar la capacidad de la tubería y la capacidad de campo mediante un “factor de cama”, concluyendo que se logran diseños más económicos y fuertes, estos mismos autores también proponen el diseño de las tuberías de concreto por medio del análisis del momento de flector y el factor de estratificación, consideran el efecto en su instalación, el diámetro, espesor y altura de relleno, para mayor efectividad en los resultados se debe aplicar un modelo de elementos finitos mediante el método de regresión polinomial evolutiva (Alzabeebe et al., 2018). Estos autores también acudieron a un modelado tridimensional de elementos finitos para diseñar las tuberías de concreto, dicho modelo permite determinar la presión del suelo según la carga (Alzabeebe et al., 2017).

Esta importancia sobre el tema en mención se abordó mediante el presente trabajo de investigación, el cual plantea como objetivo general “realizar un análisis bibliométrico de la producción científica de artículos acerca de las tuberías de concreto”, permitiendo conocer las investigaciones desarrolladas sobre las tuberías de concreto, sobre los métodos para su diseño, la evaluación de su estado, los aspectos que influyen en su funcionalidad, las condiciones del suelo o agua que pueden llegar a afectar y los materiales que se están investigando para obtener un refuerzo de las tuberías.

## 2. Materiales y métodos

Se procede a establecer la ecuación para búsqueda en la base de datos Scopus, definida como en el título “Concrete pipe”, la cual se limitó en las áreas de ingeniería, materiales, ciencias ambientales y en documentos tipo artículos. Los datos fueron extraídos el 4 de octubre de 2021, de acuerdo a la ecuación la búsqueda se centró en títulos de artículos, resumen y palabras clave, incluyendo los diferentes años y autores, enfatizando aquellos correspondiente a las áreas de ingeniería, ciencias de los materiales y ciencias ambientales, procediendo al análisis de 1.256 documentos. Estos artículos se analizaron en los programas Bibliometrix el cual permite un método bibliométrico para el análisis y construcción de matrices para datos (Universidad de Nápoles Federico II, 2021), la herramienta de software Vosviewer por medio de la cual se construye y visualizan las redes bibliométricas (Centre for Science and Technology Studies, 2021).

## 3. Resultados y discusión

Desde el año 1952 se inició la producción científica referente al tema “tuberías de concreto”, siendo un tema que se estudia en la actualidad, con un total de 1.256 documentos que se encuentran en 456 fuentes diferentes, como revistas y libros, con un promedio de producción anual de 19,7 y un total de 2.159 autores han estudiado este tema, encontrando que la mayoría de investigaciones se han realizado en forma colaborativa, como se detalla en la tabla 1.

**Tabla 1.**

### *Información general*

<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
Período	1952:2022
Fuentes (revistas, libros, etc.)	456
Documentos	1.256
Años promedio desde la publicación	19,7
Citas promedio por documentos	6,521
Citas promedio por año por documento	0,8212
Referencias	15.510
Palabras clave	6.355
Autores	2.159
Aparición de autores	3.257
Autores de documentos de un solo autor	279
Autores de documentos de varios autores	1880



### 3.1 Producción anual de publicaciones

En el año 1952 donde inicia la producción investigativa sobre el tema, se encuentra un artículo científico, aproximadamente una década después se publica la siguiente investigación, ascendiendo en el año 1969 a 6 publicaciones, manteniéndose en el rango de menos de 10 investigaciones hasta el año 1972, a partir del año 1973 y hasta el año 2018, las publicaciones se han mantenido en un rango que oscila entre el 0.64% y el 3.5%, durante esta época, es importante resaltar dos años donde la producción fue mayor al 3%, 1996 (3.5%) y 2018 (3.5%). Se encuentra el mayor número de publicaciones en el año 2020, que representó el 7.17%, seguido del año 2021 con el 5.25% y del año 2019 con 4.62%; así mismo, es importante resaltar que se tienen 2 investigaciones aprobadas para ser publicadas en el año 2022, en lo corrido del año 2021 se han divulgado 66 investigaciones, como se observa en la figura 1.

**Figura 1.**

*Producción anual de publicaciones*



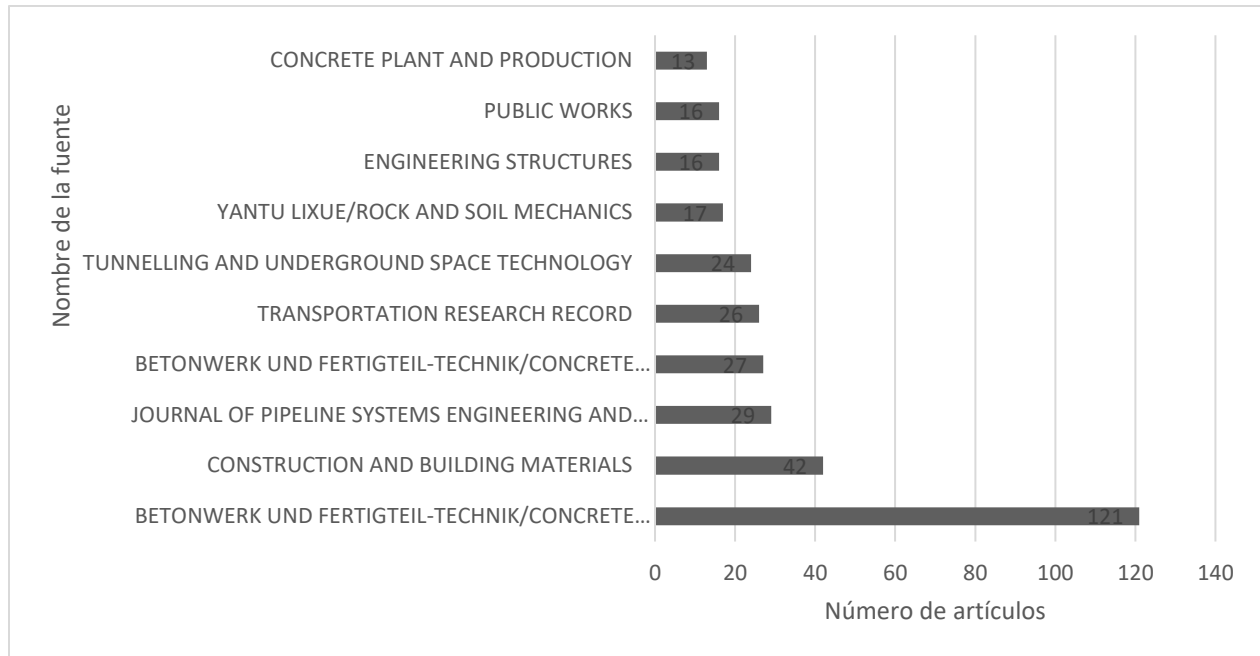
### 3.2 Principales fuentes

De un total de 456 fuentes que han divulgado investigaciones sobre tuberías de concreto, se evidenciaron las 10 más relevantes, encontrando que la revista *Betonwerk Und Fertigteil-Technik/Concrete Precasting Plant And Technology* relacionada con plantas hormigón y tecnologías prefabricadas contiene 121 del total de artículos analizados, representando el 26.54%, esta revista contempla el área temática de edificación y construcción, procedente de Alemania, seguida de la revista internacional *Construction And Building Materials* con 42 artículos (9.21%), enfocada a las investigaciones sobre materiales innovadores para ser utilizados en la construcción

y en las reparaciones, las otras fuentes contienen entre 13 y 29 artículos, con un peso porcentual representativo, inferior al 6.5%, como se evidencia en la figura 2.

**Figura 2.**

*Top 10 de las principales fuentes*



Continuando con el análisis de las principales fuentes, se procedió a relacionar el h-index con número de publicaciones y cantidad de citas, encontrando que según el número de publicaciones la principal fuente es Construction and Building Materials, así mismo, esta revista de investigaciones sobre materiales innovadores para ser utilizados en la construcción y en las reparaciones se sitúa en el primer lugar según el h-index, con un total de 994 citaciones. Ahora bien, la revista *Betonwerk Und Fertigteil-Technik/Concrete Precasting Plant And Technology*, que tiene el primer lugar según el total de artículos analizados tiene solo un h\_index de 2, encontrando otras revistas con mayor impacto según el total de citaciones y el de publicaciones como Yantu Lixue/Rock And Soil Mechanics y Engineering Structures, como se evidencia en la tabla #2.

**Tabla 2.***Top 10 fuentes más relevantes*

Nombre de la fuente	H index	NP	TC
BETONWERK UND FERTIGTEIL-TECHNIK/CONCRETE PRECASTING PLANT AND TECHNOLOGY	2	9	33
CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	17	41	994
JOURNAL OF PIPELINE SYSTEMS ENGINEERING AND PRACTICE	6	22	161
BETONWERK UND FERTIGTEIL-TECHNIK/CONCRETE PLANT AND PRECAST TECHNOLOGY	1	2	2
TRANSPORTATION RESEARCH RECORD	6	16	99
TUNNELLING AND UNDERGROUND SPACE TECHNOLOGY	2	21	327
YANTU LIXUE/ROCK AND SOIL MECHANICS	7	13	111
ENGINEERING STRUCTURES	7	15	173
PUBLIC WORKS	1	1	3
CONCRETE PLANT AND PRODUCTION	1	1	2

### 3.3 Autores más contribuyentes

De los 2.159 autores sobre tuberías de concreto, se determinó el top 10, de acuerdo al total de citas y el de publicaciones, hay dos autores que resaltan por sus contribuciones, *Bond PL*, *Jiang G.*, *Abolmaali Ali*. Cada uno tiene 8 publicaciones, *Bond Philip* relacionadas en su mayoría con la corrosión de las alcantarillas, *Jiang Guangming* también se ha enfocado en la corrosión y en el refuerzo de las tuberías con agregados al concreto, pero su contribución se toma relevante toda vez que han sido citados en 387 y 335 artículos respectivamente, el autor con más publicaciones es *Li Jiawang* con 14 publicaciones, como se detalla en la tabla 3.

**Tabla 3.***Top 10 autores más contribuyentes*

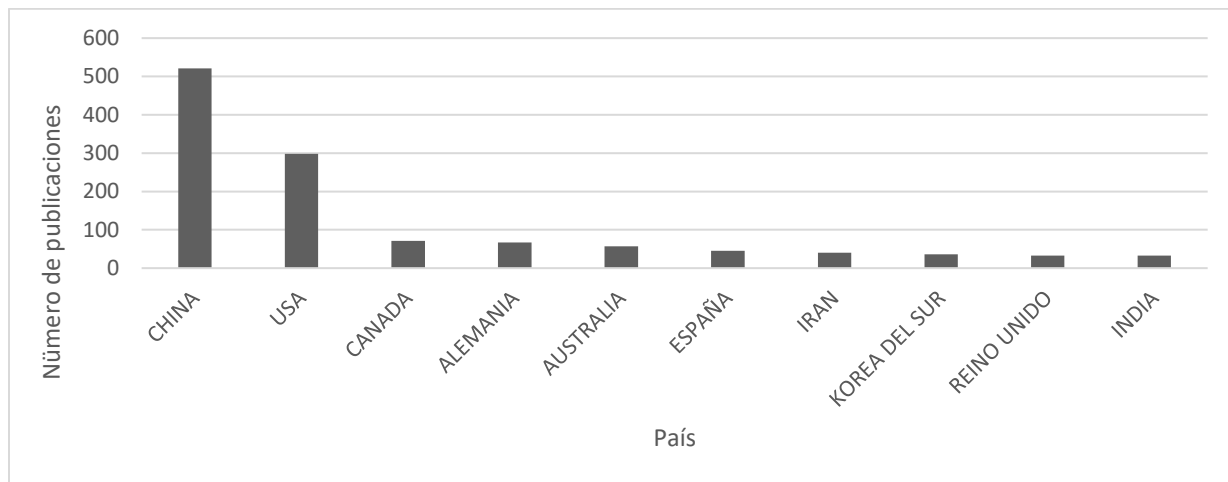
Autor	h_index	g_index	TC	NP
Bond, Philip	7	7	387	7
Jiang, Guangming	7	8	335	8
Abolmaali Ali	7	8	151	8
De La Fuente Antequera, Alberto	6	9	242	9
Li, Jiawang	6	9	100	14
Moore, Ian	6	8	103	8
Shao, Wei	6	7	80	7
Yuan, Zhiguo	6	6	181	6
Zarghamee, Mehdi	6	9	103	9
Aguado, Antonio	5	5	217	6

### 3.4 Países con mayor producción científica

De los 52 países que han realizado producción científica sobre el tema, China es el país con mayor número de publicaciones sobre tuberías de concreto, 521 en total, representa el 41.48%, seguido de Estados Unidos con el 23.73% (298 publicaciones), Canadá, tiene un peso representativo del 5.65% (71 publicaciones); Alemania representa el 5.33% (67 publicaciones), seguido de Alemania con el 4.54% (57 publicaciones), los otros países representan menos del 4%, como se detalla en la figura 3.

**Figura 3.**

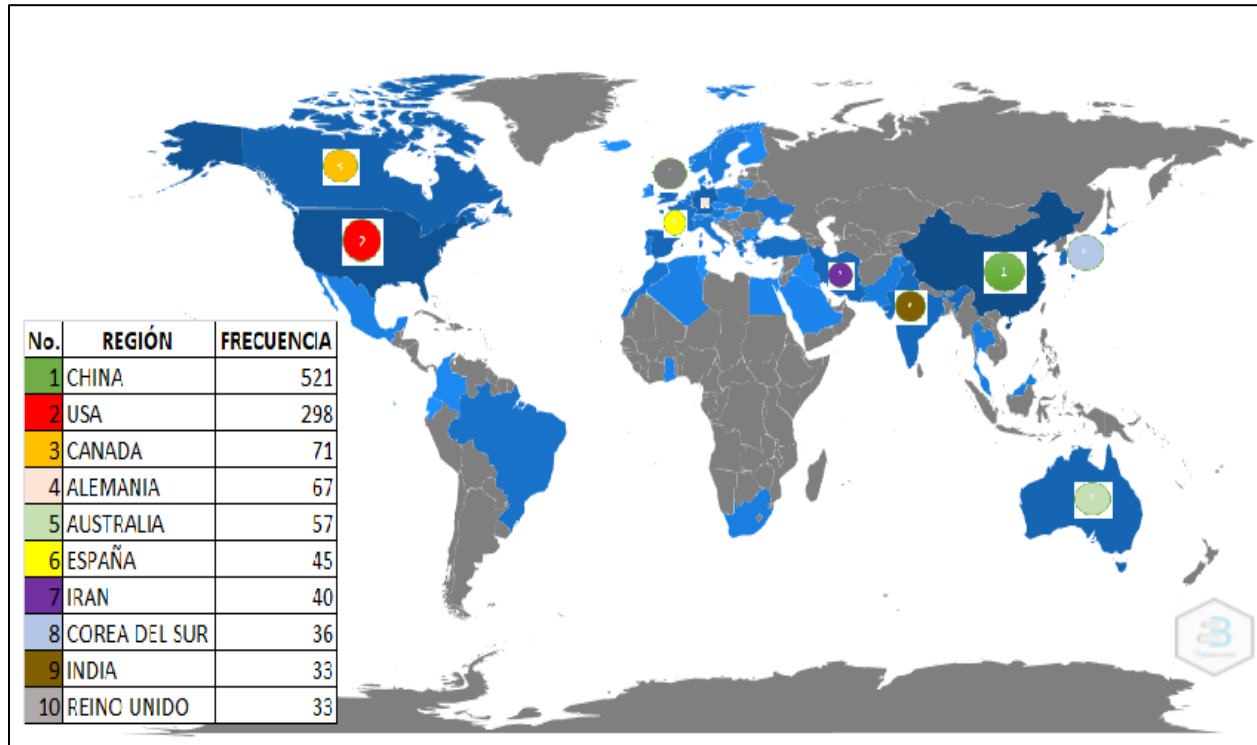
*Top 10 de los países más relevantes*



En la figura 4 se pueden observar los países que han realizado producción científica, detallando que aquellos de color azul intenso corresponden a un mayor número de publicaciones, por su parte los de color gris son países donde no se tiene registro de investigaciones sobre el tema.

## Figura 4.

*Países más relevantes*

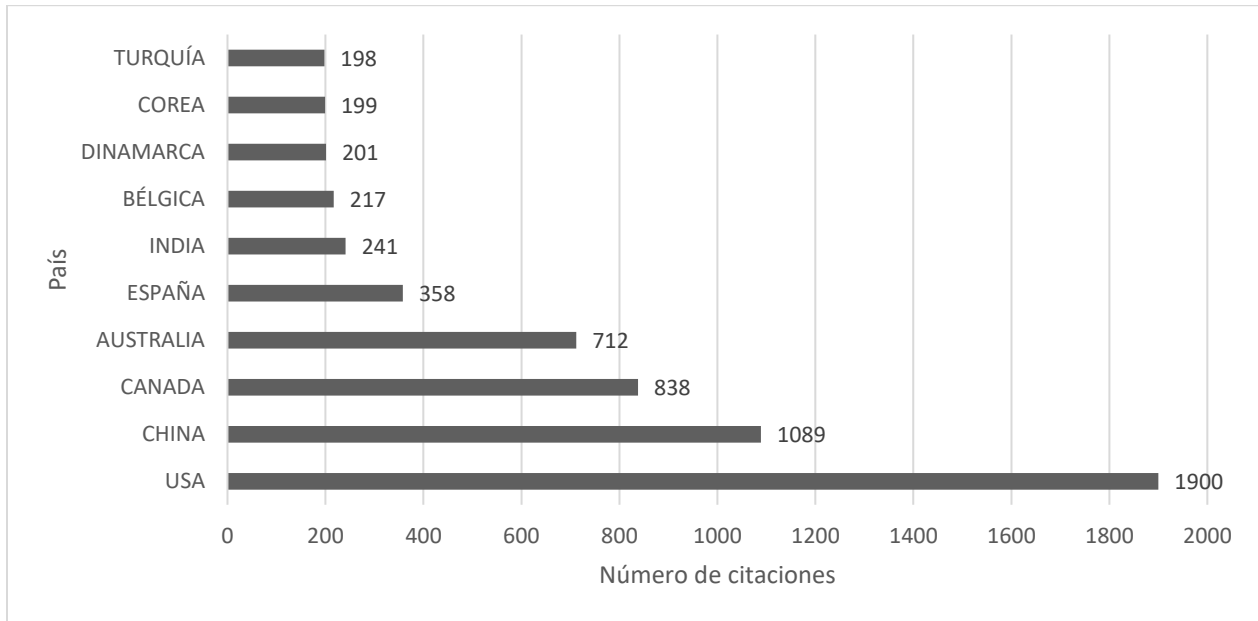


### 3.5 Países más citados

Ahora bien, al analizar los países más citados, Estados Unidos se encuentra en primer lugar, con un total de 1900 citaciones, evidenciando que, pese a que China tiene mayor producción científica, está en segundo lugar de países más citados, con menos de 1.100 citaciones (1089), seguido de Canadá (838), Australia (712) y España (358), los otros países tienen menos de 300 citaciones, como se observa en la figura 5:

## Figura 5.

### Top 10 de los Países más citados



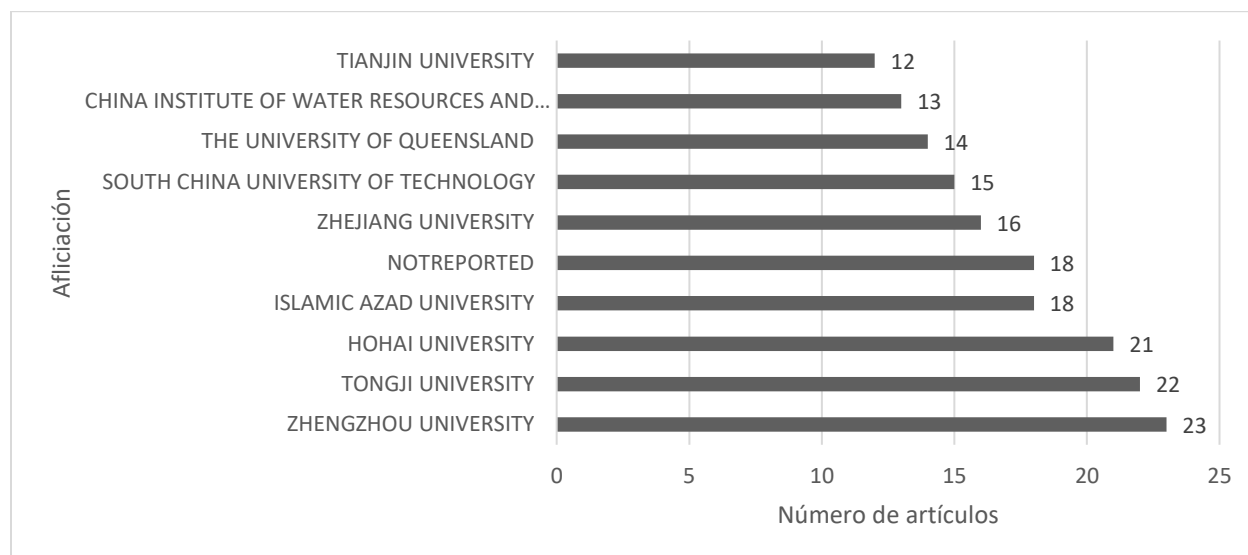
### 3.6 Afiliaciones más relevantes

Se determinaron las principales afiliaciones de un total de 688, resaltando en primer lugar, *la Zhengzhou University*, universidad pública de China, con un total de 23 artículos, considerada la más grande de China, en su origen participó el *Ministerio de Educación y el gobierno de Henan*, entre sus programas se encuentra el de ciencias de los materiales. En segundo lugar, se ubica la *Tongji University* ubicada en Shanghai, es la institución con mayor número de publicaciones, la *Universidad Tongji*, es una de las universidades de mayor prestigio de China, establecida desde el año 1907, oferta los programas de Ingeniería Civil y Arquitectura, entre otros. La tercera institución de mayor afiliación es *Hohai University* en Nanjing (21 artículos), adscrita al Ministerio de Educación de China, está enfocada en investigaciones que buscan conservar el agua desde sus programas de ingeniería.

Las tres principales afiliaciones se ubican en China, resaltando que son instituciones de educación superior, en las cuales el gobierno de este país, mediante su Ministerio de Educación ha tenido injerencia en su creación. Las otras afiliaciones cuentan con publicaciones que oscilan entre 12 y 18 artículos, como se evidencia en la figura 6.

**Figura 6.**

*Top 10 de las afiliaciones más relevantes*



### 3.7 Documentos más citados

Al analizar los documentos más citados, en primer lugar, se encuentra “*Automated detection of cracks in buried concrete pipe images*”, del autor *Sinha et al.*, publicado en el año 2006, su investigación trata sobre las imágenes de detección de forma automatizada para determinar las grietas en las tuberías, en segundo lugar, el artículo “*Impact-Echo: The Complete Story*”, publicado en el año 1997, el cual relaciona la historia de las tuberías y la necesidad de métodos para detectar fallas. En tercer lugar, la investigación “*Experimental investigation and prediction of the effect of chemical and biogenic sulfuric acid on different types of commercially produced concrete sewer pipes*”, publicada en el año 2004, la cual se enfocó en estudiar el efecto del ácido sulfúrico químico y biogénico en las tuberías, encontrando comportamientos diferentes según el tipo de cemento.

El cuarto artículo “*Impacts of Pipe Materials on Fixed Bacterial Biomass Densities in a Drinking Water Distribution System*”, del año 200, analiza la densidad bacteriana en toda la tubería, concluyendo que en el cemento presenta valores intermedios. El quinto artículo más citado es “*A technical review of electrochemical techniques applied to microbiologically influenced corrosion*”, publicado en el año 1991, el cual revisa la literatura relacionada con la aplicación de técnicas electroquímicas en el estudio de la corrosión.

Es importante resaltar, que en el ranking de los primeros diez documentos se encuentran que han sido citados en más de 100 artículos, como se detalla en la tabla 4.

**Tabla 4.***Top 10 documentos más citados*

<b>Título de artículo</b>	<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Total, Citaciones</b>	<b>Total, de citas por año</b>
<i>Automated detection of cracks in buried concrete pipe images</i>	Sunil K. SinhaaPaul W. Fieguth	2006	191	11.9375
<i>Impact-Echo: The Complete Story</i>	Sansalone M	1997	178	7.1200
<i>Experimental investigation and prediction of the effect of chemical and biogenic sulfuric acid on different types of commercially produced concrete sewer pipes</i>	N. De Beliea J. Montenya A. Beeldensb E. Vinckec D. Van Gemertb W. Verstraete	2004	172	9.5556
<i>Impacts of Pipe Materials on Fixed Bacterial Biomass Densities in a Drinking Water Distribution System</i>	Patrick Niquette, Pierre Servais, Raoul Savoir	2000	168	7.6364
<i>A technical review of electrochemical techniques applied to microbiologically influenced corrosión</i>	Florian Mansfeld, Brenda Little	1991	142	4.5806
<i>Corrosion of concrete sewers—The kinetics of hydrogen sulfide oxidation</i>	Jes Vollertsen Asbjørn Haaning Nielsen Henriette Stokbro Jensen Tove Wium-Andersen Thorkild Hvitved-Jacobsen	2008	125	8.9286
<i>Cost optimization of concrete structures</i>	Kamal C. Sarma Hojjat Adeli	1998	120	5.0000
<i>Durability of concrete pipes subjected to combined steam and carbonation curing</i>	Vahid Rostami Yixin Shao Andrew J. Boyd	2011	113	10.2727
<i>Infrastructure condition prediction models for sustainable sewer pipes</i>	Fazal Chughtai , M. ASCE; y Tarek Zayed , M. ASCE	2008	102	7.2857
<i>Analysis of corroded sewer pipe concrete.</i>	Jeffrey L Davis, Dana Nica, Kameron Shields, Deborah J Roberts	1998	101	4.2083

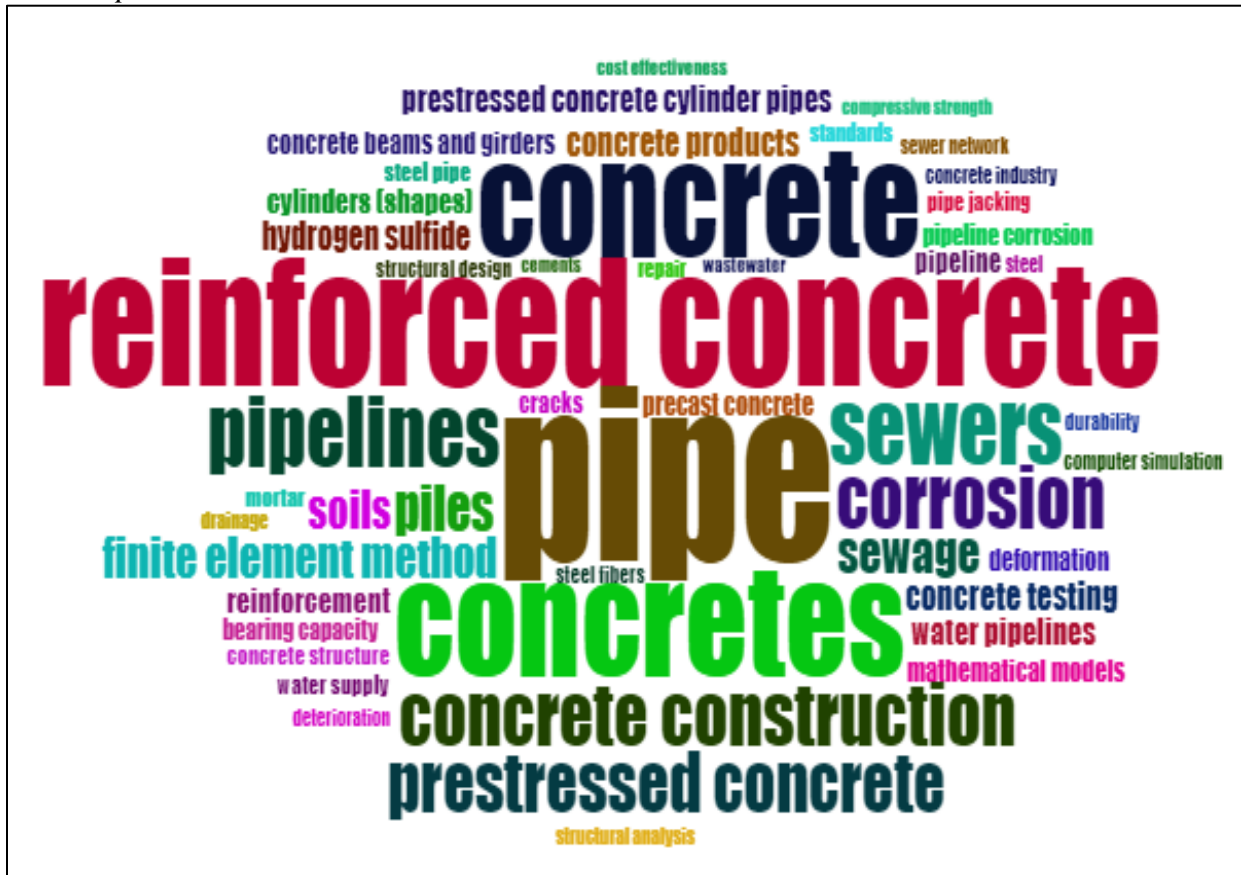


### 3.8 Palabras claves

En la figura 7 se observan 50 palabras claves referencias en los artículos científicos objeto de estudio, resaltando con mayor relevancia tuberías de hormigón armado, tubos, hormigón, concreto, en segundo plano palabras como grietas, prefabricado, deformación, hormigón construcción y hormigón pretensado, en un tercer plano palabras como cilindro, tubo de acero, carga de refuerzo, entre otras.

Figura 7.

*Nube de palabras*



En la tabla 5 se detallan las principales palabras claves utilizadas en los artículos de investigación, encontrando en primer lugar que tubería de hormigón se referencia en 619 artículos, seguido de la palabra tubo en 294 artículos.

**Tabla 5.**

*Top 10 de palabras claves*

Condiciones	Frecuencia
Tubería de hormigón	619
Tubo	294
Concreto reforzado	227
Hormigones	200
Hormigón	191
Alcantarillas	127
Oleoductos	125
Corrosión	113
Construcción de hormigón	110
Hormigón pretensado	107

### 3.9 Análisis y visualización de redes bibliométricas

En el programa Vosviewer se procedió a construir y visualizar las redes bibliométricas.

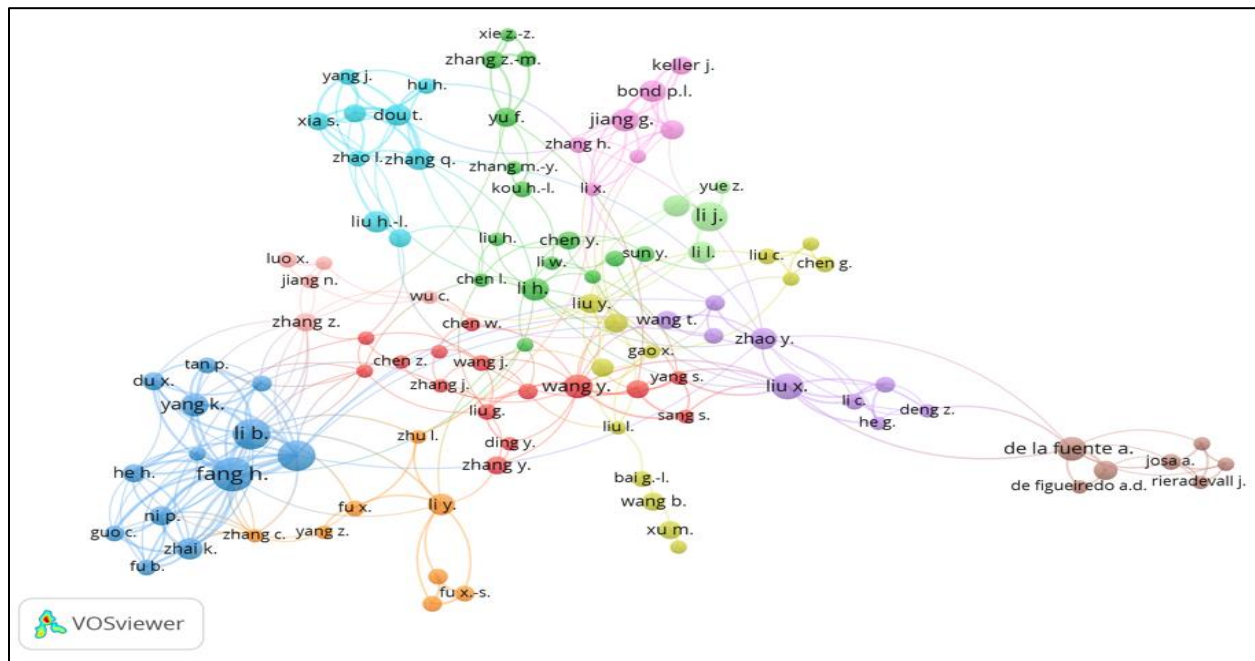
#### 3.9.1 Visualización de red por autores

En la figura 8 se visualiza la red de autores, determinando un mínimo de 3 documentos publicados por autor, encontrando que, de un total de 2.149. 190 cumplen este criterio, al analizar la fuerza total de los vínculos de coautoría se encontró relación entre ellos mediante diferentes redes, *Jiang Guangming*, es uno de los autores con mayor número de citaciones (335), relacionándose directamente con *Bond Philip*, el autor más influyente según número de citaciones (387), en un clúster integrado por 7 autores, otros autores que resaltan por sus coautorías son *Fang* y *Li Jiawang.*, cuya red está conformada por 13 autores. De La Fuente Antequera, Alberto, quien tiene 242 citaciones, se relaciona directamente en una red de 7 autores, entre ellos *Agudelo A.*, quien se encuentra entre los 10 autores más citados (217 citaciones), pero también con otras redes.

En cada red, alguno de sus autores se relaciona con otra red, encontrando poca dispersión y relación con la red principal. La red está conformada por 11 grupos, a su vez las más grandes cuenta con 15 autores (red de color rojo y azul oscuro) y la más pequeña con 4 autores.

**Figura 8.**

*Visualización de red de autores*

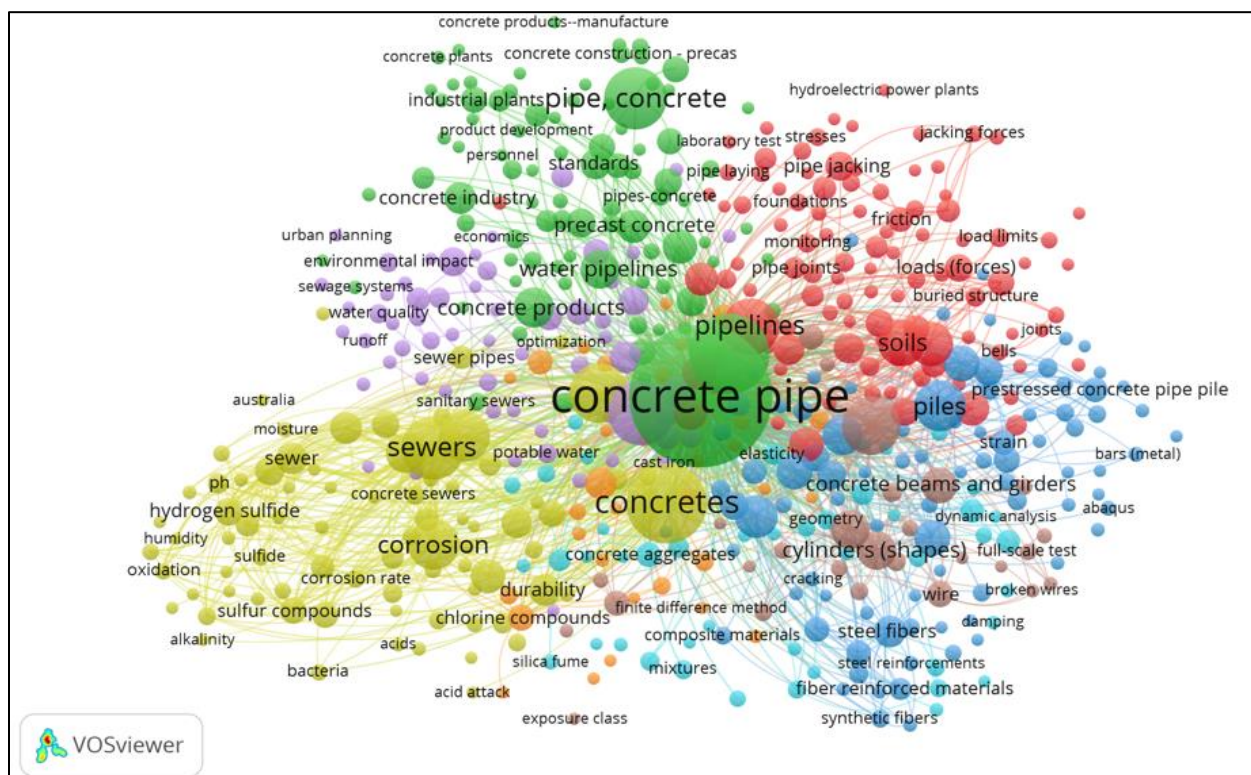


### 3.9.2 Visualización de red por palabras claves

Se procedió a la construcción de red por palabras claves, definiendo una ocurrencia de 5 palabras claves, encontrando que, de un total de 7.363 palabras, 522 cumplen esta característica, divididas en ocho grupos, el grupo número uno está conformado por 101 palabras, el grupo 2, contiene 90 ítems, el tercer grupo 87 palabras, el grupo cuarto 79 ítems, el quinto, 61 palabras, el sexto, 45 ítem, séptimo, 32 ítem y octavo 27 palabras. La principal palabra de las investigaciones es tubería de concreto, seguido de otras como concreto reforzado, alcantarillas de tubería, tubo elástico de hormigón, hormigón pretensado, capacidad de cargas, fibras de acero, corrosivo y recubrimientos protectores, como se evidencia en la figura 9.

**Figura 9.**

*Visualización de red por palabras claves*

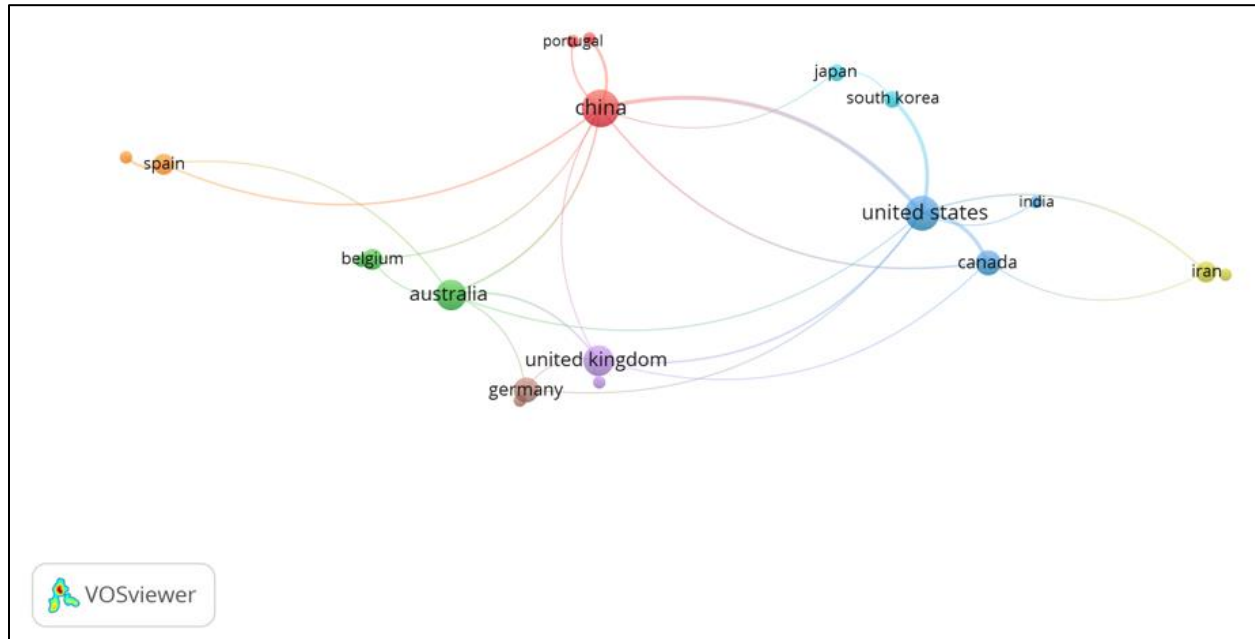


### 3.9.3 Visualización de por país

Para la construcción de red por país, se determinaron como mínimo 5 documentos por país, encontrando que, de los 102 países, 25 cumplen con el criterio. El país con mayor producción investigativa sobre el tema es China, el cual se relaciona con otros países, entre los que se encuentra Estados Unidos, que se cataloga en segundo lugar de relevancia, además de relacionarse con Francia, Australia, España, Alemania, entre otros. Es importante resaltar que la red está construida a partir de 8 grupos, el primero conformado por China, Portugal y Singapur, el segundo por Australia, Bélgica y Francia; el tercer clúster lo conforman Estados Unidos, Canadá e India. El cuarto grupo lo integran Irán y Turquía, el quinto grupo Italia y Reino Unido, sexto Japón y Corea del Sur, séptimo grupo Brasil y España, el último clúster está integrado por Alemania y Suecia, como se observa en la figura 10.

**Figura 10.**

*Visualización de red por país*



#### 4. Conclusiones

Se analizaron un total de 1.256 artículos sobre tuberías de concreto, estas publicaciones datan del año 1952, sin embargo, este tema no ha pasado de moda, durante lo corrido del año 2021 se registra un 5.25% del total de investigaciones, y para el año 2022 hay publicaciones aprobadas. Se resalta que el año con mayor producción científica del tema fue el 2020, con el 7.17%, este tema tomó relevancia desde el año 1974 donde se registra el 2.47% de publicaciones.

La fuente más relevante corresponde a *Betonwerk Und Fertigteil-Technik International*, específicamente el área de *Concrete Precasting Plant And Technology* relacionadas con plantas hormigón y tecnologías prefabricada, con un total de 121 artículos publicados, representando el 26.54% sobre el total de fuentes, las otras tienen un peso inferior al 10%.

Los autores más relevantes en consideración al número de citas de sus publicaciones, como *Bond Philip*, han investigado sobre la corrosión de las alcantarillas por diferentes patógenos y otros factores para su inicio, su diagnóstico y predicción; por otra parte, *Jiang Guangming* ha participado de algunas de las investigaciones de *Bond Philip* y ha analizado de forma independiente sobre el comportamiento de los pilotes de las tuberías de hormigón de alta resistencia y la resistencia del concreto con diferentes agregados.

El país que tiene un mayor número de producción científica es China, encontrando coherencia con el ranking de las afiliaciones, donde las *Universidades Zhengzhou, Tongji y Hohai* enfatizan sus esfuerzos en este tipo de investigaciones, en temas como la resistencia del concreto mediante diferentes métodos, pruebas de prototipo para medir capacidades y resistencias, análisis de propiedades mecánicas, modelos de esfuerzos y rendimiento de la tubería del hormigón, entre otras.

Las investigaciones realizadas se han enfocado en temas como los métodos para el diseño de las tuberías de concreto, diferentes metodologías para la evaluación de su estado, incluyendo tecnologías 4.0 y modelos matemáticos, los aspectos que influyen en su funcionalidad, las condiciones del suelo o agua que pueden llegar a afectar y los materiales que se están investigando para obtener un refuerzo de las tuberías.

Uno de los propósitos de las instituciones de educación superior y en general de la academia, es desarrollar capacidades investigativas en sus estudiantes y profesionales, avanzando de esta forma en el conocimiento, planteando entre sus estrategias de apropiación del conocimiento la divulgación de las mismas. En cumplimiento de dicha estrategia, durante los últimos años ha incrementado el número de investigaciones y por ende la disponibilidad de sus resultados para la comunidad en general

## Referencias

- Akasaki, J., Fioriti, C., Queiroz, R., Fugii, A., & Pinheiro, J. (2017). Performance of simple concrete pipes produced with the incorporation of rubber tires. *Revista Ingeniería de Construcción*, 31(1), 27-36. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000100003>
- Akbarpour, A., & Chamaani, S. (2020). Clutter Removal of Near-Field UWB SAR Imaging for Pipeline Penetrating Radar. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 1527 - 1539. doi:10.1109/JSTARS.2020.2983891
- Al-Maamori, H., El Naggar, H., & Micic, S. (2019). Numerical modeling of time-dependent deformation and induced stresses in concrete pipes constructed in Queenston shale using micro-tunneling technique. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 290-309. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2017.11.006>
- Alzabeebee, S., & Chapman, D. (2019). Economical design of buried concrete pipes subjected to UK standard traffic loading. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings*, 172(2), 141-156. doi:<https://doi.org/10.1680/jstbu.17.00035>

- Alzabeebee, S., Chapman, D., & Faramarzi, A. (2017). The response of buried pipes to UK standard traffic loading. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Geotechnical Engineering*, 170, 38-50. doi:<https://doi.org/10.1680/jgeen.15.00190>
- Alzabeebee, S., Chapman, D., & Faramarzi, A. (2018). Development of a novel model to estimate bedding factors to ensure the economic and robust design of rigid pipes under soil loads. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 71, 567-578. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tust.2017.11.009>
- Ardanuy, J. (2012). *Breve introducción a la bibliometría*. Barcelona : Universitat de Barcelona .
- Ban, H., Roh, S., & Park, W.-J. (2021). Performance Evaluation of Buried Concrete Pipe Considering Soil Pressure and Crack Propagation Using 3D Finite Element Analysis. *Applied Sciences*(11). doi:<https://doi.org/10.3390/app11073292>
- Bin, L., Hongyuan, F., Kangjian, Y., Peiling, T., & Fuming, W. (2020). Dynamic analysis of concrete pipes under the coupled effects of traffic load and groundwater level fluctuations. *Energy Science and Engineering*, 8(1), 203-215. doi: <https://doi.org/10.1002/ese3.520>
- Buda, L., Skrzypczak, I., & Kujda, J. (2017). Cracks analysis in the reinforced concrete pipes. *Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 88-93. doi:DOI:10.3846/bjrbe.2017.11
- Centre for Science and Technology Studies. (2021). *Welcome to VOSviewer*. Obtenido de <https://www.vosviewer.com/>
- Chang, H., & Choi, Y. (2020). Accelerated performance evaluation of repair mortars for concrete sewer pipes subjected to sulfuric acid attack. *Journal of Materials Research and Technology*, 13635-13645. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.09.124>
- Chen, R., Zhang, J., Chen, Z., & Gu, M. (2020). A Novel Numerical Method for Calculating Vertical Bearing Capacity of Prestressed Pipe Piles. *Advances in Civil Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2020/8828587>
- Cubillos, L., & Ramírez, M. (2020). *Aplicación de métodos bibliométricos al desarrollo de colecciones en bibliotecas universitarias*. Bogotá : Pontificia Universidad Javeriana.
- Da Silva, J., El Debs, M., & Kataoka, M. (2018). comparative experimental investigation of reinforced-concrete pipes under three-edge-bearing test: Spigot and Pocket and Ogee Joint pipes. *Acta Scientiarum - Technology*. doi: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v40i1.30860>
- Dávila, M., Guzmán, R., Macareno, H., Piñeres, D., De la Rosa, D., & Caballero, C. (2009). Bibliometría: conceptos y utilidades para el estudio médico y la formación profesional. *Salud Uninorte*, 25(2).

- Fang, H., Yang, K., Li, B., He, H., & Xue, B. (2020). Parameter Analysis of Wall Thickness of Cured-in-Place Pipe Linings for Semistructured Rehabilitation of Concrete Drainage Pipe. *Mathematical Problems in Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2020/5271027>
- Fang, H., Yang, K., Li, B., Tan, P., Wang, F., & Du, X. (2020). Experimental and Numerical Study on Mechanical Analysis of Buried Corroded Concrete Pipes under Static Traffic Loads. *Applied Sciences (Switzerland)*. doi:[doi:10.3390/app9235002](https://doi.org/10.3390/app9235002)
- Gálvez, D., Feys, D., & Riding, K. (2019). Characterization of Air Dissolution and Reappearance Under Pressure in Cement Pastes by Means of Rheology. *Frontiers in Materials*, 6(73). doi: <https://doi.org/10.3389/fmats.2019.00073>
- Gómez, Y. (2015). Usos y abusos de la bibliometría. *Revista Colombiana de Antropología*, 51(1).
- Gorbea, S. (2016). Una nueva perspectiva teórica de la bibliometría basada en su dimensión histórica y sus referentes temporales. *Scielo*, 30(30). doi:[doi:10.1016/j.ibbai.2016.10.001](https://doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.10.001)
- Gunasekaran, K., Annadurai, R., Chandar, S., & Anadh, S. (2017). Study for the relevance of coconut shell aggregate concrete non-pressure pipe. *Ain Shams Engineering Journal*, 8(4), 523-530. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asej.2016.02.011>
- He, H., Fang, H., Du, X., & Li, B. (2020). Mechanical Response of Gasketed Bell-and-Spigot Joint of Concrete Pipeline under Multifield Coupling. doi:<https://doi.org/10.1155/2020/2578451>
- He, Z., & Chen, J. (2019). Experimental study on the complex contact frictional property of an ultralong distance large-section concrete pipe jacking and prediction of pipe string stuck. *Advances in Materials Science and Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2019/4353520>
- Hu, H., Niu, F., Dou, T., & Zhang, H. (2018). Rehabilitation effect evaluation of CFRP-lined prestressed concrete cylinder pipe under combined loads using numerical simulation. *Mathematical Problems in Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2018/3268962>
- Jiang, L., Zhang, Y., & Jiao, H. (2020). Safety Distance of Helical Energy Dissipation Device for Concrete Mortar Gravity Pipeline Transportation in Deep Shaft. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 13(6), 68-73.
- Karakouzian, M., Karami, M., & Nazari, M. (2019). Flow-Induced Stresses and Displacements in Jointed Concrete Pipes Installed by Pipe Jacking Method. *Fluids*, 4(1). doi:<https://doi.org/10.3390/fluids4010034>
- Kou, H., Chu, J., Guo, W., & All, S. (2018). Pile load test of jacked open-ended prestressed high-strength concrete pipe pile in clay. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Geotechnical Engineering*, 171, 243-251. doi:<https://doi.org/10.1680/jgeen.16.00083>



- Kou, H., Diao, W., Liu, T., Yang, D., & Horpibulsuk, S. (2018). Field performance of open-ended prestressed high-strength concrete pipe piles jacked into clay. *Sensors (Switzerland)*, 18(12). doi: <https://doi.org/10.3390/s18124216>
- Kovalchuk, V., Markul, R., Pentsak, A., Parneta, B., Gayda, O., & Braichenko, S. (2017). Study of the stress-strain state in defective railway reinforced-concrete pipes restored with corrugated metal structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(1), 37-44. doi:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109611>
- Kristoffersen, M., Ove, K., Minoretti, A., & Borvik, T. (2020). Experimental and numerical studies of tubular concrete structures subjected to blast loading. *Engineering Structures*(233). doi:<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111543>
- Lei, J., Xue, B., Fang, H., LI, Y., & Yang, M. (2020). Forward analysis of GPR for underground pipes using CUDA-implemented conformal symplectic euler algorithm. *IEEE Access*, 8, 205590-205599. doi:10.1109/ACCESS.2020.3037811
- Li, B., Zhu, L., & Fu, X. (2019). Investigation of the Load-Sharing Theory of the RC Pipes Rehabilitated with Slip Liners. *Advances in Civil Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2019/9594379>
- Li, B.-j., Zhu, L., Li, Y., & Fu, X. (2019). Experimental investigation of an existing RCP rehabilitated with a grouted corrugated steel pipe. *Mathematical Problems in Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2019/7676359>
- Liu, G., Ding, Y., Wang, Y., & Zhang, Y. (2021). Effect of fibers on the temperature field and radial deformation behaviour of self-compacting. *Structural Concrete*, 431-444. doi: <https://doi.org/10.1002/suco.202000038>
- Merachtsaki , D., Tsardaka , E.-C., Anastasiou, E., Yiannoulakis, H., & Zouboulis, A. (2021). Comparison of Different Magnesium Hydroxide Coatings Applied on Concrete Substrates (Sewer Pipes) for Protection against Bio-Corrosion. (A. H. Nielsen, Ed.) *Water* , 13(9). doi: <https://doi.org/10.3390/w13091227>
- Merachtsaki, D., Fytianos, G., Papastergiadis, E., Samaras, P., Yiannoulakis , H., & Zouboulis, A. (2020). Properties and Performance of Novel Mg(OH)<sub>2</sub>-Based Coatings for Corrosion Mitigation in Concrete Sewer Pipes. *Materials*, 13(22), 1-20. doi:<https://doi.org/10.3390/ma13225291>
- Microsoft Corporation. (2021). ¿Qué es Power BI? Obtenido de <https://powerbi.microsoft.com/es-es/what-is-power-bi/>
- Peter, J., Chapman, D., Moore, I., & Hoult, N. (2018). Impact of soil erosion voids on reinforced concrete pipe responses to surface loads. *Tunnelling and Underground Space Technology*(82), 111-124. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.08.003>

- Piratla, K., Jin, H., & Yazdekhashti, S. (2019). A Failure Risk-Based Culvert Renewal Prioritization Framework. *Infrastructures*, 4(3). doi:doi:10.3390/infrastructures4030043
- Ramadan, A., Shehata, A., Younis, A.-A., Wong, L., & Nehdi, M. (2020). Modeling Structural Behavior of Precast Concrete Pipe with Single Elliptical Steel Cage Reinforcement. *Structures*, 903-916.
- Ross, R., Baji, A., & Barnett, D. (2019). Inner profile measurement for pipes using penetration testing. *Sensors (Switzerland)*, 19(2). doi: doi:10.3390/s19020237
- Ross, R., Stumpf, A., Barnett, D., & Hall, R. (2021). Condition Assessment for Concrete Sewer Pipes Using Displacement Probes: A Robotic Design Case Study. (G. Reina, Ed.) *Robotics*, 10(64). doi: <https://doi.org/10.3390/robotics10020064>
- Slavinska, O., Savenko, V., Bubela, A., & Yaremov, A. (2018). Investigation of the work of the road construction at the sites by pipedrenes from materials of different origin. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 18-26.
- Sriboon, W., Tuntiwaranuruk, U., & Sanoamuang, N. (2017). Hourly soil temperature and moisture content variations within a concrete pipe container for planting lime trees in Eastern Thailand. *Case Studies in Thermal Engineering*, 10, 192-198. doi:<https://doi.org/10.1016/j.csite.2017.06.005>
- Stanić, N., Langeveld, J., Salet, T., & Clemens, F. (2017). Relating the structural strength of concrete sewer pipes and material properties retrieved from core samples. *Structure and Infrastructure Engineering*, 13(5), 637-651. doi:<https://doi.org/10.1080/15732479.2016.1187631>
- Tahamouli, M., Samet, S., Nuraie, N., & Sohaei, S. (2017). Numerically based analysis of buried GRP pipelines under earthquake wave propagation and landslide effects. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 61(2), 292-299. doi:<https://doi.org/10.3311/PPci.9339>
- Universidad de Nápoles Federico II. (2021). *Bibliometrix*. Obtenido de <https://www.bibliometrix.org/index.html>
- Wang, T., & Zeng, C. (2020). Study of Cement-Based Superhydrophobic Composite Coating: New Option for Water Drainage Pipeline Rehabilitation. *Materials*(13), 1-13. doi:doi:10.3390/ma13215004
- Wang, T., Zhao, Y., Ma, B., & Zeng, C. (2021). Durability Study on High-Performance Fiber-Reinforced Mortar under Simulated Wastewater Pipeline Environment. (S.-J. Choi, Ed.) *Materials*, 14(3781). doi:<https://doi.org/10.3390/ma14143781>
- Wang, Y., Liu, X., Zhang, M., Yang, S., & Sang, S. (2020). Field test of excess pore water pressure at pile–soil interface caused by PHC pipe pile penetration based on silicon piezoresistive sensor. *Sensors (Switzerland)*, 20(10). doi: <https://doi.org/10.3390/s20102829>

- Wei, Y., Wang, D., Li, J., Jie, Y., Ke, Z., & Wong, T. (2020). Evaluation of Ultimate Bearing Capacity of Pre-Stressed High-Strength Concrete Pipe Pile Embedded in Saturated Sandy Soil Based on In-Situ Test. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(8). doi: <https://doi.org/10.3390/app10186269>
- Xu, J., & Ma, L. (2017). Study on Bearing Capacity of Prestressed Pipe Pile Foundation Under Horizontal Load. *Open Construction and Building Technology Journal*, *10*, 301-312. doi:10.2174/1874836801711010301
- Xu, Z., Feng, X., Zhong, S., & Wu, W. (2017). Surface Crack Detection in Prestressed Concrete Cylinder Pipes Using BOTDA Strain Sensors. *Mathematical Problems in Engineering*. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/9259062>
- Yang, Z., Fang, Q., Lv, B., Mei, C., & Fu, X. (2020). An Investigation into the Effect of Cracking on the Response of Drilled and Postgrouted Concrete Pipe Pile under Lateral Loading. *Advances in Materials Science and Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2020/5373958>
- Yang, Z., Li, G., & Nan, B. (2020). Study on Seismic Performance of Improved High-Strength Concrete Pipe-Pile Cap Connection. *Advances in Materials Science and Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2020/4326208>
- Zhang, Z., Fang, H., Li, B., & Wang, F. (2020). Mechanical Properties of Concrete Pipes with Pre-Existing Cracks. *Applied Sciences*, *10*. doi:doi:10.3390/app10041545
- Zhou, D.-q., Feng, C.-x., Li, L.-x., Zhou, Y., & Zhu, Q. (2020). Reinforcement Effect of Inclined Prestressed Concrete Pipe Piles on an Inclined Soft Foundation. *Advances in Civil Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2020/5275903>