



# JIDeTEV

Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico  
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



JIDeTEV- Año 2022 -ISSN 2591-4219

## Innovación regional: introducción a estudios de investigación en hormigones

Autora: Maiocchi, María Eugenia<sup>1</sup>- becaria de pregrado CyT. Directora: Dra. Caravaca, M.A<sup>1</sup>- Codirector: Ing. Solari, F.<sup>2</sup> – Ing. S.N. Sandoval<sup>2</sup>, Ing. K.N. Roshdestwensky<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Físico-Química Facultad de Ingeniería -Av. Las Heras 727- 3500 Resistencia

<sup>2</sup> LabMae Facultad de Ingeniería -Av. Las Heras 727- 3500 Resistencia

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Resistencia, Chaco, Argentina.

e-mail: eugeniamaiochi00@gmail.com

---

### Resumen

El objetivo de este informe es dar a conocer las experiencias de la autora en su primer año como becaria de pregrado en el área de materiales, específicamente en el estudio de hormigones. El título del proyecto se denomina “Caracterización del comportamiento de estructuras de hormigón reforzado con fibras”. La necesidad de estudiar este tipo de material modificado radica en su uso, cada vez más recurrente, en los últimos años, además de la indispensable caracterización del comportamiento del mismo cuando en su conformación se encuentran áridos locales (llámese, basalto).

La utilidad de este tipo de material surge como consecuencia de tener que resolver dos problemas. El primero se basa en solucionar los esfuerzos de tracción que el hormigón por sí mismo no puede resistir, lo que conduce a la utilización de armaduras, que, para protegerse de la corrosión, necesitan un gran recubrimiento de hormigón, resultando piezas de mayor sección. El segundo problema apunta a que, al necesitar más hormigón, la estructura incrementa su costo. La aparición de un hormigón reforzado con fibras y no tanto con armaduras, soluciona considerablemente ambos problemas, ya que se consigue un hormigón que resiste a la tracción, y a su vez las secciones (y por consiguiente la cantidad de hormigón), se reducen.

Dado el reciente inicio del proyecto, en este trabajo se comentará el desarrollo de la primera etapa del trabajo, que consiste en la caracterización de las propiedades de un hormigón convencional, la determinación de las técnicas para conocer sus propiedades y características, delimitando las condiciones necesarias, que serán el punto de partida para empezar a estudiar la nueva variable: la incorporación de fibras.

### 1 Introducción

Para estudiar las propiedades de los hormigones convencionales, se trabaja con ensayos no destructivos (END). Los END permiten inspeccionar el material una vez terminada y durante toda su vida útil. Además, posibilita el test temprano, rápido y preciso de la evolución de propiedades estáticas como el Módulo de Elasticidad (E), Corte y Coeficiente de Poisson, con la edad, lo que es de interés para el proyecto.

A su vez, para contrastar los valores medidos por ultrasonido, se recurre a ensayos mecánicos destructivos, que funcionan como validación de resultados predictivos.

### 2 Materiales y Equipos

El equipo y materiales a utilizar son:

- Equipo de Pulsos Ultrasónicos Pundit 7
- Transductores 54Khz
- Pastones provistos por planta hormigonera

El principio de funcionamiento del equipo completo es el siguiente: un multivibrador estable produce impulsos rectangulares en una frecuencia de 10 kHz. En esta etapa se carga un condensador hasta la tensión de 500 v., que una vez cada 0,1s se descarga bruscamente sobre el transductor emisor. En él se produce una vibración amortiguada con frecuencia propia de 54Khz, que convertida en onda elástica penetra el hormigón.

La onda elástica, una vez atravesada la masa del hormigón, aparece sobre el transductor receptor donde se convierte en un impulso eléctrico de pocos milivoltios.

El tiempo transcurrido entre las dos señales es el que ha tardado la onda en atravesar la probeta de hormigón. Dependiendo de la disposición de los transductores, se podrá medir el tiempo que tarda la señal en atravesar la probeta de manera longitudinal y de manera transversal.

Además, es posible determinar la presencia de oquedades o grietas dentro de la masa del hormigón, lo cual se detecta debido a una variación de la velocidad del ultrasonido en el hormigón. Esta técnica, aplicada estratégicamente, permitirá reconocer zonas de la probeta con fibras y de las cuales se estudiarán las propiedades de interés.

Para el contraste con estudios mecánicos, se utiliza una prensa hidráulica, y un flexímetro, para medir, directa o indirectamente, la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad, respectivamente.

### 3 Métodos

La técnica de transmisión de pulso ultrasónicos consiste, a grandes rasgos, en medir la velocidad de propagación del sonido en un sólido elástico (velocidad longitudinal para el Módulo Elástico y velocidad transversal para el módulo de Corte), y con la aplicación de la teoría de propagación de ondas en medios materiales, obtener el Módulo de Young o de Elasticidad (E), el de Corte (G) y el Coeficiente de Poisson ( $\sigma$ ).

Una vez conocidas las velocidades longitudinales ( $v_L$ ) y transversales ( $v_T$ ), se puede determinar las densidades del material en forma indirecta Ref [A. Galam] y conocida esta hallar:

$$E = v_L^2 \cdot \rho \cdot \frac{(1 + \sigma) \cdot (1 - 2\sigma)}{(1 - \sigma)} \quad G = v_T^2 \cdot \rho \quad \sigma = \frac{1 - 2 \cdot (v_T / v_L)^2}{2 - 2 \cdot (v_T / v_L)^2}$$

Siendo:

- $v_L$  Velocidad longitudinal (m/s)

- $v_T$  Velocidad de corte (m/s)

-  $\sigma$  coeficiente de Poisson

- $\rho$  densidad del material kg/m<sup>3</sup>

E= Módulo de elasticidad longitudinal (Gpa)

G= Modulo de elasticidad transversal (Gpa)

### 4 Desarrollo

A lo largo del primer cuatrimestre de trabajo, las actividades que se han realizado consistieron en poner a punto los equipos de medición, estudiando la justificación de su uso y su correcta aplicación. En primer lugar, las mediciones realizadas se hicieron sobre un conjunto de probetas de edad desconocida, ya que eran muestras rechazadas o bien de estudios anteriores, que se encontraban en el laboratorio.

Los primeros ensayos conjuntos entre los END y los mecánicos se realizaron sobre un pastón H17 brindado por una empresa hormigonera. Luego, se ensayaron dos pastones H30 brindados por la misma empresa. De esta manera, se lograron ensayar 3 pastones a lo largo de la primera etapa.

Como se explicó anteriormente, los END se basan en la medición del tiempo de paso de una onda a lo largo de una probeta, de forma longitudinal y transversal, hallando así velocidades, las cuales, relacionadas entre sí, permiten conocer propiedades como E, G,  $\mu$ , y además permite predecir la tensión a la cual la probeta podría llegar a colapsar (IRAM 1683). El estudio se realiza a los 2, 3, 7, 14, 21 y 28 días, de tal manera de poder generar una curva fc-edad, E-edad, y contrastarla con los resultados de los ensayos mecánicos.

Por su parte, el ensayo en prensa hidráulica para la determinación de la resistencia a la compresión se realiza bajo la norma IRAM 1546. También se realiza el ensayo de determinación de la deformación específica del hormigón para luego deducir el módulo de elasticidad E, de manera mecánica.

Ambos resultados (ultrasónicos y dinámicos) son comparados para corroborar que las mediciones y predicciones no destructivas se condicen con la realidad.

A su vez, los ensayos no destructivos se predicen según distintos reglamentos: CED 90, UNIT 1050, ACI 318, EHE 08, EUROCODIGO 92, MODELO 2010. De esta manera, al ser comparados con los resultados mecánicos, se puede estimar qué Norma es la que mejor ajusta a los resultados obtenidos.

Debido a la extensa cantidad de mediciones y resultados que se obtienen en cada medición, se extiende en el presente un ejemplo de cómo se manipulan los resultados obtenidos.

P1,P2,P3 H30	Fecha: 16/06/2022	T1	T2	T3	Promedio	Velocidad	Densidades	Modulos	Resistencia
Edad	9 DIAS	(mseg)	(mseg)	(mseg)	(mseg)	(m/seg)	(kg/m3)	(Gpa)	(Mpa)
Longitudinal	Tiempo	68.8	68.4	68.600	68.60	4353.7415			
	Distancia	0.298	0.299	0.299	0.30				1MPa=1N/mm2
Tranversal	Tiempo	147.5	150.5	150	149.33	2242.1875			
	Distancia	0.335	0.335	0.3345	0.33				
Teorica							2278.65		
Practica							2367		
Poisoon								0.32	
Elastico								43.19	
Elastico corr.								30.23	
Corte								11.46	
Rc. Teo. CED 90									19.63
Rc Teo UNIT 1050									25.32
Rc Teo ACI 318									41.78
Rc Teo EHE 08									44.99
Rc Teo Eurocodigo 92									28.85
Rc Teo MODELO 2010									27.80
Rc. Exp.									26
Mod Compresión									27.92
Modulo secante exp								32.43	

## 5 Experiencia como becaria

Desde lo personal, hace varios años anhelo con ser científica. Como estudiante secundaria no estaba en conocimiento de qué hacía un científico, pero mi sueño era ser una. De hecho, incursionar en la ingeniería tenía como fin poder investigar. Llegada la oportunidad, en septiembre de 2021, luego de haber cursado materias referidas a materiales y transitando el cursado de Hormigón Armado I, llega a mi conocimiento la convocatoria para becas de investigación para estudiantes avanzados. Fue allí que decidí averiguar si en la facultad existían proyectos relacionados al estudio del Hormigón, y me encontré con un equipo que en 2022 empezaría a realizar un proyecto de innovación que duraría varios años, en relación con el hormigón y sus capacidades de ser modificado para potenciar sus propiedades.

Luego de haber pasado todas las exigencias para formar parte de un proyecto de tal magnitud, en marzo del corriente año me inicié como becaria de investigación.

Habiendo transcurrido ya varios meses desde mi iniciación, puedo comprender la dificultad de determinar la información que se encuentra tan fácilmente en los libros de estudio, pero lo fascinante de ser el/la “autor/a” o “descubridor/a” de ello. La investigación demuestra ser un campo infinito, y muchas veces difícil, pero abre las puertas a posibilidades más infinitas que ella misma, y permite conocer lo que nunca antes fue conocido.

Considero imprescindible que los grupos de investigación no solo sean creadores de conocimiento, sino también formadores de recursos humanos, y que la vocación de la investigación sea compartida. Es necesario desmitificar que la investigación es solo para unos pocos, sino que requiere de seres humanos, que, a prueba y error, descubran lo nunca antes conocido.

Me enorgullece que la casa de estudios de la que formo parte sea partícipe de estas instancias y de lugar a los estudiantes para que nos iniciemos en estos campos.

## 6 Conclusiones

Luego de haber ensayado tres pastones distintos de hormigón convencional (un pastón H17 y dos pastones H30), además de la incorporación de investigaciones previas sobre áridos, finos y gruesos, que permiten ahondar más precisamente en las propiedades de los materiales que conforman el hormigón en su totalidad, se puede establecer que la primera etapa del proyecto se encuentra en su último tramo, dando lugar a la nueva etapa, que requiere el estudio de probetas con fibras incorporadas.

Se aclara que resultados particulares no han sido publicados debido a que la relevancia de los mismos, por el momento, son solo de interés a nivel proyecto, y los mismos demuestran que las técnicas empleadas han sido correctamente utilizadas. Lo verdaderamente innovador del proyecto empezará una vez finalizada esta primera etapa.

## 7 Bibliografia

- L. Meneghetti International Symposium Non Destructive Test Nov. 1999, Torres Brazil.
- CNS Electronic Ltd London UK Pundit Tester Manual.
- A. Galam, *Combined Ultrasound Methods of Concrete Testing*, Elsevier Science Publisher, (1990)