

Análisis bibliométrico sobre las tendencias actuales de la normativa utilizada en tanques de almacenamiento de petróleo

Bibliometric analysis of current trends in regulations used in oil storage tanks

Ing. Einer Duvan Quintero-Duran¹, Ing. Jhan Carlos Bayona-Gómez², PhD. Mario Alberto Grave-Capistran³, PhD. Luis Alfonso Moreno-Pacheco³, PhD. José Martínez-Trinidad³, PhD. Ricardo Andrés García-León^{4*}

¹Universidad Minuto de Dios, Ocaña - Colombia., Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-5526-8248>, Email: einer.quintero@uniminuto.edu.co

²SAR Energy, Operadora gran tierra, Bogotá - Colombia, Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-2842-6294>, Email: jhanbayona96@gmail.com

³Instituto Politécnico Nacional. SEPI-ESIME, Zacatenco - México, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0911-4963>, <https://orcid.org/0000-0001-8723-8836>, <https://orcid.org/0000-0002-5445-2681>, Email: lamoreno@ipn.mx - mgrave@gmail.com

com - jmartinez1@ipn.mx

⁴Universidad del Magdalena, Santa Marta - Colombia. Programa de seguridad y salud en el trabajo, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2734-1425>, Email: ragarcial@unimagdalena.edu.co*

Cómo citar: E.D. Quintero-Duran, J.C. Bayona-Gómez, M.A. Grave-Capistran, L.A. Moreno-Pacheco, J. Martínez-Trinidad y R.A. García-León, "Análisis bibliométrico sobre las tendencias actuales de la normativa utilizada en tanques de almacenamiento de petróleo", *Rev. Ingenio*, vol. 21, n°1, pp.45-53, 2024, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.4402>

Fecha de recibido: 23 de mayo 2023

Fecha aprobación: 11 de octubre 2023

RESUMEN

Palabras claves:

API, bibliometría, confiabilidad, normas, petróleo.

Este estudio tiene como objetivo proporcionar una visión general sobre la evolución histórica de los tanques de almacenamiento de petróleo y las normas del Instituto Americano de Petróleo (API), utilizando un análisis bibliométrico de fuentes de alto impacto considerando base de datos Scopus, con la finalidad de evidenciar tendencias de autores, países, revistas, instituciones y redes colaborativas. Los resultados mostraron una tasa de crecimiento de la temática del 1.07% anual desde 1972 hasta 2022 de la temática que considero normas API y tanques de almacenamiento de petróleo principalmente. Los artículos fueron escritos por alrededor de 316 autores, principalmente de los países Estados Unidos, Irán y China, Turquía y Canadá, lo que representa el 58% del total de publicaciones analizadas (159). Asimismo, se evidencio que el autor más relevante es Guzey S el cual utilizado gran cantidad de palabras clave asociadas a sus investigaciones publicadas en la revista American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division.

ABSTRACT

Keywords:

API, reliability, bibliometrics, petroleum, standards.

This study aims to provide an overview of the historical evolution of oil storage tanks and the standards of the American Petroleum Institute (API), using a bibliometric analysis of high-impact sources considering the Scopus database, with the purpose of showing trends in authors, countries, journals, institutions, and collaborative networks. The results showed a subject growth rate of 1.07% annually from 1972 to 2022 for the subject that mainly considers API standards and oil storage tanks. The articles were written by around 316 authors, mainly from the United States, Iran, China, Turkey, and Canada, representing 58% of the total publications analyzed (159). Likewise, it was evident that the most relevant author is Guzey S, who used many keywords associated with his research published in the journal American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division.

1. Introducción

El petróleo es un líquido natural que se encuentra debajo de la superficie de la tierra y que se puede refinar para convertirlo en combustible. El petróleo es un combustible fósil, lo que significa que ha sido creado por la descomposición de la materia orgánica durante millones de años. El petróleo se forma cuando grandes cantidades de organismos muertos, principalmente zooplancton y algas, debajo de la roca sedimentaria se someten a calor y presión intensos. Por otra parte, el petróleo se utiliza como combustible para impulsar vehículos, unidades de calefacción y máquinas, además de

convertirse en plásticos y otros materiales. Debido a que la mayoría del mundo depende del petróleo para muchos bienes y servicios, la industria del petróleo es extremadamente poderosa y tiene una gran influencia en la política mundial y la economía global [1].

La extracción y el procesamiento del petróleo es un importante motor de la economía y la geopolítica mundial. Lo anterior debido a que a base del petróleo muchas empresas crean productos, incluidos plásticos, fertilizantes, automóviles y aviones, por ejemplo: el asfalto, el combustible

para los vehículos, el gas natural, entre otros. El petróleo es un combustible fósil versátil que se puede refinar en muchos productos diferentes. Los ejemplos comunes incluyen gasolina, queroseno, aceite combustible y aceite lubricante [2].

Los medios para almacenar líquidos peligrosos (contaminantes) han cambiado considerablemente desde el descubrimiento de petróleo en Pensilvania en 1859. Los barriles de madera fueron reemplazados por tanques de acero remachados y, finalmente, tanques de almacenamiento de acero soldado. Para regular los líquidos inflamables y los estándares para las pruebas de rendimiento y la construcción se desarrollaron en el primer cuarto del siglo XX. A medida que el uso de vehículos motorizados se convirtió en el medio de transporte más común, los tanques de almacenamiento se instalaron bajo tierra por razones de seguridad, comodidad y estética. Alrededor de la Segunda Guerra Mundial, los tanques galvanizados fueron reemplazados por tanques imprimados o pintados con asfalto.

La experiencia estadounidense de utilizar tanques de acero para almacenar petróleo y productos químicos representa grandes esfuerzos en muchas naciones. La historia de esa experiencia cubre los primeros días de descubrir cómo el petróleo podría cambiar la sociedad para mejor, hasta tiempos más recientes, cuando la conciencia ambiental y las preocupaciones por la seguridad pública han demostrado la necesidad apremiante de almacenar la fuente de energía de manera segura. A medida que la Era Industrial descubrió diferentes usos para el petróleo, las compañías petroleras tuvieron que encontrar las formas más efectivas de almacenar la fuente de energía. En los primeros días de la industria petrolera, los barriles de madera servían como recipientes de almacenamiento. Pero los productores y vendedores de petróleo pronto se dieron cuenta de que necesitaban una solución confiable, a largo plazo y de mayor capacidad. Finalmente, durante las dos últimas décadas del siglo XIX, se desarrollaron tanques de acero remachados para almacenar petróleo y, eventualmente, productos químicos líquidos. Considerando su uso ya sea en la superficie o bajo tierra, el tanque remachado se convirtió en el estándar para el almacenamiento cuando la capacidad necesaria superaba los pocos barriles [3].

La estandarización de los requisitos para el almacenamiento de petróleo o líquidos inflamables y combustibles atrajo mucho a los propietarios de tanques, fabricantes, bomberos y aseguradoras en los Estados Unidos, donde varias organizaciones interesadas en la fabricación y uso de tanques comenzaron a abordar los problemas de seguridad del almacenamiento de petróleo a principios 1900. A medida que se intensificaba el uso de derivados del petróleo, los productores de hidrocarburos y las empresas instaladoras de tanques crearon sus propias asociaciones. El Instituto

Americano del Petróleo (API, por sus siglas en inglés) se formó en 1919 y el Instituto de Equipos de Petróleo (PEI) se fundó en 1951. Ambos grupos han desarrollado varios estándares y pautas importantes para sistemas de tanques que son ampliamente respetados en muchos países [3].

A pesar de la importancia de las normas de API y las pruebas de laboratorio, actualmente no existe un instrumento bibliográfico estandarizado adaptado a los requisitos de fabricación y mantenimiento de diversos tanques de almacenamiento utilizados en el manejo del crudo. Los fabricantes deben adherirse a las mejores prácticas y recursos para optimizar los costos de construcción y mantenimiento, al tiempo que cumplen con los estándares del cliente [4] [5]. Además, falta una consolidación de datos bibliométricos sobre los avances científicos, tecnológicos y técnicos significativos en la fabricación de tanques de almacenamiento dentro del sector colombiano de hidrocarburos, especialmente en lo que respecta a las regulaciones API MPMS. Dichos datos proporcionarían información sobre las tendencias actuales en este sector industrial crucial a nivel mundial [6].

Considerando lo anterior, la finalidad de este trabajo de revisión de literatura es suministrar una visión general de la revisión histórica sobre tanques de almacenamiento de petróleo, disponiendo para esto el análisis bibliométrico basado en fuentes bibliográficas de alto impacto. Los datos fueron recopilados en agosto de 2022, directamente de la base de datos Scopus relacionada con el tema de tanques de almacenamiento de petróleo y las normas que se han aplicado para su uso y mantenimiento.

2. Materiales y métodos

El petróleo se recupera mediante la extracción en pozos. Una vez recuperado, se refina y se separa. Es más comúnmente refinado en diferentes tipos de combustibles. El petróleo contiene hidrocarburos de diferentes pesos moleculares, que en general, cuanto más denso es el petróleo, más difícil es procesarlo y menos valioso es. En la industria del petróleo, las compañías petroleras se dividen en upstream, midstream y downstream. Esto se refiere a la posición de una empresa de petróleo y gas en la cadena de suministro [1][7].

2.1. Análisis bibliométrico (BA)

La bibliometría es la ciencia que permite el análisis cuantitativo de la producción científica a través de la literatura, estudiando la naturaleza y el curso de una disciplina científica. La bibliometría va de la mano con la aplicación en métodos estadísticos y matemáticas a fuentes escritas que contengan elementos como idioma, palabra claves, descripciones, título del artículo o revista en la publicación, autores, tipo de documento, idioma y resumen. Asimismo, también se le llama bibliografía estadística por su necesidad al efectuar un recuento o resumen de publicaciones existentes, su principal función es la cuantificación de los libros y hacer un estudio

cuantitativo de unidades publicadas, unidades bibliográficas y sustitutos [8].

Analizar las publicaciones científicas y construir una fuerte columna en el proceso de investigación, es lo que se llama bibliometría, además de convertirse en una herramienta para calificar el proceso generador del conocimiento teniendo un impacto de este proceso en el entorno. Se puede considerar a su vez, como una sub-disciplina de la cienciometría al proporcionar información sobre los resultados de un proceso investigador, la evolución, estructura y su volumen, además lograr resaltar el impacto de las fuentes tanto como de la investigación [9]. Las métricas científicas y los análisis bibliométricos son tenidos en cuenta como punto de referencia por los científicos para realizar nuevos estudios, con el propósito de descubrir las nuevas tendencias científicas a través de la retroalimentación al interior de las instituciones de educación superior y el fortalecimiento del capital intelectual a través del tiempo [10].

Para realizar análisis bibliométricos, generalmente se utiliza el procedimiento descrito en la figura 1, la cual consiste en 3 pasos [11]. La información sobre la producción científica (artículos y libros) fue clasificada por áreas y redes de colaboración cuya información fue provista automáticamente por la base de datos Scopus sin el uso de otros softwares [12][13]. Esta información fue analizada y discutida considerando teorías sobre capital intelectual y producción científica en instituciones de educación superior y otras publicaciones. Nótese que, el análisis de la producción científica relacionada con las universidades con afiliación de artículos, se desarrolló considerando únicamente la información proporcionada directamente por Scopus sobre los autores y artículos por áreas y redes de colaboración [14]. Sin embargo, se seleccionó la base de datos Scopus por contar con los documentos de mayor impacto, facilidad de acceso, fácil visualización de los datos a lo largo de los años e información gráfica actualizada a partir de la producción científica [15].

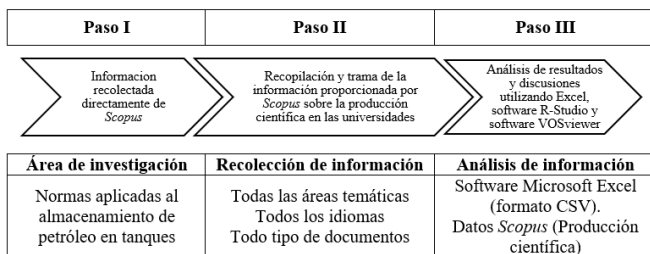


Figura 1. Etapas para el desarrollo del BA.

2.2. Resultados generales del análisis bibliométrico

El BA se llevó a cabo empleando la biblioteca Bibliometrix y la plataforma BiblioShiny del software *RStudio®* (V.1.4.1717) [16], el cual es uno de los programas más

utilizados para realizar análisis estadístico y ciencia de datos sobre el estudio relacionado con el tema de investigación, este programa es desarrollado para analizar y filtrar los campos más fundamentales de la literatura científica en temas específicos. En la figura 1 (presentada en la sección anterior), se describieron las etapas claves del flujo de trabajo desempeñado al análisis de datos recopilados desde la base de datos de Scopus, metodología propuesta por [13][17].

2.3. Recolección de datos e información

Los datos fueron acumulados el 19 de agosto de 2022 obtenidos de las publicaciones científicas de la base de datos Scopus sobre la aplicación de las normas API principalmente a nivel mundial para documentos publicados a partir de 1972, por lo que se estudiaron 159 documentos obtenidos, en donde se han utilizado las palabras claves “(API AND tank OR tanks OR container AND standard AND petroleum OR oil)” que traduce: API y tanque o tanques o contenedor y norma y petróleo o gas, que constituyeron la ecuación de búsqueda relacionada con este tema de investigación tan importante en el sector de los hidrocarburos. Por otra parte, el análisis de los resultados encontrados mediante el software bibliométrico (R-Studio) arrojó una tasa de crecimiento del 1.07% anual desde 1972 hasta 2022. Los artículos fueron escritos por alrededor de 316 autores, principalmente de los países Estados Unidos, Iran y China, Turquía y Canadá lo que representa el 58% del total de publicaciones analizadas.

3. Resultados y discusiones

3.1. Resultados estadísticos del BA

En la Tabla 1, se presenta el análisis de la base de datos global sobre el BA relacionado con las normas API, considerando 159 tipos de documentos diferentes en idioma inglés principalmente, debido a que es el idioma con el que se publica la mayoría de los documentos científicos, y los resultados estadísticos de los datos utilizados, de acuerdo con la metodología propuesta en la figura 2.

Tabla 1. Resultados globales del BA

Descripción	Resultados
Tiempo de análisis	1972:2022
Fuentes (Revistas, Libros, etc.)	99
Documentos	159
Promedio de años desde la publicación	17.3
Promedio de citas por documento	2,642
Promedio de citas por año por documento	0.2224
Referencias	1434
Tipos de documentos	
Abstract report	3
Article	66
Book	1
Book chapter	1
Conference paper	74
Conference review	2

Note	11
Short survey	1
Contenido del documento	
Palabras claves	1,107
Palabras claves del autor	171
Autores	
Autores	316
Apariciones del autor	377
Autores de documentos de un solo autor	37
Autores de documentos de varios autores	279
Colaboración de autores	
Documentos de un solo autor	60
Documentos por autor	0.503
Autores por documento	1.99
Coautores por documento	2.37
Índice de colaboración	2.82

3.2. Análisis de resultados obtenidos del BA

En este trabajo de revisión científica, se efectuó un BA por medio de la recopilación de datos de las publicaciones científicas existentes sobre la aplicación de la norma API en el sector de los hidrocarburos considerando la base de datos de Scopus, con la finalidad de visualizar de forma global el crecimiento a lo largo del tiempo de este tema de investigación y el uso de estas normas en diferentes estudios. El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo cuantificando las participaciones de diferentes autores y países a lo largo del tiempo sobre las tecnologías del proceso del petróleo, así como la implementación de las normas para el correcto mantenimiento y adecuaciones en tanques de almacenamiento.

3.3. Resumen de las publicaciones

La investigación de los resultados en detalle de los 159 documentos, presentan una tasa de crecimiento del 1.07% anual, desde 1972 hasta 2022, como se evidencia en la figura 3, se puede observar que el estudio relacionado con la aplicación de las normas API tuvo un incremento desde el 2005 hasta el 2016, fluctuando significativamente en el transcurso de los años, es evidente que el año 2017 se publicaron alrededor de 11 artículos relacionados con la temática de norma API.

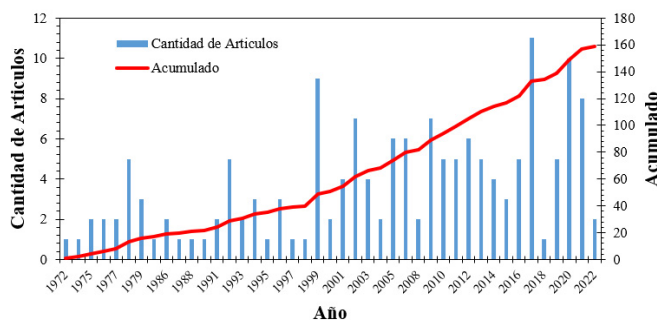


Figura 2. Tendencia del número de publicaciones y consolidación a lo largo de los años.

3.4. Evolución del uso de las palabras clave a lo largo de los años

Las palabras clave (Keywords, por su traducción al inglés), fueron recopiladas por la herramienta Bibliometrix, la cual examina la continuidad de aparición de cada palabra clave en las publicaciones, estas palabras clave proporcionan un concepto de configuración general de los temas trabajados en las publicaciones. Para este análisis, fueron empleadas las palabras clave de los autores, esto debido a que son aquellas propuestas por los autores, que por lo contrario las palabras clave plus, que son originarias espontáneamente de los títulos de los artículos que son citados. Estas palabras claves, fueron analizadas por medio del desarrollo de las más representativas, a lo largo de los años en cinco periodos de tiempo.

En la figura 3, se puede observar que en el transcurso de los periodos analizados, la palabra clave de tanques de aceite/petróleo han sido ampliamente utilizada por los autores, seguido del estudio de la presión en los tanques bajo diferentes estudios y análisis que han permitido tomar decisiones y mejorar el estado de los tanques en el área de mantenimiento.

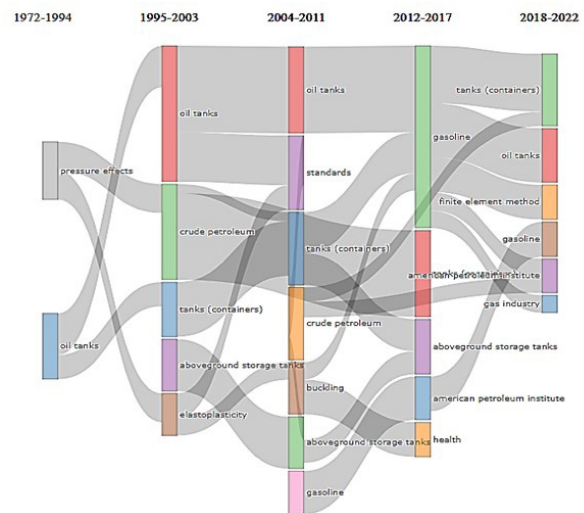


Figura 3. Diagrama de Sankey de la evolución de las principales palabras clave durante cuatro periodos de tiempo distintos 1969-2010, 2011-2016, 2017-2019 y 2020-2022.

Por otra parte, la figura 4 muestra las 20 palabras clave más empleadas y la reiteración de aparición para el análisis de los resultados encontrados del BA. Las palabras clave más utilizadas son: Tanques de aceite/petróleo, Tanques y normas, que hacen parte del 23% de las apariciones en palabras clave de los documentos analizados. La repetición entre el uso y frecuencia de aparición entre las palabras clave se muestra en la figura 5, donde podemos apreciar los círculos, donde más grande es el círculo, más apariciones tiene, y a su vez, la asociación que tiene con otras palabras clave, como se puede apreciar, por ejemplo: Tanques de aceite/petróleo, Tanques

y normas (Oil tanks, tanks and standards). Por otra parte, se pueden evidenciar diferentes colores estableciendo o agrupando las palabras claves en temáticas de investigación.

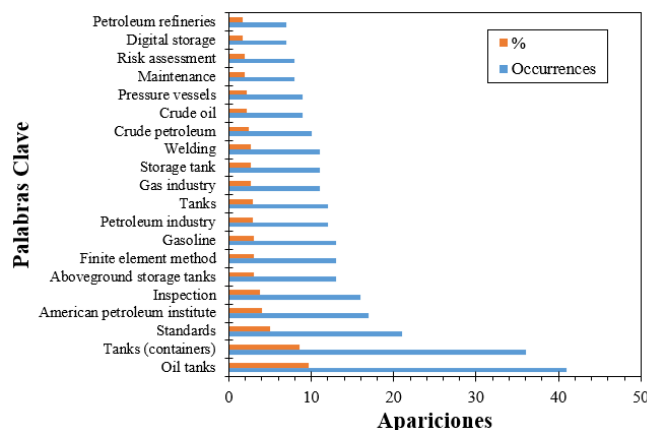


Figura 4. 20 palabras clave más comunes utilizadas en las

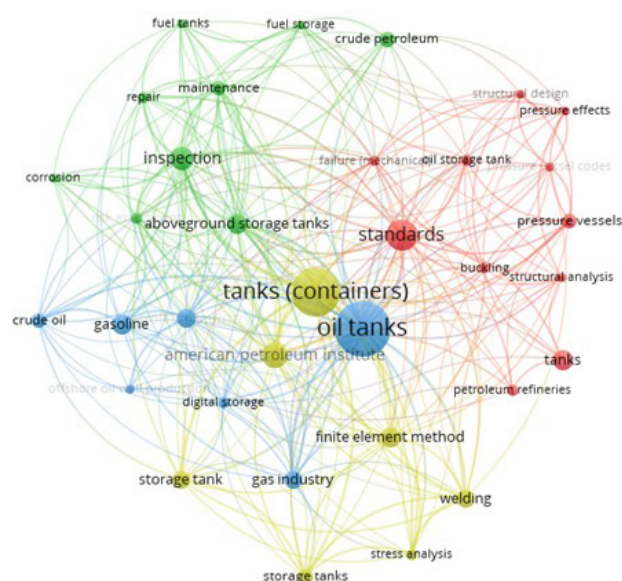


Figura 5. Interacción entre las palabras claves.

La figura 6 muestra el crecimiento de las 10 palabras claves más importantes relacionadas con el BA. Es evidente como se ha incorporado a través de los años el uso de la palabra tanques de petróleo y tanques o contenedores, seguido de las normas. Es importante mencionar que es de gran interés para el sector petrolero el estudio de esta temática de investigación para mejorar los procesos y así aplicar de manera efectiva el uso de la normatividad internacional [18]. Asimismo, el crecimiento de las palabras clave con los años, se complementa con la figura 7, la cual muestra la tendencia de las palabras clave con la frecuencia de aparición en las publicaciones científicas. Se evidencia en términos de frecuencia que las palabras más utilizadas son tanques de petróleo y tanques o contenedores, siendo de amplio interés en las investigaciones en esta área.

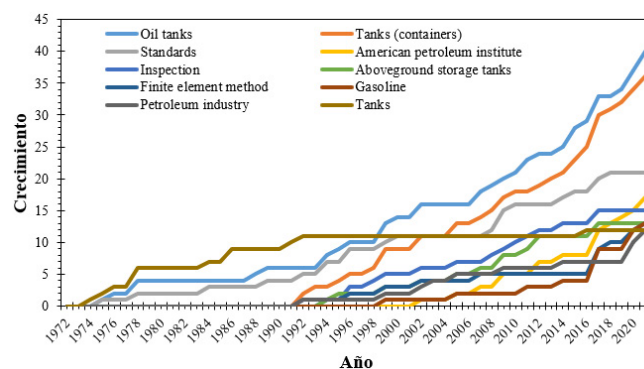


Figura 6. Crecimiento de las palabras clave con los años.

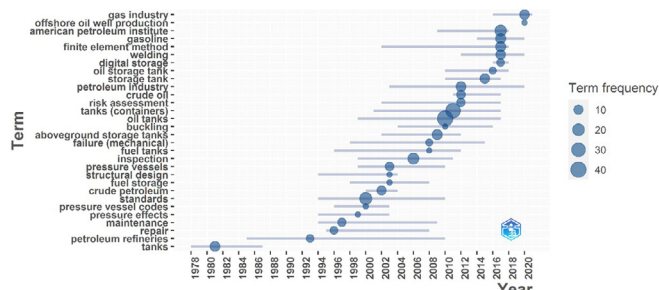


Figura 7. Tendencia de las palabras clave

3.6. Importancia de las revistas

Actualmente, las revistas más importantes que agrupan la mayor cantidad de artículos en el área del normas aplicadas al sector hidrocarburos a nivel mundial, son las revistas American Society Of Mechanical Engineers, Pressure Vessels And Piping Division, lo que representa el 5% del total de las publicaciones, y que a su vez tiene un h -Index de 3 (es decir, que al menos 3 artículos han sido citados 3 veces del análisis de información realizado), lo que representa la cantidad de artículos que han sido citados, la misma cantidad de veces, que la tendencia es que entre más artículos posee la revista, más cantidad de citaciones tiene, como es el caso de Hydrocarbon Processing, Oil And Gas Journal y International Journal Of Pressure Vessels And Piping, por el contrario también existen revistas que tienen poca cantidad de documentos y cuentan con gran cantidad de citaciones como es el caso de Pressure Vessel Design Manual y Environmental Progress.

Por otra parte, la figura 8 muestra el crecimiento de las revistas a lo largo de los años considerando la cantidad de documentos publicados. Se observa que la revista más importante continúa siendo American Society Of Mechanical Engineers, Pressure Vessels And Piping Division con un aproximado de 13 artículos hasta el momento que se realizó el BA para el año 2022, mostrando un crecimiento constante desde su aparición en 1989. Asimismo, la revista Oil And Gas Journal es la segunda más importante revista considerando que ha publicado de forma constante 10 artículos desde 1988 hasta la fecha. Se puede evidenciar que la edad de la revista

también considera que las publicaciones sean consideradas de alto impacto y por lo tanto, con la calidad científica para que sean altamente citadas.

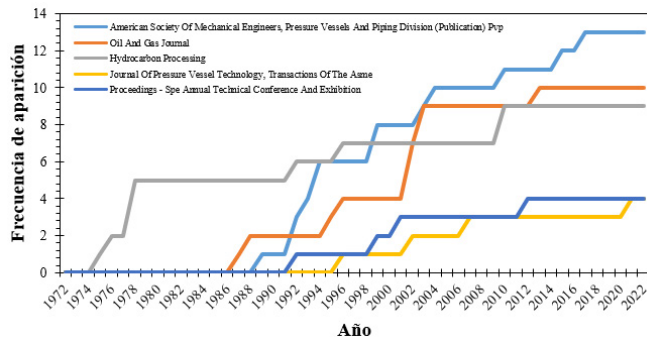


Figura 8. Evolución a lo largo del tiempo de las 10 principales revistas.

3.7. Autores relevantes

La figura 9 muestra la evolución a través de los años de los 20 autores más sobresalientes en el estudio de investigaciones relacionadas con la aplicación de normas API en el sector hidrocarburos. Así mismo, se puede observar el crecimiento de documentos por autor evidenciando que existen más autores en el año 2010 hasta el 2022 que han trabajado esta temática, considerando que uno de los autores, (Guzey S) obtuvo la mayor cantidad de publicaciones (2 en 2016), alcanzando de igual forma el mayor número de citaciones por un autor. Hasta el 2004, se puede observar que el estudio de investigaciones relacionadas con la aplicación de las normas API no era tan demandado, y a partir de este año tuvo un crecimiento constante.

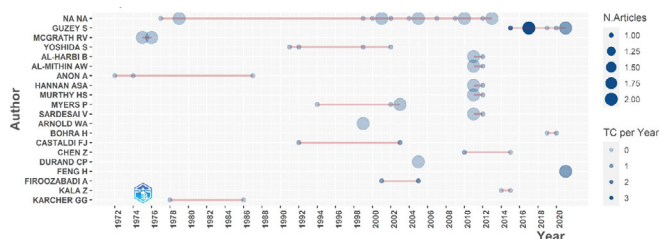


Figura 9. Impacto de los autores principales por número de artículos y total de citaciones por año.

Considerando los artículos más citados entre los documentos recopilados en el BA, el artículo titulado “Pressure vessel design manual cuyos autores son Moss DR y Basic MM” presenta 73 citaciones seguido del artículo titulado “Basis of seismic design provisions for welded steel oil storage tanks cuyos autores son Wozniak RS Mitchell WW” presenta 40 citaciones basado en el análisis y correlaciones entre las referencias bibliográficas de los 159 artículos analizados [19]; Asimismo, se pueden evidenciar trabajos relevantes en la temática con menos de 25 citaciones. Estos artículos altamente citados de forma global representan

una fuente de guía para estudios donde se abordó la temática de normas API aplicadas al sector hidrocarburos.

Para el caso del impacto de los autores estudiados en el BA, se logró evidenciar en concordancia con la figura 14 los autores más importantes con su h index, total de citaciones, número de publicaciones y el año en el cual obtuvieron su primera publicación. Es evidente que Guzey se mantiene de primero seguido de Castaldi F y Firoozbadi A, con 6, 2 y 2 publicaciones en el tema, respectivamente. Por otra parte, las redes colaborativas entre autores se muestran en la figura 10. Es evidente la colaboración entre autores como Hannan Asa, Murthy Hs, Al-Harbi B, Al-Mithin AW y Sardesai V determinada por el color verde, seguido del color rojo liderado por Guzey S, Rondon A, Feng H y Bohra H. Por otra parte, se presentan colaboraciones en grupos de dos autores como es el caso del color naranja, azul, marrón y morado. Estas redes de colaboración resultan ser de gran importancia en la comunidad científica dado a que contribuyen en la generación de mayor cantidad de ideas y por lo tanto productos de investigación plasmados en artículos de investigación, libros y participación en congresos. En la mayoría de los casos, la ciencia habla de la interdisciplinariedad de las áreas, lo cual conlleva al desarrollo de investigaciones más sólidas en materia de profundidad y alcance, logrando así una mayor visibilidad que resulta en las citaciones del material de publicación científica.

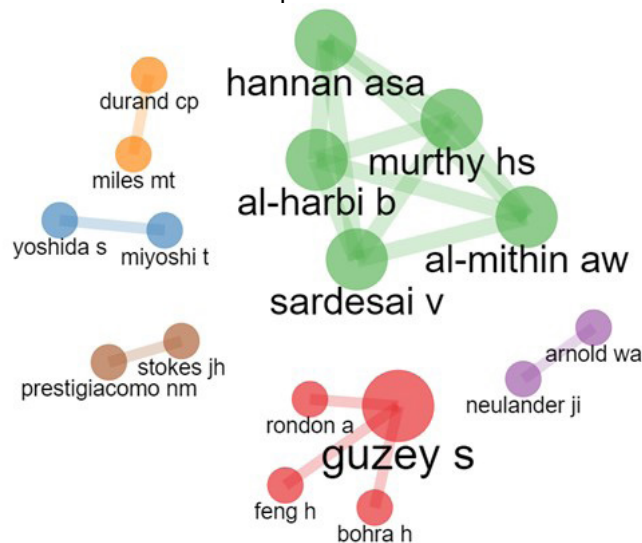


Figura 10. Redes de colaboración entre autores.

Considerando las referencias de los documentos analizados, las redes de co-citación entre los artículos estudiados, la figura 11 muestra las principales co-citaciones entre los autores, evidenciando que Godoy y Rodon son unos de los autores que más co-citaciones presenta entre los autores y documentos estudiados, concluyendo que sus investigaciones han impactado las investigaciones relacionadas con la aplicación de las normas API en el sector de los hidrocarburos [20].

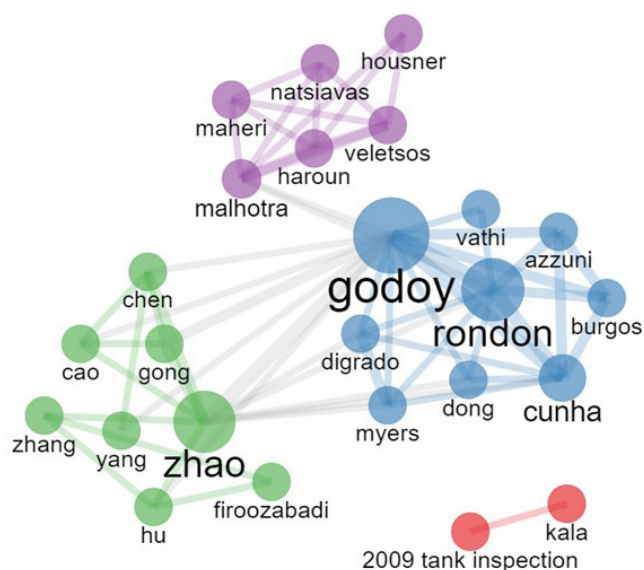


Figura 11. Redes de co-citación entre autores.

3.8. Instituciones más importantes

Las 20 instituciones más relevantes se muestran en la figura 12, teniendo en cuenta el número de publicaciones desde 1972. Estas instituciones, se vinculan con la cantidad de publicaciones por autor y la regularidad por filiación; de este modo, Purdue University es la institución donde más se ha avanzado en investigaciones asociadas con el estudio de la aplicación de las normas API en la industria petrolera, con un total de 7 publicaciones. Igualmente, University Of Theran está en el segundo puesto con un total de 4 publicaciones. Y las demás instituciones presentan publicaciones menores a 1, que son la mayoría de las instituciones que representan el 80% de las publicaciones recopiladas. El gran aporte de la Purdue University de Estados Unidos, se debe en gran medida a sus excelentes laboratorios, y a su vez por su estratégica ubicación en estados unidos que logra el acercamiento con instituciones del sector petrolero.

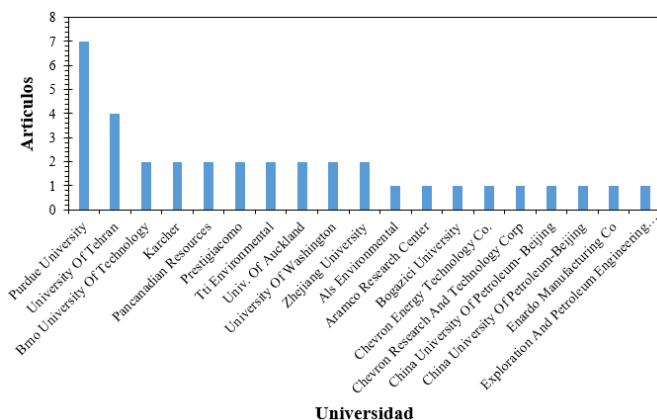


Figura 12. Las 20 instituciones más relevantes.

La figura 13 se puede visualizar que los países con mayores citaciones no son precisamente los que tienen mayor promedio de citaciones en los diferentes artículos donde se les mencionan, y dicha frecuencia no tiene una tendencia, este análisis se puede distinguir con Estados Unidos, detallando que el total de citaciones fue de 4810, mientras que el promedio por citaciones fue de 22.06, por otra parte China, Turquía, y Canadá poseen 1581, 1474 y 1130 citaciones respectivamente, mientras que un promedio de citaciones de 7.75, 50.83 y 50.54, respectivamente; siendo el promedio de citaciones de Turquía el más alto para el caso de los países analizados. Por otra parte, es importante mencionar que Estados Unidos es un importante país donde se han desarrollado estudios en normas API aplicadas a tanques de almacenamiento de petróleo porque fue en USA donde fueron elaboradas.

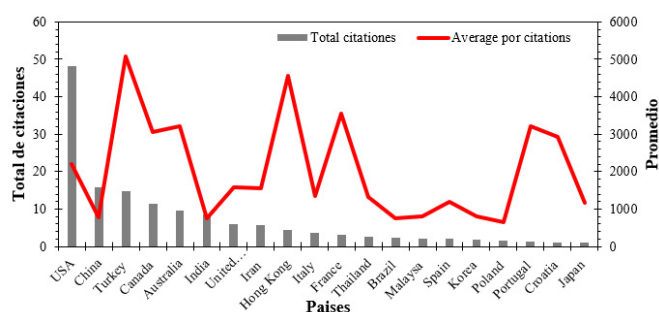


Figura 13. Países más relevantes por total y promedio de citaciones.

La colaboración entre los países se puede apreciar en la figura 14, donde la relación China-Estados Unidos, Estados Unidos-India son las principales colaboraciones, también se puede apreciar que China y Holanda, China y Egipto, Estados Unidos y Canadá tienen una colaboración bastante amplia. Se puede observar que el tamaño de los círculos infiere directamente con la cantidad de citas relacionadas a través del tiempo.

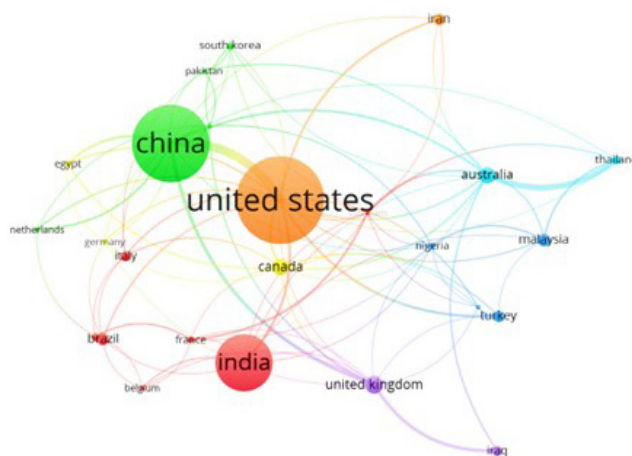


Figura 14. Colaboración entre países.

4. Conclusiones

El análisis bibliométrico debe considerar un plan de trabajo, para considerar cada uno de los aspectos que involucra la extracción, análisis y cuantificación de la información obtenida para el análisis de datos. Es importante mencionar que antes de realizar un análisis bibliométrico se debe conocer información al respecto sobre la temática a investigar y de esta manera sobre autores relevantes de las publicaciones más relevantes en un área específica.

Como resultado del análisis bibliométrico BA, se obtuvo una tasa de crecimiento del 1.07% anual desde 1972 hasta 2022 de la temática que considero normas API y tanques de almacenamiento de petróleo principalmente. Los artículos fueron escritos por alrededor de 316 autores, principalmente de los países Estados Unidos, Iran y China, Turquía y Canadá lo que representa el 58% del total de publicaciones analizadas (159). Asimismo, se evidencio que el autor más relevante es Guzey S el cual utilizado gran cantidad de palabras clave asociadas a sus investigaciones publicadas en la revista American Society Of Mechanical Engineers, Pressure Vessels And Piping Division. Asimismo, como este autor es de Estados Unidos adscrito a la Purdue University, ha trabajado en colaboración con otros países lo que genero mayor visibilidad en términos de frecuencia de su nombre y por lo tanto de su país.

El estándar Norte Americano API 650 es el más utilizado en la industria del petróleo debido a su amplia demanda y cobertura en los cálculos de diseño y fabricación de tanques soldados de almacenamientos, los tanques diseñados y fabricados bajo este estándar deben soportar presiones de operación atmosférica menores a 18KPa o presiones internas que no sobrepasen el peso del techo, además la temperatura máxima de operación es de 93 °C.

5. Referencias

- [1] J. Chen, "Petroleum," WebPage, 2022. [Online]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/p/petroleum.asp>.
- [2] P. Guerrero-Torre, "Estimación de costos en proyectos metalmecánicos y su aplicación al área petrolera," Escuela Politécnica Nacional, 2013.
- [3] W. B. Geyer, Handbook of Storage Tank Systems: Codes: Regulations, and Designs 1st Edición, CRC Press. USA: CRC Press, 2000.
- [4] R. A. García-León, M. T. Crespo-Guerra, M. Grave-Capistran y A. Ruiz-Rios, "Gráficos triangulares del comportamiento físico de arcillas utilizadas para la fabricación de productos de mampostería en Colombia," Rev. Ingenio, vol. 16, no. 1, pp. 50–55, 2019, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2353>.
- [5] R. A. García-León, J. Herrera-Perea, and J. Cerón-Guerrero, "Improvement of the mechanical properties of nodular gray cast iron with the application of heat treatments," Rev. Ingenio, vol. 17, no. 1 SE-Artículos de Investigación, pp. 21–27, Jan. 2020, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2653>.
- [6] I. Freitas de Almeida, M. Castelo Branco y R. Almeida de Oliveira, "Estudio comparativo en el diseño a flexión y cortante para zapatas corridas," Rev. Ingenio, vol. 16, no. 1 SE-Artículos de Investigación, pp. 23–29, Jan. 2019, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2364>.
- [7] R. A. García-León, E. N. Flórez-Solano y G. Guerrero-Gómez, "Construcción de un banco de pruebas de medidores de flujo para el laboratorio de mecánica de fluidos de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña," Rev. Ingenio, vol. 14, no. 1 SE-Artículos de Investigación, pp. 19–26, Jul. 2017, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2191>.
- [8] E. S. López et al., "Bibliometry, an efficient tool to assess the postgraduate scientific activity," Medisur, vol. 7, no. 4, pp. 291–294, 2009.
- [9] T. A. Escorcia Otálora, "Análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado," Pontificia Universidad Javeriana, 2008.
- [10] R. D. Buitrago-Pulido, "Análisis bibliométrico sobre la producción científica en distribución en planta en la red Redalyc durante el periodo 2007 - 2017," Sci. Tech., vol. 24, no. 3 SE-Industrial, pp. 446–450, Sep. 2019, doi: <https://doi.org/10.22517/23447214.21401>.
- [11] SNIES-Mineducación, "Sistema Nacional de Información de la Educación Superior," WebPage, 2022, [Online]. Available: <https://hecaa.mineducacion.gov.co/consultaspublicas/ies>.
- [12] I. F. Aguillo, "Is Google Scholar useful for bibliometrics? A webometric analysis," Scientometrics, vol. 91, no. 2, pp. 343–351, 2012, doi: <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0582-8>.
- [13] R. A. García-León, J. Martínez-Trinidad and I. Campos-Silva, "Historical Review on the Boring Process using Bibliometric Analysis," Trans. Indian Inst. Met., vol. 74, no. March, pp. 541–557, 2021, doi: <https://doi.org/10.1007/s12666-020-02174-6>.
- [14] R. Pico-Saltos, P. Carrión-Mero, N. Montalván-Burbano, J. Garzías, and A. Redchuk, "Research Trends in Career Success: A Bibliometric Review," Sustainability, vol. 13, no. 9. 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/su13094625>.
- [15] M. Visser, N. J. van Eck, and L. Waltman, "Large-scale comparison of bibliographic data sources: Scopus, Web of Science, Dimensions, Crossref, and Microsoft Academic," Quant. Sci. Stud., vol. 2, no. 1, pp. 20–41, Apr. 2021, doi: https://doi.org/10.1162/qss_a_00112.
- [16] M. Añía and C. Cuccurullo, "bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis," J.

- Informetr., vol. 11, no. 4, pp. 959–975, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.
- [17] R. A. García-León, J. A. Gómez-Camperos, and H. Y. Jaramillo, “Scientometric Review of Trends on the Mechanical Properties of Additive Manufacturing and 3D Printing,” *J. Mater. Eng. Perform.*, 2021, doi: <https://doi.org/10.1007/s11665-021-05524-7>.
- [18] E. Espinel-Blanco, E. N. Flórez-Solano y J. E. Barbosa-Jaimes, “Estudio para la generación de energía por un sistema con paneles solares y baterías,” *Rev. Ingenio*, vol. 17, no. 1 SE-Artículos de Investigación, pp. 9–14, Jan. 2020, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2392>.
- [19] M. Pantusheva, “Seismic Analysis of Steel Storage Tanks: Overview of Design Codes Used In Practice.” Zenodo; University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10359429>.
- [20] P. Pinilla-Pérez, “Sostenibilidad económica y medio ambiente en Colombia: muchas normas y poca aplicabilidad,” *Rev. Ingenio*, vol. 5, no. 1 SE-Artículos, pp. 78–84, Dec. 2012, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2175>.