



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3447>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Revisión

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

Literature review of the application of ultrasonic methods to the verification of construction materials

Revisão de literatura sobre a aplicação de métodos ultrassônicos na verificação de materiais de construção

Lidia Castro Cepeda ^I

lidia.castro@esepoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0471-2879>

Fabián Bastidas Alarcón ^{II}

fabian.bastidas@esepoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3238-4072>

Andrés Noguera Cundar ^{III}

andres.noguera@esepoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6763-9288>

Christian Flores Arévalo ^{IV}

giovanni.flores@esepoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0132-8326>

Correspondencia: lidia.castro@esepoch.edu.ec

***Recibido:** 29 de mayo de 2023 ***Aceptado:** 12 de junio de 2023 * **Publicado:** 11 de julio de 2023

- I. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Grupo de Investigación GIDETER, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Grupo de Investigación GISAI, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Grupo de Investigación GIDETER, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Grupo de Investigación GIDETER, Ecuador.

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

Resumen

En la siguiente revisión bibliográfica analizamos la aplicación de los métodos ultrasónicos en la verificación de materiales como; Madera, plásticos, productos cerámicos, rocas, piedras y el hormigón. Tomando en cuenta las características de propagación de las ondas ultrasónicas: Direccionalidad, difracción, dispersión, reflexión y transmisión. Para la verificación utilizamos el método de transmisión o intensidad y el de impulso de eco.

La aplicación de estos métodos existentes para la verificación dependerá de la microestructura del material. La estimación de la velocidad de propagación de los impulsos ultrasónicos en los materiales prefabricados resulta de gran importancia para analizar su uniformidad, calidad, alteraciones en el tiempo, grietas, fisuras, etc.

La idea es realizar un control de calidad permanente, que permita la continuidad correcta de labores y/o evitar retrabajos probablemente costosos, en resumen, generar ahorros para la industria de la construcción.

Tomando en cuenta el método de ultrasonido para varias situaciones en la rama de la ingeniería civil ayudándonos a tener un resultado de beneficencia para el análisis y verificación de materiales de construcción, así dándonos principio exactos para tener buenos resultados en la construcción.

Palabras Claves: Ultrasonido; Propagación; Uniformidad; Difracción; Microestructura; Materiales de Construcción; Equipos Ultrasónicos; Onda Ultrasónica.

Abstract

In the following bibliographical review we analyze the application of ultrasonic methods in the verification of materials such as; Wood, plastics, ceramic products, rocks, stones and concrete. Taking into account the propagation characteristics of ultrasonic waves: Directionality, diffraction, dispersion, reflection and transmission. For verification we use the transmission or intensity method and the echo pulse method.

The application of these existing methods for verification will depend on the microstructure of the material. The estimation of the speed of propagation of ultrasonic impulses in precast materials is of great importance to analyze their uniformity, quality, changes over time, cracks, fissures, etc.

The idea is to carry out a permanent quality control, which allows the correct continuity of work and/or avoid probably costly rework, in short, generate savings for the construction industry.

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

Taking into account the ultrasound method for various situations in the branch of civil engineering, helping us to have a beneficial result for the analysis and verification of construction materials, thus giving us exact principles to have good results in construction.

Keywords: Ultrasound; Spread; Uniformity; Diffraction; microstructure; Construction materials; Ultrasonic Equipment; ultrasonic wave.

Resumo

Na revisão bibliográfica a seguir analisamos a aplicação de métodos ultrassônicos na verificação de materiais como; Madeira, plásticos, produtos cerâmicos, rochas, pedras e concreto. Levando em consideração as características de propagação das ondas ultrassônicas: Direcionalidade, difração, dispersão, reflexão e transmissão. Para verificação, usamos o método de transmissão ou intensidade e o método de pulso de eco.

A aplicação desses métodos existentes para verificação dependerá da microestrutura do material. A estimativa da velocidade de propagação dos impulsos ultrassônicos em materiais pré-moldados é de grande importância para analisar sua uniformidade, qualidade, mudanças ao longo do tempo, trincas, fissuras, etc.

A ideia é realizar um controle de qualidade permanente, que permita a correta continuidade da obra e/ou evite retrabalhos provavelmente onerosos, enfim, gerar economia para a construção civil.

Levando em conta o método de ultrassom para diversas situações no ramo da engenharia civil, ajudando-nos a ter um resultado benéfico para análise e verificação de materiais de construção, dando-nos assim princípios exatos para termos bons resultados na construção.

Palavras-chave: Ultrassom; Espalhar; Uniformidade; Difração; Microestrutura; Materiais de construção; Equipamento Ultrassônico; onda ultrassônica.

Introducción

El término ultrasónico se refiere, en general, a oscilaciones mecánicas, cuyas frecuencias están por encima del nivel audible. El límite entre el sonido audible y el sonido ultrasónico se da normalmente a la frecuencia de $20 \text{ kHz} = 20000 \text{ Hz}$ (20000 oscilaciones por segundo). Las frecuencias normalmente utilizadas en las técnicas de ensayo ultrasónico van de los 45-54 kHz para hormigones a 15 MHz para algunos metales. A estas frecuencias las ondas se transmiten razonablemente bien en líquidos y sólidos, sin embargo, no se transmiten en el aire. Por esta razón una onda ultrasónica que

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

se mueve en el interior de un material a verificar se moverá siempre dentro de este, ya que no puede abandonar la pieza al reflejarse en la interfase formada por la pieza y el aire que la rodea, (vargas, 2008). El ultrasonido utiliza ondas sonoras para producir fotografías de las estructuras internas del cuerpo. Ayuda a diagnosticar las causas del dolor, la hinchazón, y la infección en los órganos internos del cuerpo, y a examinar al niño que aún no ha nacido (feto) en las mujeres embarazadas. En los niños pequeños, los médicos generalmente utilizan el ultrasonido para evaluar el cerebro, las caderas, y la columna vertebral. También ayuda a guiar las biopsias, diagnosticar condiciones del corazón, y evaluar el daño luego de ataque cardíaco. El ultrasonido es seguro, no es invasivo, y no utiliza radiación, (Radiological Society of North America (RSNA) and American College of Radiology, (azuola, 2007).

Se propone el método ultrasónico para control de calidad en obra, ofreciendo una tecnología práctica además de amigable con el planeta, dado que permite infinitas repeticiones y técnicamente no genera residuos ni emplea químicos este método se aplica cuando no presenta fallas visibles, que pueden aparecer en la estructura, (vasallo., 2015).

Por tanto, esta investigación se basa en la necesidad de conocer los métodos ultrasónicos para la verificación de materiales de construcción, tomando en cuenta varias investigaciones y artículos científicos para tener una información de calidad.

Método

Previo a una revisión bibliográfica, se siguieron las pautas del método PRISMA, (Tricco et al., 2018), (Figura. 1), el mismo que sustenta su metodología en la revisión de bases de datos como las siguientes: Springer Link, Google Scholar, Scopus, Redalyc y Scielo, en este caso solo se utilizó Google Scholar, luego se establecen parámetros como: preguntas de investigación, búsqueda de documentos, artículos seleccionados y obtención de datos, que permiten a los investigadores obtener la información más relevante y actualizada para generar un documento científico de alta calidad.

A. Preguntas de Investigación

El número de preguntas generadas para la presente investigación se estableció de acuerdo con un análisis del tema en estudio, en este caso el estudio de aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción. Para la ejecución de este punto de la investigación, la bibliografía recomienda considerar algunos puntos de vista como métodos de ultrasonidos, el efecto

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

piezoeléctrico y la propagación de las ondas ultrasónicas, en función de estos parámetros surgen las siguientes preguntas, que se observan en la Tabla 1.

Tabla 1 Preguntas de investigación

Número	Preguntas de investigación	Motivación
PI 1	¿Qué métodos de ultrasonido verifican materiales de construcción?	La identificación de los materiales que se comportan como aislantes acústicos
PI 2	¿Qué importancia se les da a los métodos de ultrasonido?	Se identifican los métodos de ultrasonidos.
PI 3	¿Como varía la velocidad en la propagación de las ondas ultrasónicas?	Conocer la variación de la velocidad en la propagación de las ondas ultrasónicas sobre materiales de construcción.

B. Búsqueda de documentos

Se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos, considerando los puntos de vista descritos en la sección anterior, para el primer punto se formula la siguiente instrucción, “**ultrasonic waves and materials**”. En base a los títulos y resúmenes, los documentos fueron revisados en detalle.

C. Selección de papers

En la Tabla 2 se muestra el procedimiento utilizado para la selección y descarte de información obtenida de los artículos revisados, para lo cual se establecieron los siguientes parámetros basados en la metodología Prisma, (Figura. 1).

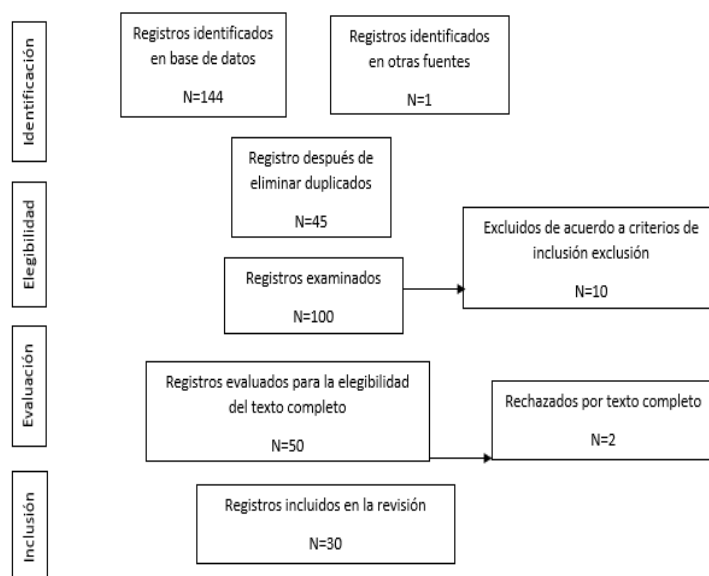


Figura 1

Diagrama de flujo de la metodología Prisma.

En la primera etapa se incluyen o excluyen los documentos en función del idioma, fecha de publicación, tema, tipo de documento. A continuación, se consideran los parámetros a tomar en cuenta como: relevancia, perspectiva, título, resumen, palabras clave.

En la tercera etapa, se realiza una validación de la información mostrada en los papers y si responden o no a las preguntas de investigación.

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

Al final las referencias son verificadas, las cuales deben corresponder a la información utilizada en la elaboración del documento de revisión.

Tabla 2

Criterios inclusión y exclusión.

Extracción de Datos

Number	Inclusión	Exclusión
C 1	Artículos relacionados con los métodos de ultrasonido	Revisar artículos
C 2	Artículos publicados no importa la fecha	Revisar artículos
C 3	Artículos escritos en ingles	Revisar artículos
C 4	Artículos relacionados con la propagación de ondas ultrasónicas	Revisar artículos
C 5	Artículos relacionados con la velocidad de propagación ultrasónica	Revisar artículos

Finalmente, luego de la discretización de las publicaciones analizadas, los autores han considerado diversos aspectos como los diferentes tipos de métodos de ultrasonido, ondas de propagación, verificación de materiales de construcción, esto nos ayudara a tener un análisis perfecto.

Resultados

A continuación, se presenta un resumen de los trabajos seleccionados, que han sido considerados de manera integral, a partir de los puntos de vista mencionados en el apartado Preguntas de investigación.

a. Métodos de ultrasonido que verifican materiales de construcción.

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

El análisis del ultrasonido en la verificación de materiales de construcción es de gran ayuda al tomar decisiones en muchas industrias, empresas, entre otras, por sus estudios inteligentes como el ultrasonido.

(Azuola, 2007). Menciona que existen muchos métodos para generar ondas ultrasónicas: piezoeléctricos, mecánicos, hidráulicos, etc., pero solo interesan aquellos basados en la excitación de cristales piezoeléctricos, es decir, materiales con la propiedad de deformarse cuando se someten a presión mecánica externa, en sus superficies. el voltaje, por el contrario, al aplicar un potencial eléctrico a través de sus superficies, el material cambia de dimensión, creando una onda de presión, y necesitamos introducir el sonido producido por este cristal dentro del material bajo prueba.

(rodríguez, s. f.) Menciona que un sólido se forma cuando las ondas ultrasónicas penetran en el material con cierta inclinación a la superficie normal. Las ondas superficiales u ondas de Rayleigh se propagan solo en la superficie de los objetos. El material sigue los contornos del cuerpo y reduce su amplitud con la profundidad del material. Se logra cuando el espesor de la placa o varilla es mucho mayor que la longitud de onda de la señal emocionado. Las ondas de flexión son ondas que se propagan en una tira o placa delgada.

(Alves, s. f.) Menciona que se utilizaron técnicas ultrasónicas para determinar la salud de los elementos estructurales de madera que componen la fachada de la casa principal en la hacienda "Surubim Cachoeira do Taepe" en el estado de Pernambuco, Brasil. Se evaluaron siete columnas, cada una con puntos marcados longitudinalmente cada 30 cm desde la base, y se midió el tiempo de viaje de las ondas en cada punto marcado. En la primera columna, la lectura es inferior a 1000 m/s. La parte media e inferior de la película llama la atención y requiere un mantenimiento especial. En la columna 5 se ensayaron valores superiores a 2000 m/s en casi toda la longitud. Los resultados muestran la sensibilidad del método de ultrasonidos para evaluar el grado de degradación y daño de los bloques de madera utilizados en las estructuras y las decisiones posteriores de rehabilitación de edificios.

(gutiérrez, 2016) Indica que la rapidez de pulso ultrasónico a partir de la reproducción de pulsos de ondas de tensión longitudinal pronunciados por un transductor electro-acústico que se mantiene en unión con la superficie del concreto bajo ensayo. Posteriormente de recorrer a través de la muestra de concreto, estos pulsos son recogidos y transformados en energía eléctrica por un segundo transductor situado a una longitud (L) de la emisión del primer transductor; el tiempo de tránsito (T) se mide electrónicamente y la rapidez del pulso ultrasónico (V) se puede establecer dividiendo L entre T. El

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

parámetro logrado (V) está relacionado a las propiedades del concreto y su densidad, por esta razón permite predecir el estado de calidad del mismo en estado endurecido; se mide en metros por segundos (m/s).

(Sarpes, s. f.) Indica que el módulo de elasticidad del hormigón está asociado con deformaciones estructurales que deben mantenerse dentro de los límites establecidos, para evitar deformaciones excesivas que causan grietas y otras fallas en las estructuras de hormigón. Para la estimación de este parámetro han surgido enfoques empíricos normativos, basados en la resistencia a compresión del hormigón, en Ecuador la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS) ha adoptado la ecuación empírica propuesta por el código ACI, la cual ha presentado variabilidad importante en diferentes partes del mundo, siendo el principal factor los agregados pues corresponden al 70 % del volumen del hormigón.

b. Importancia de los métodos de ultrasonido.

El estudio de los métodos de ultrasonido ha sido de gran importancia en el transcurrir de los años, nos ha ayudado a realizar estudios casi exactos con diferentes tipos de métodos según sea la necesidad, analizaremos su importancia en diferentes usos.

(Paredes, 2010) Nos dice que en 1971 se introdujo un dispositivo de ultrasonido de modo B de 20 MHz que no es invasivo ni traumático además de ofrecer una excelente validez y fiabilidad (9), sin embargo, debido a su falta de manejabilidad, alto costo y aplicaciones limitadas, el ultrasonido no parece clínicamente factible, y actualmente estos dispositivos ya no se encuentran en el mercado.

(Mosquera, 2020) Indica que la Endo sonografía tiene múltiples aplicaciones como método diagnóstico en la estadificación de tumores gastrointestinales. Es un método complementario a otras modalidades de imagen como la TAC, la RMN, PET *scan* en la estadificación de las neoplasias de esófago, estómago y recto. Tiene mayor rendimiento en la estadificación de la T (tumor) y la N (ganglio) para estas 3 neoplasias.

(Galindo, 2017) Menciona que el papel del ultrasonido endoscópico en la caracterización de lesiones mediastinales ha sido definido ya desde hace varios años y continúa en expansión. La capacidad de obtener muestras de estas lesiones para estudio histopatológico mediante EUS-BAAF a través de la pared esofágica repercuten en forma considerable en un abordaje mínimamente invasivo y más costo efectivo en estos pacientes, principalmente al evitar intervenciones quirúrgicas como la mediastinoscopia.

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

(Urrego, s. f.) Nos dice que las técnicas de ultrasonido y Doppler para la evaluación de las arterias temporales y axilares deben realizarse con un transductor lineal; existen 3 técnicas Doppler: Doppler Espectral, que consiste en una curva de velocidad en el eje "Y" y de tiempo en el eje "X", que representa la variación del flujo; Doppler color, que en función de la velocidad media del flujo asigna un color en una escala predeterminada, y que se superpone al modo B; finalmente, el Power Doppler observa la intensidad del flujo.

(Tigcilema, 2020) Describe que el método de extracción asistida por ultrasonido es utilizado principalmente para extraer licopeno de semillas de tomate y subproductos del procesamiento del tomate (pared exterior del pericarpio y pieles). Después de liofilizar y diluir con los solventes apropiados, la mezcla se sumerge en un baño de agua ultrasónico con control de temperatura en atmósfera de nitrógeno libre de oxígeno.

c. La velocidad en la propagación de las ondas ultrasónicas.

El estudio de la velocidad en la propagación de las ondas ultrasónicas en los diferentes materiales de construcción es de gran importancia para tener resultados donde haya un beneficio para la construcción, la velocidad en la propagación de las ondas ultrasónicas son datos que podemos recopilar y analizar y realizar estudios donde obtendremos estudios de conveniencia.

(Alvarado, 2023) Indica que los parámetros ultrasónicos que pueden ser utilizados para caracterizar microestructuras de materiales incluyen velocidad ultrasónica y coeficiente de atenuación ultrasónica. La velocidad ultrasónica está directamente relacionada con las propiedades mecánicas, como el parámetro elástico. La atenuación ultrasónica se refiere a la pérdida de energía de las ondas ultrasónicas a medida que se propagan a través del material. La atenuación se atribuye a varios mecanismos, incluidos difracción, absorción y dispersión de ondas ultrasónicas. En el caso de los materiales policristalinos, se sabe que la dispersión de los granos es dominante en la atenuación ultrasónica en comparación con otros mecanismos. Los cambios en la velocidad de propagación de la onda y de energía producto de las interacciones con los detalles metalúrgicos del material son factores que permiten la caracterización ultrasónica del material.

(Lombillo Vozmediano, Ignacio, 2020) Analiza las singularidades de la técnica no destructiva de los ultrasonidos aplicada a piezas de madera laminada de tamaño, comprobó la validez de dicha técnica como método clasificador y su capacidad para detectar, cualitativamente defectos o posibles anomalías existentes en el interior de la madera.

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

(Roiz, 2016) Menciona que el ensayo de ultrasonidos se basa en hacer pasar una onda ultrasónica a través de la madera. Aquella recorrerá el camino más directo entre el punto de emisión y el punto de recepción y su velocidad de propagación dependerá inicialmente de las características elásticas del material atravesado. Sin embargo, multitud de investigadores han atestiguado que la velocidad va a depender también de los defectos internos del material y su grado de deterioro.

(Leyva, 2018) Indica que el método está basado en el estudio de las resonancias de un tubo lleno de líquido, utilizándose un disco piezoeléctrico situado en un extremo del tubo como elemento sensor. La teoría de propagación del sonido a lo largo de una guía de ondas proporciona la base matemática para relacionar la velocidad de propagación del sonido en dicha guía llena de líquido, con la velocidad característica de propagación del sonido en este líquido. Hay que hacer notar que la interacción entre las paredes del tubo y el líquido juega un papel muy importante en la propagación de la onda acústica.

(Nieto, 2016) Indica la caracterización del espesor, se realizará implementando ondas de ultrasonido, mismas que serán generadas con un pulsador-receptor Olympus 5077PR-15 U y transductores longitudinales de contacto con una frecuencia central de 1MHz. Posterior a ello, las ondas generadas por el pulsador-receptor, son procesadas y visualizadas con un osciloscopio Keysigth DSO1004A, de cuatro canales y 60 MHz. Finalmente, para la identificación de los parámetros de interés en las señales, se implementó la transformada de Fourier de tiempo corto (STFT), mediante una interfaz en LabView.

Selección de artículos

En la rama de la construcción hemos visualizado que se utiliza muchos materiales prefabricados como el hormigón, madera contrachapada entre otros, con los diversos métodos de ultrasonido podemos verificar, analizar y tomar decisiones en la construcción con los diferentes tipos de materiales de construcción.

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

a. Selección de trabajos

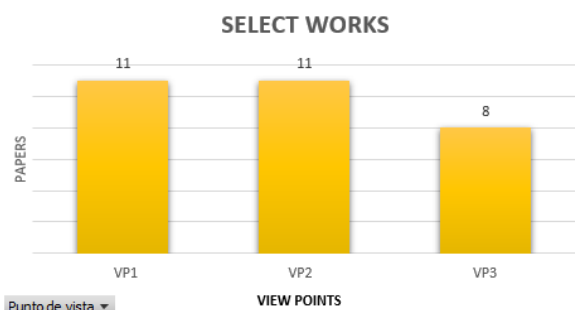


Figura 2 Selección de trabajos

En la figura 2, se puede observar que, de los 30 artículos seleccionados, el 11 % correspondió al punto de vista 1 (Métodos de ultrasonido verifican materiales de construcción), 11 % centrado en el punto de vista 2 (Importancia se les da a los métodos de ultrasonido) y finalmente, el 8 % se concentró en el punto de vista 3 (La variación de la velocidad en la propagación de las ondas ultrasónicas).

b. Fase de selección de papers

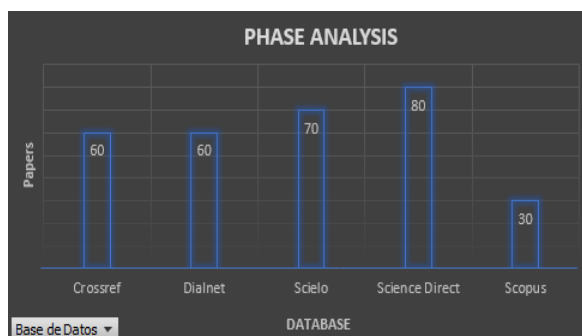


Figura 3 Análisis de fases

En la figura 3 representa un análisis de cada fase de selección en relación con las bases de datos exploradas. Se trabajo con el 60% de análisis en Crossref, con el 60% de análisis en Dialnet, con el 70% de información, en Science Direct se trabajo en un 80% y con Scopus en un 30% de análisis.

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

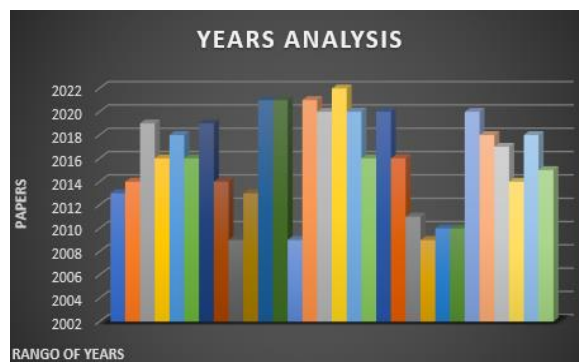


Figura 4 Análisis de años

En la figura 4 se observa que se recolecto papers del año 2009 al 2022, que representa un 45 % de trabajos seleccionados para la realización de esta revisión.

Discusión

a. Preguntas de investigación

Los 25 artículos contienen la información necesaria para comprender el tema de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción. La mayoría de los autores analizan sus estudios en función de los niveles aplicaciones de ultrasonido. A continuación, se muestran las respuestas a las PI (Preguntas de investigación), que se indican an la Tabla 1.

PI 1: ¿Qué métodos de ultrasonido verifican materiales de construcción?

La detección magnética de armaduras es una técnica experimental que en la mayoría de los casos es una técnica preliminar, para la realización de pruebas experimentales en obras de hormigón armado, para comprobar la consistencia entre aceros y para el desarrollo de las investigaciones de mampostería. De hecho, con el fin de realizar las investigaciones con martinets planos (gatos planos) en mampostería, es útil para verificar la ausencia de cualquier elemento que pertenece a las instalaciones (agua, luz, cableado en general), así como eventuales varillas de acero. Semejante, y tal vez de mayor importancia, es la verificación de la ausencia de varillas de acero cuando se trabaja en obras de hormigón armado; en relación a los argumentos que serán tratados a continuación tanto el ensayo con esclerómetro, que los ultrasonidos, pueden ser altamente influenciados por las barras de refuerzo presentes en la estructura, (Bello, 2019).

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

Este tipo de método nace, como el esclerométrico, como estudio comparativo y provee la velocidad de tránsito de un pulso dentro del hormigón, que, sin ningún tratamiento del valor adquirido, permite la homogeneización del material in situ y la identificación de miembros de soporte hechos del mismo material. El método ultrasónico, en comparación con el esclerométrico, ofrece la ventaja de investigar a fondo la parte de estructura examinada. También en este caso, la estimación de la resistencia a la compresión del hormigón, se obtiene mediante el uso de curvas de correlación, ya que el parámetro proporcionado por la prueba, es decir, la velocidad de propagación de los ultrasonidos, no está directamente asociado con la resistencia, (Bello, 2019).

PI: 2 ¿Qué importancia se les da a los métodos de ultrasonido?

El estudio experimental realizado sobre probetas cúbicas de hormigón en masa de la evolución de la velocidad de propagación de ultrasonidos a través del hormigón y el grado en que afectan distintas variables a dicha velocidad, y su posible relación con su resistencia a compresión. Se ha examinado el material por medio de métodos destructivos y no destructivos empleando distintas dosificaciones y distintos materiales con el fin de obtener conclusiones acerca de la influencia de los mismos en la propagación de ondas acústicas. Los resultados de los ensayos determinan la importancia de la dosificación empleada, siendo más determinante el contenido de agua durante la fabricación de la mezcla que el tipo de árido empleado, así como la importancia del medio al que están expuestas las muestras, (Escamilla, 2011).

(Carrasco, 2009) Presenta una metodología con el objetivo de utilizar el ultrasonido como herramienta de gran importancia para supervisar la degradación de las características mecánicas de la madera ocasionada por termitas. Las probetas fueron expuestas a las termitas de manera controlada, con el fin de provocar algunos estados de degradación o luego medir las velocidades ultrasónicas. Luego las probetas fueron ensayadas a compresión paralela a las fibras, obteniéndose la resistencia a ruptura y el módulo de elasticidad. Fue presentada una correlación incorporando las medidas del ultrasonido y las características del material. La poca pérdida de masa causada después de 40 días de acción de las termitas, no modificó perceptiblemente las características mecánicas de la probeta, lo cual no permitió obtener correlaciones entre estos parámetros y la velocidad del ultrasonido.

PI: 3 ¿Como varía la velocidad en la propagación de las ondas ultrasónicas?

Usualmente la velocidad ultrasónica para hormigones varía entre 4.000 y 4.800 m / seg, la distancia entre las cabezas debe evaluarse con una aproximación de $\pm 1,0\%$. Puesto que la velocidad de la onda

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

ultrasonica depende de la densidad del medio es deseable conocer tipo de cemento, relación agua-cemento, contenido de humedad, condiciones de maduración, (Urtubey, 2002).

La velocidad de propagación de un haz de ultrasonido a través de diversas sustancias es muy variable. Las diferencias son poco acusadas entre tejidos blandos, tales como hígado, riñón, cerebro o plasma, cercanos todos ellos a los 1.540 m/s. En el caso del aire (343 m/s), pulmón (650 m/s) y hueso (3.500 m/s), la muy distinta velocidad de transmisión del ultrasonido significa intensos ecos, (Auad, 2018).

Análisis de la selección de papers

La mayoría de los documentos proporcionan la base científica para el estudio de métodos de ultrasonido en materiales de construcción.

Por otro lado, la aplicación de la metodología PRISMA en varias etapas para poder seleccionar los artículos analizados minuciosamente en esta revisión bibliográfica permite mantener un método claro y transparente para la recolección de documentos esenciales que han sido investigados y han permitido comprender un gran porcentaje de métodos de ultrasonido en toda área como la medicina, construcción, etc.

La validez del estudio radica principalmente en un análisis serio y metodológicamente correcto para discretizar el gran número de publicaciones referentes al tema y enfocar el estudio del ultrasonido.

Conclusiones

El control de calidad de las obras de refuerzo de estructuras de diferentes materiales de construcción, debe incluir ensayos para evaluar la ejecución, como son los ensayos de ultrasonidos.

De igual forma, los ensayos de ultrasonidos se pueden emplear para verificar la adecuada preparación del soporte o rugosidad de la superficie, sobre todo en concretos de alta resistencia. En la investigación realizada se demuestra que existe una correlación entre la velocidad de propagación de ultrasonidos y la tensión de arrancamiento en los ensayos, y a su vez éste último con el comportamiento a flexión de refuerzo. Por tanto, mediante el empleo de un ensayo no destructivo, como son los ultrasonidos, es posible valorar el comportamiento del refuerzo.

Por tanto, como conclusión de la investigación, se confirma que es posible efectuar un control de calidad del refuerzo de estructuras de diversos materiales de construcción mediante varios métodos de ultrasonido.

Referencias

- HUETE-FUERTES, Ricardo; RUBIO-DE-HITA, Paloma; RODRÍGUEZ-LIÑÁN, Carmen. Aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción. 1993.
- Pérez Nolivos, C. A., & Núñez Medranda, F. R. (2009). Elaboración de procedimientos de inspección con ultrasonido en el material de instalaciones de recepción, almacenamiento y bombeo de petróleo y sus derivados, elaboración de un plan de mantenimiento preventivo; correctivo del material de las instalaciones (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2009).
- Zarate (2015, 24 octubre). Issuu.
- GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, Victoriano; BARRIOS-PADURA, Ángela; MOLINA-huelva, marta. aplicación de las técnicas no destructivas pull-off y ultrasonidos en el control de calidad del refuerzo con materiales compuestos en estructuras de concreto. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 2018, vol. 28, no 1, p. 5-26.
- DADUN: 2014. (s. f.).
- RODRÍGUEZ, E. J. R. P. (s. f.). “Estudio de la efectividad del ensayo de ultrasonido para inspección estructural a aceros A 37 -24 ES de calidad SAE 1020. Recuperado 15 de abril de 2014, de Alves, J. S. A. C. (2011) (s. f.). Vista do evaluación estructural de las piezas de madera en construcción histórica con el uso del ultrasonido.
- Gutiérrez, A. E. G. M. (2016). Evaluación de la resistencia a compresión del hormigón endurecido mediante la aplicación de técnicas de ultrasonido.
- Sarpes, J. D. S. B. (2005) (s. f.). Determinación del módulo de elasticidad y la resistencia a compresión del hormigón en función de la variabilidad y caracterización de los agregados.
- Stéphane (2010) - Scientific Electronic Library Online. (s. f.).
- Mosquera, G. M. K., [Scielo]. (2020). Ultrasonido endoscópico, aplicaciones actuales en tumores sólidos gastrointestinales. Scielo. Recuperado 12 de julio de 2021
- Galindo, A. A. G. (2017, 23 septiembre). Ultrasonido Endoscópico | Azael Garza Galindo | Revista de Gastroenterología del Perú.
- Padilla (2005) (s. f.). ScienceDirect.
- Tigcilema, T. C. (2020). Revisión de Literatura: Importancia del licopeno, métodos de extracción y propuesta para la adición de tomate en polvo en jamón Virginia.

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

- Alvarado, V. J. W. (2023, January 20). Efecto de las microestructuras de temple de un acero de bajo carbono en la atenuación y velocidad de propagación del ultrasonido.
- Lombillo Vozmediano, Ignacio. (2020, October 14). Técnicas de propagación de ondas ultrasónicas aplicadas a estructuras de madera laminada.
- Manavella, R. D., Guillaumet, A. A., Filippetti, m. c., & meyer, l. c. determinación del módulo de elasticidad por ultrasonido y vibraciones en vigas de pino ponderosa determination of the modulus of elasticity by ultrasound and vibrations in ponderosa pine beams.
- Roiz, B. J. A. (2016, July 4). Estudio de la influencia de la dirección de la fibra en la velocidad de propagación de ultrasonidos (FAKOPP) en madera estructural de “Pinus Sylvestris L.” y “Pinus Radiata D. Don.”
- Segura, E. L. (2008, August 26). Medida de la velocidad de propagación en líquidos en el rango de bajas frecuencias ultrasónicas | DIGITAL.CSIC.
- Nieto, L. A. P. (2016). PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN Y RECEPCIÓN DE ONDAS ULTRASÓNICAS PARA LA MEDICIÓN DE ESPESORES DE LÁMINA | JÓVENES EN LA CIENCIA.
- Bello, T. R. E. (2019, 10 mayo). Evaluación de la resistencia a compresión del hormigón endurecido mediante la aplicación de técnicas de ultrasonido.
- alvez, j. a. s. p. (2019). vista do evaluación estructural de las piezas de madera en construcción histórica con el uso de ultrasonido.
- Carbajal, P. E. N. (2014, 28 mayo). Estudio experimental para determinar patrones de correlación entre la resistencia a compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple.
- Nolivos, P. C. A. (2010, 15 marzo). Repositorio Digital - EPN: Elaboración de procedimientos de inspección con ultrasonido en el material de instalaciones de recepción, almacenamiento y bombeo de petróleo y sus derivados, elaboración de un plan de mantenimiento preventivo; correctivo del material de las instalaciones.
- Porco, G. (2013). Las técnicas de ensayos no destructivos para el control de materiales y de estructuras de ingeniería civil. sismlab.
- Caiza Páez, m. i. l. t. o. n. (2018). diseño y construcción de un sistema de generación de ultrasonido para limpieza de inyectores de gasolina (Bachelor's thesis, Quito).
- Escamilla, C. A. (2011). Estudio de la evolución de la velocidad de ultrasonidos en probetas de hormigón con distintos grados de humedad - Archivo Digital UPM.

Revisión bibliográfica de la aplicación de los métodos de ultrasonidos a la verificación de materiales de construcción

- Carrasco, M. (2009). Metodología para análisis de la integridad de estructuras históricas de madera atacadas por insectos xilófagos por medio del ultrasonido. Dialnet.
- Auad, Y. M. E. (2018, 24 octubre). DSpace en ESPOL: Análisis del método para formar imágenes ultrasónicas utilizando el modo de amplitud (modo A), y diseño de un circuito básico.
- Urtubey, E. U. (2002). ESTUDIO DE LA propagación de una onda ultrasónica a través de un sólido elastoplástico. amcaonline.
- Vasallo, N. V. (2000). SciELO - Scientific Electronic Library Online.
- Vargas, A. (2008). Principios físicos básicos del ultrasonido, son anatomía del sistema musculoesquelético y artefactos ecográficos.
- Vergara, L., Miralles, R., Gosálbez, J., Juanes, F. J., Gómez-Ullate Alvear, L., Anaya Velayos, J. J., ... & García Izquierdo, M. Á. (2000). Métodos de END mediante ultrasonidos para caracterizar la durabilidad del mortero.
- Azuola, R. (2007, 15 noviembre). Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA) | Revista Tecnología en Marcha.
- Paredes, M. Á. M. (2010, 25 mayo). Ultrasonido para el diagnóstico de apendicitis en el Hospital Ángeles Metropolitano