

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Presión lateral del hormigón fresco: calibración de instrumentos
y obtención de datos**

Juan Andrés Sandoval Vaca

Ingeniería Civil

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito

para la obtención del título de

INGENIERIO CIVIL

Quito, 7 de diciembre de 2021

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Presión Lateral del hormigón fresco: calibración de instrumentos y
obtención de datos**

Juan Andrés Sandoval Vaca

Nombre del profesor, Título académico

Juan José Recalde, Ph.D.

Quito, 7 de diciembre de 2021

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Juan Andrés Sandoval Vaca

Código: 00203405

Cédula de identidad: 172408154-0

Lugar y fecha: Quito, 7 de diciembre de 2021

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

La determinación de la presión lateral del hormigón fresco es de suma importancia para el adecuado diseño de los elementos de encofrado, principalmente para elementos verticales. Con el presente proyecto se pretende disponer de la instrumentación necesaria para determinar en campo la presión lateral del hormigón fresco. El sistema consistió en cuatro transductores de presión, un acondicionador de señal, un sistema de adquisición de datos y un computador. Para el acondicionamiento de señal se fabricó un acondicionador de corriente, y para el procesamiento de datos se utilizó el software NI Signal Express. Una vez configurado el sistema, se comprobó la calibración con presión de aire. Finalmente se determinó la presión lateral del hormigón fresco a cuatro diferentes alturas de un muro de hormigón armado. Los resultados del presente proyecto se contrastaron con las ecuaciones propuestas por el ACI en su comité 347, mostrando una diferencia considerable entre éstos, misma que se sustenta debido a los factores de influyen en la presión lateral.

Palabras clave: Hormigón fresco, transductores de presión, encofrado, instrumentación, presión lateral del hormigón.

ABSTRACT

The determination of the lateral pressure of the fresh concrete is of utmost importance for the proper design of the formwork elements, mainly for vertical elements. The present project aims to have the necessary instrumentation to determine the lateral pressure of fresh concrete in the field. The system consisted of four pressure transducers, a signal conditioner, a data acquisition system, and a computer. A current conditioner was manufactured for signal conditioning, and NI Signal Express software was used for data processing. After the system was configured, the calibration was checked with air pressure. Finally, the lateral pressure of the fresh concrete was determined at four different heights of a reinforced concrete wall. The results of this project were contrasted with the equations proposed by the ACI in its committee 347, showing a considerable difference between them, which is sustained due to the factors that influence lateral pressure.

Key words: Fresh concrete, pressure transducers, formwork, instrumentation, concrete lateral pressure

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	10
1.1 Antecedentes	10
1.2 Justificación	10
1.3 Objetivos	11
1.3.1 Objetivo General.....	11
1.3.2 Objetivos Específicos.....	11
1.4 Actividades	11
1.5 Resultados Esperados.....	12
1.6 Definiciones	12
2. Desarrollo del Tema	14
2.1 Revisión De Literatura	14
2.1.1 Propiedades Del Hormigón Fresco.....	14
2.1.2 Presión Lateral Del Hormigón Fresco.....	17
2.1.3 Tipos De Cemento.....	21
2.1.4 Transductores de presión.....	22
3. Metodología.....	23
3.1 Instrumentación.....	23
3.2 Software NI Signal Express.....	27
3.3 Comprobación de la calibración	28
3.4 Sistema De Acoplamiento.....	31
3.5 Materiales y Especímenes.....	31
3.6 Resultados.....	33
Conclusiones y Recomendaciones	37
Conclusiones.....	37
Recomendaciones	38
Referencias bibliográficas.....	39
anexo 1:	42
anexo 2:	46
anexo 3:	47
anexo 4:	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aplicabilidad de las ecuaciones para la presión lateral en unidades del sistema inglés.	19
Tabla 2: Aplicabilidad de las ecuaciones para la presión lateral en unidades del Sistema Internacional	20
Tabla 3: Valores del Coeficiente Químico C_c	20
Tabla 4: Valores del Coeficiente de Peso Unitario C_w	21
Tabla 5: Recalibración de los transductores	30
Tabla 6: Dimensiones del muro a instrumentar	31
Tabla 7: Detalle del primer camión de concreto	32
Tabla 8: Resultados obtenidos	34
Tabla 9: Presión teórica utilizando ecuaciones del ACI	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Factores que influyen en la presión lateral del hormigón ordenados según su influencia	15
Figura 2: Distribución de la presión lateral del hormigón según el ACI	18
Figura 3: Tipos de Cemento Portland	22
Figura 4: Esquema completo de la instrumentación	23
Figura 5: Transductor de presión OMEGA PX103U1	24
Figura 6: Acondicionador de señal	24
Figura 7: Sistema de adquisición de datos	25
Figura 8: Cables de transductor de presión	26
Figura 9: Acoples para transductores	26
Figura 10: Computador con Software NI Signal Express (Referencial)	27
Figura 11: Configuración de manómetro para comprobación de calibración	29
Figura 12: Esquema para comprobación de la calibración	29
Figura 13: Transductores y sistema de adquisición de datos armado en obra	32
Figura 14: Recorte de pantalla de la toma de datos en tiempo real	33
Figura 15: Representación gráfica de la tabla 8	35
Figura 16: Hoja de Calibración Transductor 707040	42
Figura 17: Hoja de Calibración Transductor 707041	43
Figura 18: Hoja de Calibración Transductor 707042	44
Figura 19: Hoja de Calibración Transductor 707043	45
Figura 20: Manómetro integrado en el compresor (graduado cada 5psi)	46
Figura 21: Sistema para comprobación de la calibración	47
Figura 22: Guía de remisión del camión de hormigón	48

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En Ecuador, según datos del INEC (2016), el hormigón figura como el material más usado para la construcción. Para dar forma al hormigón, es necesario el uso de encofrados, tableros y puntales que sean capaces de soportar el peso propio del hormigón fresco, las presiones laterales, y que las deflexiones del encofrado estén dentro de las tolerancias permitidas en los documentos de construcción. En particular, para elementos verticales, el encofrado debe ser diseñado para poder soportar las cargas laterales producidas por la presión del hormigón fresco. Al ser entonces el encofrado parte fundamental del proceso constructivo, es menester entender la forma en la que el concreto actúa sobre éste para su adecuado diseño.

Al pensar en hormigón en estado fresco, se puede pensar en un fluido de alta viscosidad y asumir que su comportamiento sería como tal. Tal simplificación no considera las reacciones químicas que se dan en el hormigón dado que éste se endurece con el transcurso del tiempo, por ende, asumir que la presión del hormigón es la de un fluido podría sobreestimar el valor real de presión del hormigón, haciendo que el diseño de elementos de encofrado posea un factor de seguridad que incremente el costo del encofrado, y por tanto del proyecto (Santilli et al, 2011).

1.2 Justificación

Se requiere tomar datos en campo para la comprobación de estas ecuaciones propuestas por el ACI, esta toma de datos deberá ser realizada a escala real dado que, según Johnston (2010), estos estudios determinan de mejor manera el comportamiento del concreto en estado fresco. La determinación de la presión lateral del hormigón fresco no ha sido un tema relevante para los códigos de construcción de países latinoamericanos por lo que la información referente a la realidad constructiva de cada país no está disponible; en su defecto, el American Concrete

Institute (ACI) en su guía 347-14 (ACI, 2014) propone tres ecuaciones para la determinación de la presión lateral del hormigón, mismas que dependen del tipo de cemento utilizado en la mezcla y el peso específico del hormigón. Sin embargo, estas ecuaciones empíricas fueron desarrolladas con el uso de cemento Portland puro, mientras que, en países como el Ecuador, los cementos disponibles comercialmente son compuestos (ASTM C595) o por desempeño (ASTM C1157), y por lo tanto es necesario definir qué factores químicos se deben aplicar para estos tipos de cemento para estimar la presión lateral del hormigón. Con el presente estudio se pretende dejar operativo un sistema de adquisición de datos para determinar valores de presión lateral en un elemento vertical de hormigón mediante el uso de transductores colocados en el elemento de encofrado, es decir, a través del método de medición directa.

1.3 Objetivos

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos planteados para el presente estudio:

1.3.1 Objetivo General.

- a) Determinar por el método de la medición directa la presión lateral del hormigón fresco sobre el encofrado

1.3.2 Objetivos Específicos.

- b) Calibrar instrumentos para la presión lateral del hormigón fresco
- c) Configurar la instrumentación para la obtención de datos en campo
- d) Obtener datos de presión de al menos una mezcla de hormigón

1.4 Actividades

Las actividades por realizarse en el proyecto son:

- a) Comprobar instrumentación y sistema de adquisición de datos

- b) Comprobar la calibración de los transductores de presión
- c) Concretar la autorización para mediciones en al menos una obra
- d) Realizar al menos una medición en obra
- e) Analizar los resultados obtenidos.

1.5 Resultados Esperados

Los resultados esperados para el presente estudio son los siguientes:

- a) Disponer de un sistema de adquisición de datos e instrumentación necesaria para la determinación de la presión lateral del hormigón fresco.
- b) Comprobar la calibración de los transductores
- c) Datos de presión: Se espera obtener datos de la presión lateral que ejerce el hormigón fresco sobre el encofrado para una obra de construcción

1.6 Definiciones

- *Hormigón*: Material compuesto, que se conforma de la mezcla de agregados fino y grueso, generalmente arena y grava químicamente unidos por la hidratación del cemento (Wight, J. & MacGregor, J, 2012).
- *Encofrado*: También conocido como cimbras, son aquellos materiales que se usan como moldes en los cuales se vierte el hormigón en estado fresco, semilíquido, y deben ser capaces de contener el hormigón en forma y tamaño deseado hasta que este se endurezca (McCormac, 2011).
- *Transductor de presión*: Dispositivo cuya función es convertir la presión en una señal eléctrica analógica mediante la deformación física de los extensómetros dentro del transductor (Omega, s/f).

- *Encofrado*: El molde en que se vierte la mezcla del hormigón recién preparada. Para tal función, se pueden usar diversos materiales tales como madera o metal. (INEN, 1978)
- *ACI*: Instituto Americano del Concreto. Es la autoridad global líder para el desarrollo, difusión y adopción de sus estándares, recursos técnicos y programas educativos de capacitación y certificación en torno al hormigón (ACI, s/f)
- *ASTM*: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales. Organización sin fines de lucro que desarrolla y publica estándares técnicos cubriendo los procedimientos de prueba y clasificación de materiales de todo tipo. (ASTM, s/f)

2. DESARROLLO DEL TEMA

2.1 Revisión De Literatura

2.1.1 Propiedades Del Hormigón Fresco.

El diseño de encofrados para elementos verticales es dependiente de la presión que el hormigón ejerce sobre éste. A pesar de esto, la determinación de la presión lateral del hormigón fresco representa cierta complejidad debido a la cantidad de factores que afectan la presión. (Santilli et al, 2011). N, Gardner (1986) establece que una sobrestimación de la presión lateral resulta en unos elementos de encofrado muy costosos, mientras que una subestimación de esta presión puede resultar en elementos estructurales deformes o, en el peor de los casos, la falla de los elementos de encofrado.

Según Peurifoy y Oberlender (2011), cuando el concreto es preparado tiene propiedades que recaen entre las de un líquido o un sólido, por lo que es conveniente describirlo como un semilíquido con propiedades plásticas en estado fresco. También sugieren que la presión que el concreto ejerce sobre el encofrado es dependiente de algunos factores entre los que destacan:

1. Tasa de colocación del hormigón
2. Temperatura del hormigón
3. Peso específico del hormigón
4. Tipo de cemento usado en la mezcla
5. Método de consolidación hormigón
6. Método de colocación del hormigón
7. Profundidad de colocación del hormigón
8. Altura del encofrado

Por otra parte, (Sanchez, 2001) sugiere los factores que influyen sobre la presión lateral del hormigón y los ordena según su influencia, como se muestra en la Figura 1.

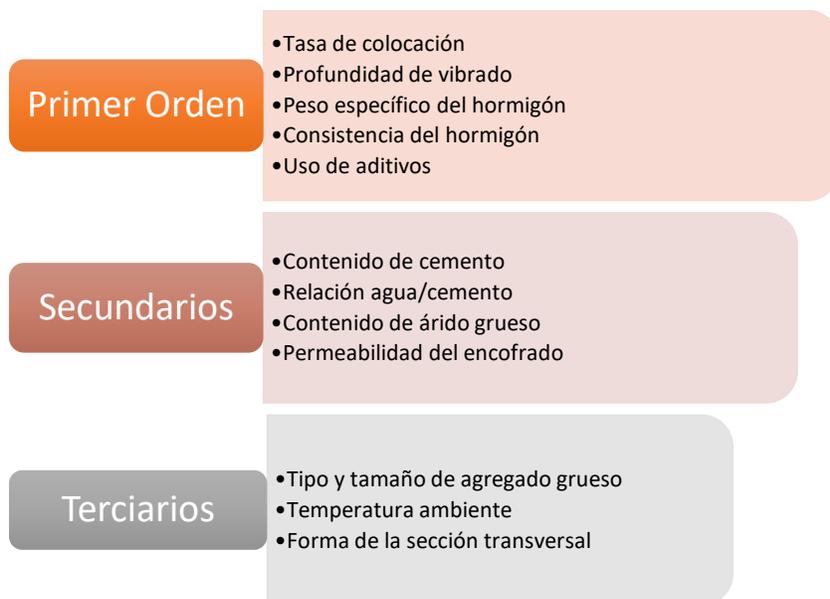


Figura 1: Factores que influyen en la presión lateral del hormigón ordenados según su influencia

Fuente: Beltrán, 2020

Al contrastar lo mencionado por los autores citados anteriormente, se procederá a describir las propiedades del hormigón fresco que deberán ser tomadas en cuenta al momento de presentar los resultados del presente proyecto.

a) Tasa de colocación.

La tasa de colocación corresponde a la velocidad a la que el hormigón es colocado en el molde mediante un método específico de colocación. Es importante considerar que la tasa de colocación tiene un efecto importante en la presión lateral del hormigón dado que presentan una relación de proporcionalidad directa entre sí. La tasa de colocación se mide en unidades de altura sobre tiempo, que corresponde a m/hr en el Sistema Internacional de unidades.

b) Temperatura del hormigón.

La temperatura tiene un efecto significativo en la presión del hormigón dado que ésta tiene efectos sobre la velocidad de pérdida de fluidez del hormigón, así como también en la velocidad de hidratación del cemento. Dado que la mezcla de agua y cemento produce una reacción exotérmica, se incrementa la temperatura del hormigón haciendo que se produzcan los efectos antes mencionados. En general, según Lozano (2005), cuanto menor es el diferencial térmico entre el hormigón y el ambiente, mejores son los resultados en cuanto al desempeño mecánico del hormigón. Por tanto, la temperatura del ambiente también deberá ser considerada como factor sobre la presión lateral del hormigón. La unidad de temperatura en el Sistema Internacional es grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

c) Peso específico.

El peso específico corresponde a la densidad del material multiplicado por la aceleración de la gravedad, y es una propiedad de gran importancia dado que la presión lateral que un fluido ejerce sobre una superficie es directamente proporcional a la densidad del fluido. En el caso del hormigón, al no ser un fluido como tal sino más bien una mezcla entre sólidos y líquidos, de consistencia inicial líquida, debe ser tratado con ciertas consideraciones sobre su comportamiento durante la colocación. Representa el peso propio del hormigón en un volumen dado, y se expresa en unidades de fuerza sobre volumen, correspondiente a N/m^3 en el Sistema Internacional.

d) Vibración.

La vibración corresponde al método de consolidación del hormigón que consiste en introducir una terminal vibratoria conectada a un motor y hace que, al consolidar el hormigón fresco, hace que el hormigón se comporte como un fluido en la profundidad de inserción del vibrador. Este método de consolidación puede resultar en presiones laterales temporales de entre

10 y 20% mayores a las que ocurrirían si no se consolidara el material. Por ende, el encofrado y su diseño deberán considerar el uso de este método de consolidación durante la colocación del hormigón.

e) Composición química del hormigón.

El tipo de cemento usado en la mezcla, así como también el uso de ceniza volante o escoria como material cementante puede tener efectos significativos en la presión lateral. El uso de aditivos también deberá ser considerado dada su influencia en las características del hormigón en estado fresco.

2.1.2 Presión Lateral Del Hormigón Fresco.

La determinación de la presión lateral del hormigón en estado fresco ha sido un tema de discusión a lo largo de los años, y seguramente lo seguirá siendo debido a la evolución en las tecnologías del hormigón y los métodos de colocación. Diversos autores han propuesto modelos para la determinación de la presión lateral del hormigón, sin embargo, en el Ecuador, cuando la normativa no cubre aspectos técnicos como para el diseño de encofrados, los profesionales toman como referencia a los códigos y reportes del Instituto Americano del Concreto (ACI).

El comité 347 del ACI designó el desarrollo de fórmulas basadas en la experiencia, mismas que han evolucionado conforme el conocimiento empírico sobre el concreto y la presión que este ejerce lo han permitido (Johnston, 2014). En la Figura 2 se muestran la diferencia en presión lateral del hormigón fresco si se considera al material como un fluido, y los datos experimentales para hormigones convencionales que, una vez pasada una altura de bloqueo de presión denominada CCPmax, los valores tienden a ser constantes a pesar del incremento de cabeza de fluido.

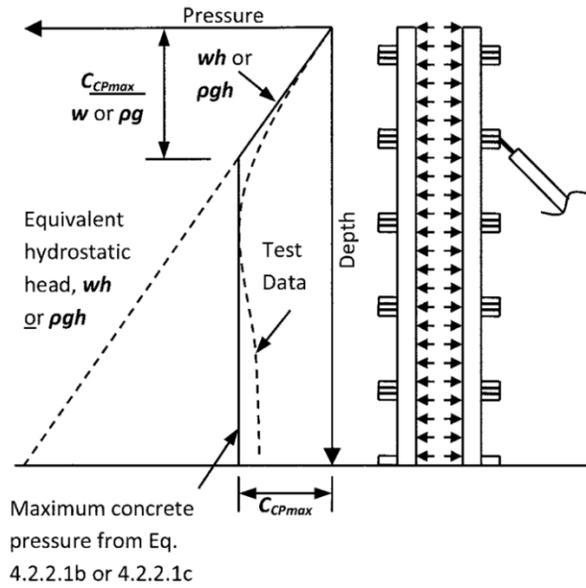


Figura 2: Distribución de la presión lateral del hormigón según el ACI

Fuente: ACI 347R-14

Tomando este comportamiento observado, el ACI propone las siguientes ecuaciones para la determinación de la envolvente de presión lateral del hormigón para propósitos de diseño del encofrado:

$$C_{CP} = wh \quad (1)$$

$$C_{CPmax} = C_w * C_c * \left[150 + \frac{900R}{T} \right] \quad (2)$$

$$C_{CPmax} = C_w * C_c * \left[150 + \frac{43400}{T} + \frac{2800R}{T} \right] \quad (3)$$

Las ecuaciones 1, 2 y 3 corresponden a la presión máxima del hormigón en unidades del sistema inglés, por otro lado, las ecuaciones 4, 5 y 6 corresponden a las ecuaciones de presión máxima en unidades del Sistema Internacional.

$$C_{CP} = \rho * g * h \quad (4)$$

$$C_{CPmax} = C_w * C_c * \left[7.2 + \frac{785R}{T+17.8} \right] \quad (5)$$

$$C_{CPmax} = C_w * C_c * \left[7.2 + \frac{1156}{T+17.8} + \frac{244R}{T+17.8} \right] \quad (6)$$

Donde:

C_{CPmax} : Presión lateral máxima ejercida por el hormigón fresco $\left[\frac{lb}{ft^2}\right]$ o $[kPa]$

C_C : Coeficiente químico

C_w : Coeficiente del peso específico

R: Tasa de colocación $\left[\frac{ft}{h}\right]$ o $\left[\frac{m}{h}\right]$

T: Temperatura de colocación $[^{\circ}F]$ o $[^{\circ}C]$

w: Densidad del hormigón $\left[\frac{lb}{ft^3}\right]$

ρ : Densidad del hormigón $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

h: Altura del elemento de hormigón $[ft]$ o $[m]$

La aplicabilidad de las ecuaciones mostradas anteriormente depende de los parámetros de las tablas mostradas a continuación, que establecen los factores a considerar para determinar la presión lateral como el asentamiento, la profundidad de vibración interna, el tipo de elemento y la tasa de colocación.

Tabla 1: Aplicabilidad de las ecuaciones para la presión lateral en unidades del sistema inglés

Asentamiento	Profundidad de vibración	Elemento	Tasa de colocación	Ecuación de presión
> a 7 [in]	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	1
≤ a 7 [in]	> a 4 [ft]	Cualquiera	Cualquiera	1
≤ a 7 [ft]	≤ a 4 [ft]	Columna	Cualquiera	2
		Muro ≤ a 14 [ft] de alto	< a 7 [ft/h]	2
		Muro > a 14 [ft] de alto	< a 7 [ft/h]	3
		Muro	7 a 15 [ft/h]	3
			> a 15 [ft/h]	1
El asentamiento para determinar la presión lateral deberá ser tomado después de la adición de aditivos. Las columnas se definen como elementos verticales con altura no mayor a 6.5 [ft] Los muros se definen como elementos verticales con al menos una dimensión de plano mayor a 6.5 [ft]				

Fuente: ACI 347R-14

Tabla 2: Aplicabilidad de las ecuaciones para la presión lateral en unidades del Sistema Internacional

Asentamiento	Profundidad de vibración	Elemento	Tasa de colocación	Ecuación de presión
> a 175 [mm]	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	4
≤ a 175 [mm]	> a 1.2 [m]	Cualquiera	Cualquiera	4
≤ a 175 [mm]	≤ a 1.2 [m]	Columna	Cualquiera	5
		Muro ≤ a 4.2[m] de alto	< a 2.1 [m/h]	5
		Muro > a 4.2 [m] de alto	< a 2.1 [m/h]	6
		Muro	2.1 a 4.5 [m/h]	6
> a 4.5 [m/h]	4			
El asentamiento para determinar la presión lateral deberá ser tomado después de la adición de aditivos. Las columnas se definen como elementos verticales con altura no mayor a 2 [m] Los muros se definen como elementos verticales con al menos una dimensión de plano mayor a 2 [m]				

Fuente: ACI 347R-14

Las ecuaciones dependen de un coeficiente relacionado al tipo de cemento utilizado en la mezcla llamado coeficiente químico y depende de la cantidad de escoria o ceniza volante que componga el cemento y del uso de aditivos, la tabla a continuación presenta los valores de coeficiente químico. Es importante mencionar que con “retardantes”, la Tabla 3 se refiere a cualquier aditivo que se agregue al hormigón y retrase el fraguado del hormigón.

Tabla 3: Valores del Coeficiente Químico Cc

Tipo de Cemento	Escoria	Ceniza Volante	Retardantes	Cc
I, II o III	No	No	No	1.0
			Incluye	1.2
Cualquiera	< al 70%	< al 40%	No	1.2
			Incluye	1.4
	≥ al 70%	≥ al 40%	No	1.4
			Incluye	1.5

Fuente: ACI 347R-14

Así también, la presión lateral depende de la densidad del hormigón. Ante tal situación se plantea un coeficiente que representa la influencia de la densidad sobre la presión lateral y se determina a través de la Tabla 4.

Tabla 4: Valores del Coeficiente de Peso Unitario C_w

Sistema Inglés		Sistema Internacional	
Densidad del hormigón [lb/ft ³]	C_w	Densidad del hormigón [kg/m ³]	C_w
$w < 140$	$0.5[1+(w/145 \text{ lb/ft}^3)]$ pero no menor a 0.8	$\rho < 2240$	$0.5[1+(\rho/2320 \text{ kg/m}^3)]$ pero no menor a 0.8
$140 \leq w \leq 150$	1.0	$2240 \leq \rho \leq 2400$	1.0
$w > 150$	$w/145 \text{ lb/ft}^3$	$\rho > 2400$	$\rho/2320 \text{ kg/m}^3$

Fuente: ACI 347R-14

Es importante mencionar que el uso de las ecuaciones 2, 3, 5 y 6 están sujetas a los límites

$660C_w \left[\frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \right] \leq C_{CP \max} \leq wh$ en el sistema inglés, o en el sistema internacional:

$30C_w [\text{kPa}] \leq C_{CP \max} \leq \rho gh$

2.1.3 Tipos De Cemento.

El hormigón, como se definió en la sección 1.6, es un material compuesto de agregados, cemento y agua. El INECYC, (2007) define a los cementos como conglomerantes hidráulicos compuestos de materia inorgánica y mineral. La Figura 2 detalla los tipos de cemento existentes y las normas que estos deben satisfacer, tanto ecuatoriana como su equivalente americano.

Figura 3: Tipos de Cemento Portland

TIPO	DESCRIPCIÓN	NORMA		
		INEN	ASTM	
Puros	I	Uso común	152	C 150
	II	Moderada resistencia a sulfatos Moderado calor de hidratación	152	C 150
	III	Elevada resistencia inicial	152	C 150
	IV	Bajo calor de hidratación	152	C 150
	V	Alta resistencia a la acción de los sulfatos	152	C 150
Los tipos IA, IIA y IIIA incluyen incorporador de aire				
Compuestos	IS	Pórtland con escoria de altos hornos	490	C 595
	IP	Pórtland Puzolanico	490	C 595
	P	Pórtland Puzolanico (Cuando no se requiere resistencias iniciales altas)	490	C 595
	I(PM)	Pórtland puzolánico modificado	490	C 595
	I(SM)	Pórtland con escoria modificado	490	C 595
	S	Cemento de escoria	490	C 595
Por desempeño	GU	Uso en construcción en general	2.380	C 1157
	HE	Elevada resistencia inicial	2.380	C 1157
	MS	Moderada resistencia a los sulfatos	2.380	C 1157
	HS	Alta resistencia a los sulfatos	2.380	C 1157
	MH	Moderado calor de hidratación	2.380	C 1157
	LH	Bajo calor de hidratación	2.380	C 1157
Si adicionalmente tiene R, indica baja reactividad con áridos álcali-reactivos				

Fuente: *El Manual de Pepe el Hormigón (INECYC, APRHOPEC, 2007)*

2.1.4 Transductores de presión.

Se entiende por transductor de presión a aquel dispositivo con la capacidad de convertir la magnitud de presión en una señal eléctrica analógica. La conversión se realiza mediante la deformación física de los medidores de tensión que están conectados al diafragma del transductor y cableados a una configuración de puente de Wheatstone. La presión que se aplica al transductor produce en este una deformación, misma que tensa los calibradores lo que producirá un cambio en la resistencia eléctrica del sistema proporcional a la presión aplicada (OMEGA, s. f.).

De entre los tipos de transductores existentes, el que se usará para el proyecto es un transductor de propósito general que se mostrará en la sección 2.1.5. El transductor muestra corriente como señal de salida ante una presión dada.

3. METODOLOGÍA

3.1 Instrumentación.

La instrumentación utilizada para el presente proyecto consiste en el sistema que se muestra en la Figura 4.

Elemento de Hormigón

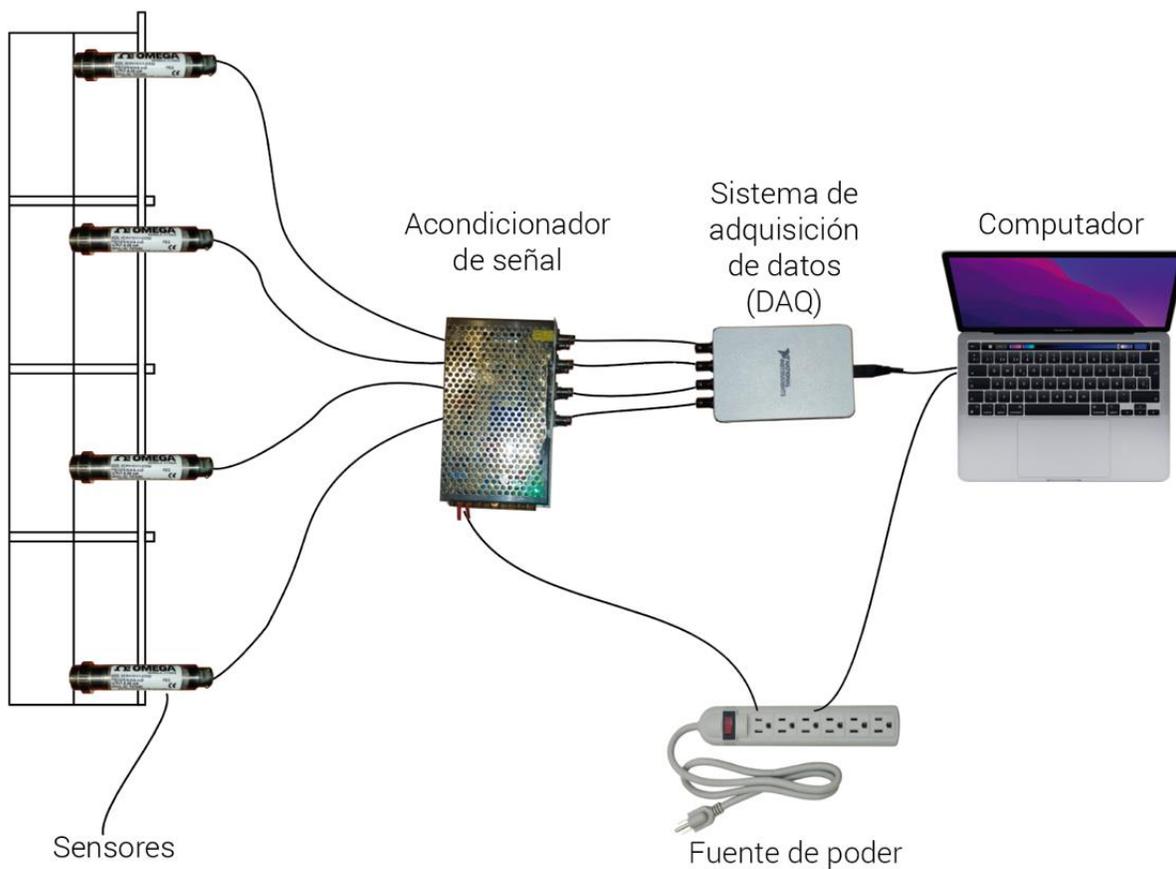


Figura 4: Esquema completo de la instrumentación

Fuente: Elaboración propia

La configuración del sistema de recolección de datos que se compone de los siguientes elementos:

- Transductor de presión PX103U1: Marca OMEGA, mide presiones de entre 0 y 25 psi (ver Figura 5).



Figura 5: Transductor de presión OMEGA PX103U1

Fuente: Autor

- Acondicionador de señal de corriente: Su función principal es acondicionar la señal que proviene de los transductores, eliminando cualquier ruido o interferencia que pueda presentarse y que genere distorsión en los datos (ver Figura 6). Este acondicionador de señal fue adaptado por Nelson Herrera, profesor de la Universidad San Francisco de Quito.



Figura 6: Acondicionador de señal

Fuente: Autor

- Sistema de adquisición de datos: También conocido como “DAQ” por sus siglas en inglés, es un dispositivo que permite adquirir y almacenar los datos provenientes de los transductores para que estos puedan ser analizados en el software (ver Figura 7). Convierte los datos análogos en datos digitales para poder ser capturados por el computador.



Figura 7: Sistema de adquisición de datos

Fuente: Autor

- Cables CA-6PC24-3-015: Permiten conectar el transductor de presión al acondicionador de señal (ver Figura 8).



Figura 8: Cables de transductor de presión

Fuente: Autor

- Acoples: Permiten colocar y sostener los transductores en donde se requiera, constan de un lado roscado, que se introduce en el material de molde para luego sostener a los transductores (ver Figura 9).



Figura 9: Acoples para transductores

Fuente: Autor

- Computador: Se requiere de un computador con el programa NI Signal Express para poder analizar los datos de corriente que envía el sistema de adquisición de datos y posteriormente poder convertirlos en valores de presión (ver Figura 10).



Figura 10: Computador con Software NI Signal Express (Referencial)

Fuente: computron.com.ec

3.2 Software NI Signal Express.

Se requiere del uso del software NI Signal Express, este actúa como “traductor” de los valores que envían los transductores en forma de corriente, y los muestra como valores de presión. Para ello, es menester introducir en el software los valores de calibración de los transductores que provee el fabricante. Mediante estos valores se procede a determinar la ecuación adecuada que transforme los valores de corriente a valores de presión. Cada transductor cuenta con sus hojas de calibración del fabricante, estas se muestran en el Anexo 1.

La programación del software consiste en establecer la fuente de los datos para luego determinar lo que se desea hacer con tales datos. Por tanto, inicialmente se establece la fuente de datos que es el DAQ con sus 4 canales, luego se aplica un filtro a todos los datos/canales, este filtro hace que todas las frecuencias que superen cierto orden de magnitud no sean consideradas. Finalmente, a los datos de corriente filtrados se les aplica una conversión de tipo lineal conforme

las hojas de calibración del fabricante. Los datos de corriente que serán convertidos son independientes para cada canal, es decir, para cada transductor.

3.3 Comprobación de la calibración

La calibración de los transductores de presión realizada por el fabricante se sometió a comprobación para así disponer de un mayor grado de certeza al momento de presentar los resultados del proyecto. La comprobación se realizó haciendo uso del esquema mostrado en la Figura 12.

Inicialmente se pretendía usar el compresor y su respectivo manómetro, surgió un inconveniente cuando se notó que el manómetro incluido en el compresor presentaba una escala graduada cada 5 psi (ver Anexo 2), por lo que la precisión del trabajo de comprobación estaría en cuestionamiento. Para dar solución a tal inconveniente se prefirió usar un manómetro cuya escala de graduación sea menor, como el de la Figura 11 cuya escala está graduada cada 2 psi.

En la Figura 11 también se muestra la configuración de piezas que se requirieron para usar tal manómetro. Una pieza pvc en forma de T hace posible toda la configuración; a la izquierda se conecta el transductor mediante los acoples mostrados en la Figura 9, en el centro se conecta el manómetro graduado cada 2 psi y a la derecha se acopla la manguera, misma que se conecta directamente al compresor de aire. El sistema de comprobación se muestra en el Anexo 3.

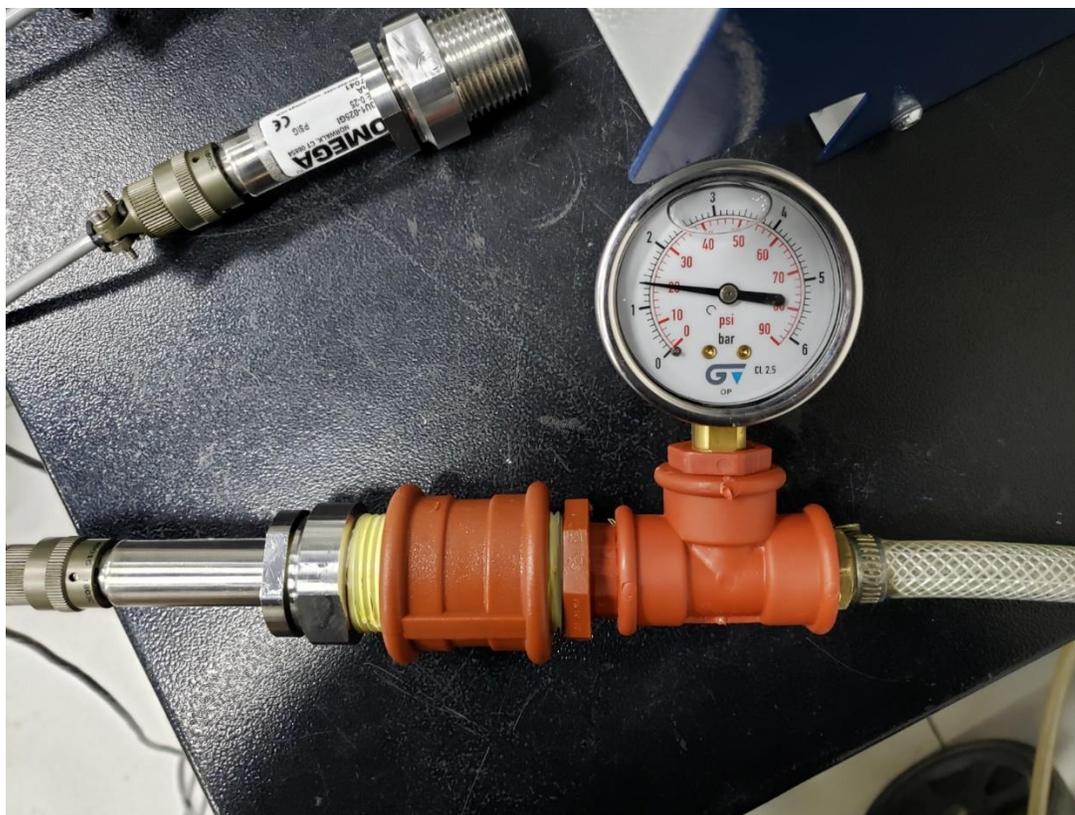


Figura 11: Configuración de manómetro para comprobación de calibración

Fuente: Autor

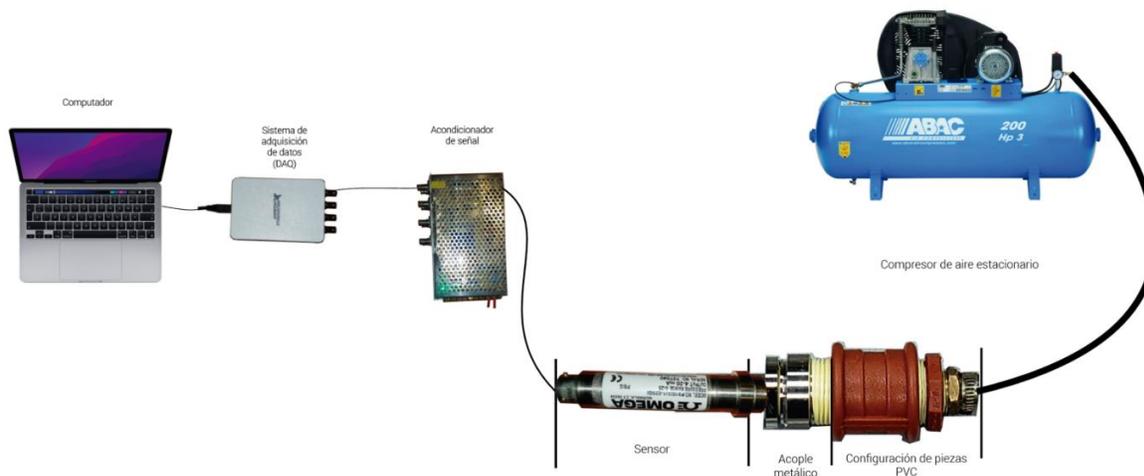


Figura 12: Esquema para comprobación de la calibración

Fuente: Elaboración propia

Se conectaron los transductores al compresor y, por medio del manómetro adaptado, se reguló la salida de aire a diferentes presiones. Los valores que se mostraban en el software presentaban un desfase considerable con respecto a los regulados en el manómetro, lo que evidenció que los transductores no se encontraban calibrados respecto a los valores que el fabricante proporcionó. Se presume que el paso del tiempo sumado a la manipulación no cuidadosa de los mismos generó este desfase.

Como solución al inconveniente, se procedió a “calibrar” los transductores. Con la ayuda del manómetro, cada transductor fue sometido a diferentes valores de presión conocidos. Los transductores envían señales de corriente al sistema de adquisición de datos, estas señales de corriente se compilan para luego determinar las curvas de calibración que serán introducidas al software.

La Tabla 5 muestra los valores que se obtuvieron luego de realizar el proceso de toma de datos en el laboratorio. Para cada transductor se muestra la presión a la que fue sometido, seguido del valor en miliamperios (mA) y amperios (A) respectivamente. La última fila muestra la ecuación lineal que se ajusta a los valores para cada transductor.

Tabla 5: Recalibración de los transductores

TRANSDUCTOR	707040		TRANSDUCTOR	707041		TRANSDUCTOR	707042		TRANSDUCTOR
psi	mA	A	psi	mA	A	psi	mA	A	psi
0	4.3600	0.0044	0	5.1200	0.0051	0	4.3250	0.0043	0
10	13.8330	0.0138	10	14.7080	0.0147	10	13.4800	0.0135	10
20	21.5247	0.0215	20	22.0550	0.0221	20	21.1158	0.0211	20
10	13.8693	0.0139	10	14.7200	0.0147	10	13.8700	0.0139	10
0	4.2638	0.0043	0	5.1200	0.0051	0	4.4600	0.0045	0
Ecuación	1138.9x-5.1771		Ecuación	1151x-6.208		Ecuación	1171.3x-5.4116		Ecuación

Fuente: Autor

Las ecuaciones que se muestran en la Tabla 5 serán las que se introduzcan en el software (como se muestra en el Anexo 4) y se considerarán como las nuevas ecuaciones de calibración sobre las cuales se continuará con el proyecto.

3.4 Sistema De Acoplamiento.

El sistema de acoplamiento se lo realizó mediante los acoples mostrados en la Figura 9, los cuales serán roscados al elemento de encofrado. El proceso de roscado se realiza sobre el tablero de encofrado previamente perforado con un “sacabocados” de 32mm de diámetro. Dado que los acoples tienen un diámetro aproximadamente igual al diámetro de perforación, el proceso de acoplamiento será manual, teniendo en cuenta el espesor de tablero de tal manera que los transductores se ubiquen al ras del tablero.

3.5 Materiales y Especímenes.

El elemento estructural en el cual se realizaron las mediciones corresponde a un muro-diafragma de gradas de la sexta planta del edificio de vivienda, ubicado en la ciudad de Quito, en el sector de la Granda Centeno, de la constructora “Grupo Marpa”. A continuación, se detallan las características del muro:

Tabla 6: Dimensiones del muro a instrumentar

Muro-Diafragma	
Altura total (m)	3.05
Espesor (m)	0.25
Largo (m)	4.50

Fuente: Elaboración propia

La Figura 13 muestra el sistema de recolección de datos colocado en obra. En los tableros de encofrado se instalaron los acoples como se especificó en la sección 2.2.4, donde se roscaron también los transductores.



Figura 13: Transductores y sistema de adquisición de datos armado en obra
Fuente: Autor

La Tabla 7 muestra las especificaciones del hormigón que se utilizó para la fundición del elemento en cuestión. Es importante mencionar que, debido a las restricciones de movilidad dispuestas en la ciudad de Quito, la empresa hormigonera envió el primer camión de hormigón 1 hora antes del inicio de la descarga. En el Anexo 4 muestra la guía de transporte proporcionada por la empresa hormigonera.

Tabla 7: Detalle del primer camión de concreto

Fecha de envío	7/12/2021	Hora de inicio del traslado	6:00 a. m.
Resistencia del hormigón	210 kg/cm ²	Aditivo	SETMIX RM
Tipo de cemento	HE	Cliente	MARPA Constructora

Fuente: Hormiandes

Dado que se colaron dos elementos contiguos de muro-diafragma de 3.05 m de alto, por decisión del encargado de obra, se fundieron los elementos en dos mitades, es decir, la primera mitad del elemento de gradas seguido de la primera mitad del elemento de ascensor, para luego completar la segunda mitad del elemento de gradas y lo propio con el elemento de ascensor. Este método de colocación permite que el hormigón comience su proceso de endurecimiento, disminuyendo las presiones que este ejerce sobre los tableros de encofrado.

3.6 Resultados.

Los resultados que se obtuvieron al implementar la instrumentación mostrada en las secciones anteriores se resumen en la Tabla 8, donde para cada transductor se tomaron datos de presión. Los transductores 1, 2, 3 y 4 se colocaron a 0.70 m, 1.40 m, 2.20 m y 2.90 m respectivamente, inicialmente se pretendía colocar los transductores a 60 cm igualmente espaciados, pero la configuración del armado del encofrado impidió tal cometido, en su lugar, se espaciaron los dos primeros transductores a 70 cm entre sí, así como los dos transductores 3 y 4 mientras que el espaciamiento entre los transductores 2 y 3 fue de 80 cm.

La Figura 14 muestra un recorte de pantalla recolectado durante la toma de datos, en esta se diferencian a los transductores por colores. El recuadro a la derecha muestra los valores de presión en tiempo real a los que se ven sometidos los transductores.

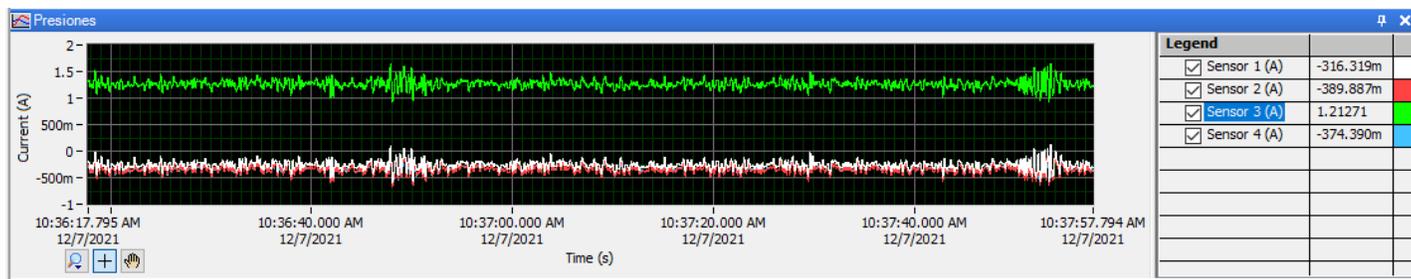


Figura 14: Recorte de pantalla de la toma de datos en tiempo real

Fuente: NI Signal Express

Tabla 8: Resultados obtenidos

DATOS RECOLECTADOS							
Transductor	707040 (1)	Transductor	707041 (2)	Transductor	707042 (3)	Transductor	707043 (4)
Hora	Presión (kPa)	Hora	Presión (kPa)	Hora	Presión (kPa)	Hora	Presión (kPa)
9:00	0.639	9:00	-0.001	9:00	0.000	9:00	-0.001
9:05	4.575	9:05	-0.001	9:05	0.000	9:05	-0.001
9:10	7.956	9:10	-0.001	9:10	0.000	9:10	-0.001
9:15	7.497	9:15	-0.001	9:15	0.000	9:15	-0.001
9:20	7.637	9:20	-0.001	9:20	0.000	9:20	-0.001
9:26	7.853	9:26	6.826	9:26	0.000	9:26	-0.001
9:28	7.786	9:28	10.630	9:28	0.000	9:28	-0.001
9:34	8.294	9:34	10.343	9:34	0.000	9:34	-0.001
9:41	8.165	9:41	9.508	9:41	0.000	9:41	-0.001
9:50	7.049	9:50	8.130	9:50	0.000	9:50	-0.001
9:55	6.142	9:55	7.524	9:55	0.000	9:55	-0.001
10:00	4.738	10:00	6.038	10:00	-0.901	10:00	0.127
10:05	3.300	10:05	7.519	10:05	2.566	10:05	0.125
10:12	1.077	10:12	2.229	10:12	3.034	10:12	0.150
10:19	-0.582	10:19	0.340	10:19	6.578	10:19	0.118
10:23	-0.991	10:23	-0.154	10:23	10.704	10:23	0.124
10:29	-1.361	10:29	-0.250	10:29	10.059	10:29	0.152
10:38	-1.800	10:38	-0.584	10:38	8.924	10:38	0.173
10:44	-2.173	10:44	-0.981	10:44	8.627	10:44	0.170
10:54	-2.644	10:54	-1.431	10:54	8.848	10:54	2.437
10:59	-2.978	10:59	-1.604	10:59	8.267	10:59	3.444
11:29	-5.438	11:29	-3.418	11:29	7.561	11:29	0.795
11:38	-6.232	11:38	-4.013	11:38	5.337	11:38	0.229
11:44	-6.818	11:44	-4.427	11:44	3.628	11:44	-0.326
11:49	-7.258	11:49	-2.983	11:49	2.272	11:49	-0.850

Fuente: Elaboración propia

Los resultados expuestos la Tabla 8 muestran los valores de presión a diferentes horas a partir de la primera señal de presión recibida en el transductor 1, debido al método de colocación, el proceso de toma de datos duró más tiempo del esperado.

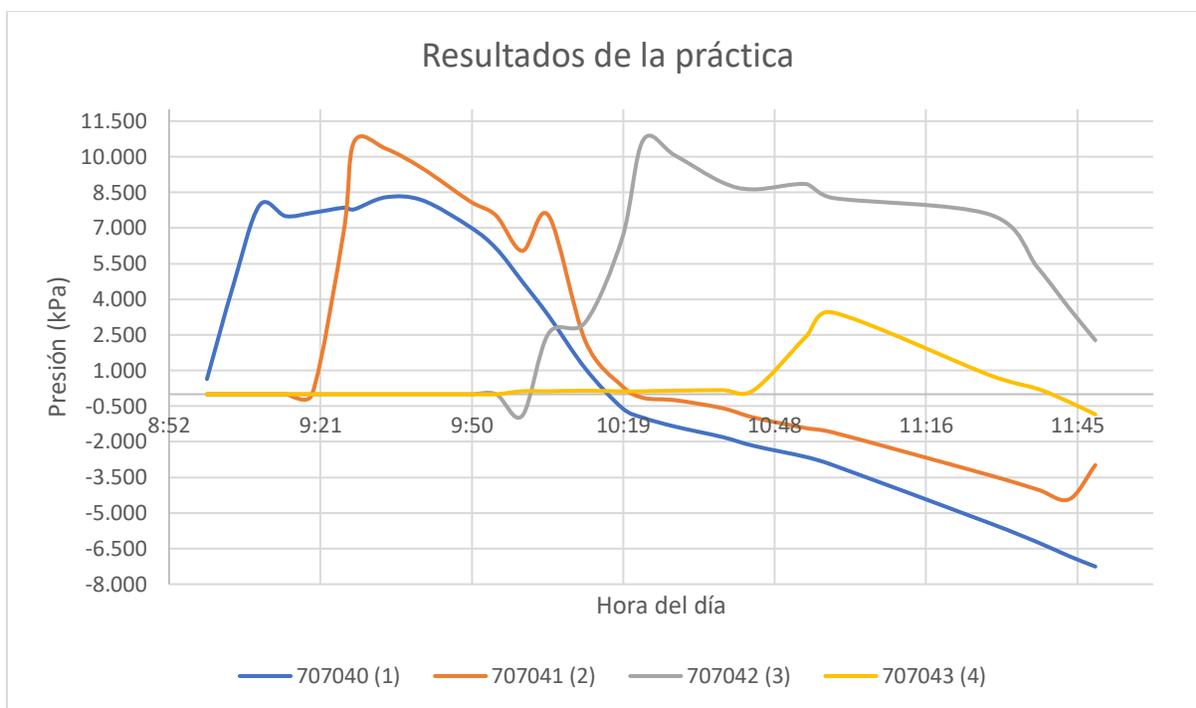


Figura 15: Representación gráfica de la tabla 8

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 15 se puede destacar lo mencionado en la sección 2.2.7, el método de colocación influyó directamente sobre la presión lateral que el hormigón ejerce sobre el encofrado. El transductor 1 presenta una disminución de la presión luego de que transcurriera una hora desde la primera señal de presión enviada por el transductor. El transductor 2, presenta valores de presión muy parecidos a los mostrados por el transductor 1 durante un determinado intervalo de tiempo para luego disminuir y tender a presiones negativas.

El transductor 3 inicia su lectura de presiones luego de transcurrida 1 hora y media a partir de la primera lectura de presiones en el transductor 1. De igual manera, presenta valores de presión muy parecidos al de los transductores 1 y 2. Finalmente, el transductor 4 fue el que se sometió a la menor de las presiones dado que la altura de hormigón sobre el mismo no sobrepasaba los 20cm. La presión máxima a la se sometieron los transductores fue de 10.70 kPa. Si se aplica la

ecuación 5 mostrada en la sección 2.1.2 se tiene que la presión lateral del hormigón, asumiendo los coeficientes químicos y de peso unitario, así como también la temperatura, es la que se muestra en la Tabla 9:

Tabla 9: Presión teórica utilizando ecuaciones del ACI

Presión teórica	
C_w	1.00
C_c	1.20
R (m/h)	1.02
T (°C)	23.00
C_{cp}max (kPa)	31.31
P max real (kPa)	10.70
% error	65.8%

Fuente: Elaboración propia

Contrastando lo obtenido en las Tablas 8 y 9, se tiene que la presión real medida en campo es considerablemente menor a la teórica. Es decir, la presión real medida en campo representa un 30% de la presión máxima teórica. Se sabe que son muchos los factores que afectan a la presión lateral del hormigón fresco, pero para este caso en particular, se presume que el método de colocación del hormigón es causante de tal diferencia entre los valores dado que éste afecta a la tasa de colocación del hormigón en estado fresco, así como también supone una variación considerable entre los valores de asentamiento iniciales y finales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Tras la realización del presente proyecto, se concluye lo siguiente:

- a) Se configuró un sistema de instrumentación para poder medir la presión lateral del hormigón fresco en campo.
- b) El sistema comprende cuatro (4) transductores de presión, un acondicionador de señal de corriente, una tarjeta de adquisición de datos, y un computador.
- c) Se configuró el software NI Signal Express para poder realizar la adquisición y registro de datos de presión en las unidades correspondientes.
- d) Se logró realizar una nueva calibración de los transductores debido al desfase de estos en relación con los valores de presión a los que fueron sometidos, permitiendo así disponer de un sistema completo y a punto para la determinación de la presión lateral del hormigón.
- e) Se instrumentó el encofrado de un muro de hormigón, y se pudo obtener datos de presión lateral del hormigón fresco.
- f) Los datos medidos están por debajo de la presión máxima
- g) Se concluye que la determinación de la presión lateral del hormigón fresco debe realizarse considerando y controlando los factores que influyen sobre esta, dado que, en función a los resultados obtenidos, la presión que se mida puede ser considerablemente diferente a la presión teórica.

Recomendaciones

Tras la realización del presente estudio, se recomienda lo siguiente:

- a) Se recomienda que, para futuras mediciones, se tengan en cuenta y controlen los factores que afectan a la presión lateral del hormigón en estado fresco para así tener un mayor grado de precisión en los resultados que se obtengan.
- b) Para hacerlo, hay que remitirse a las normas que especifican la manera en la que se deben determinar estos factores como son: densidad (ASTM C138/C138M), asentamiento (ASTM C143/C143M) y temperatura (ASTM C1064/C1064M).
- c) El sistema está listo para realizar mediciones de presión lateral del hormigón, por lo que se recomienda al grupo de investigación de la USFQ realizar un plan experimental para determinar los coeficientes químicos aplicables para cementos puzolánicos y compuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Concrete Institute. ACI Committee 347. (2014). Guide to Formwork for Concrete. ACI 347R-14.

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2015). ASTM C143/C143M-15a. Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. ASTM.

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2017a). *ASTM C138/C138M-17a. Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete*. ASTM.

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2017b). *ASTM C172/C172M-17. Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete*. ASTM.

American Society for Testing and Materials (ASTM). (2017c). *ASTM C1064/C10643M- Standard Test Method of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete*. ASTM.

Beltrán, S. (2021). Análisis de los modelos de cálculo de la presión del hormigón fresco sobre los encofrados. Universidad San Francisco de Quito.

Gardner, N. J. (1986). Concrete pressure on formwork. Proc. Instn Civ. Engrs, Part 1, 145-159

Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Concreto INECYC, APRHOPEC. (2007). El manual de Pepe el Hormigón, consejos prácticos sobre el hormigón.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (1978). Diseño y Construcción de Encofrados. Guía y Práctica. Recuperado el 21 de diciembre de 2021 de <https://construccionesece.wordpress.com/2017/02/02/guia-de-practica-diseno-de-encofrados/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2016). Encuesta de edificaciones 2016. Recuperado el 21 de diciembre de 2021 de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2016/2016_EDIFICACIONES_PRESENTACION.pdf

Johnston, D (2010). Field Measurement of Concrete Lateral Pressure in Formwork. Construction Research Congress.

Johnston, D. (2014). An ACI Manual Formwork for Concrete, ACI SP-4(14) (8th ed.).

Lozano, J. (2005). Estudio experimental sobre la influencia de la temperatura ambiental en la resistencia del hormigón preparado. Universitat Politecnica de Catalunya. Recuperado el 10 de septiembre de 2021 de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93475>

Mc Cormac, J. & Brown, R. (2011) Diseño de concreto reforzado. Octava edición. Alfaomega grupo editor S.A de C.V, México, D.F.

OMEGA. (s. f.). *Transductores de presión*. Recuperado 11 de octubre de 2021, de <https://mx.omega.com/prodinfo/transductores-de-presion.html>

Peurifoy, R & Oberlender, G (2011). Formwork for concrete structures. Fourth Edition. McGraw-Hill.

Sanchez, D. (2001). Tecnología del Concreto y del Mortero (5ta ed). Bogotá.

Santilli, A, Puente, I, Tanco, M. (2010). A factorial design study to determine the significant parameters of fresh concrete lateral pressure and initial rate of pressure decay. Construction and Building materials. Recuperado de elsevier.com

Wight, J. & MacGregor, J (2012). REINFORCED CONCFETE, Mechanics and Design. Pearson Education, Inc.

OMEGA ENGINEERING INC.

PRESSURE TRANSDUCER
FINAL CALIBRATION

0.00 - 25.00 PSIG
Excitation 28.000 Vdc

Job: WHM0031109
Model: PX103U1-025GI
Date: 8/1/2019
Calibrated: 0.00 - 25.00 PSIG

Serial: 707041
Tested By: CHRIS
Temperature Range: +30 to +130 F
Specfile: PX103-I-100

Pressure PSIG	Unit Data mA
0.00	3.979
12.50	11.950
25.00	19.973
12.50	11.955
0.00	3.970

Balance 3.979 mA
Sensitivity 15.994 mA

ELECTRICAL LEAKAGE: PASS
PRESSURE CONNECTION/FITTING: Flush Diaphragm (.749) Dia.)
ELECTRICAL WIRING/CONNECTOR: PIN A = +INPUT
PIN B = -INPUT

This Calibration was performed using Instruments and Standards that are traceable to the United States National Institute of Standards Technology.

S/N	Description	Range	Reference	Cal Cert
41000891/6	AUTO Mensor 100PSI	0 - 25.00 PSIG	C-3034	C-3034
MY44002665	AT34970 DMM	Unit Under Test	C-1281	C-1281
MY44002077	AT34970 DMM	Unit Under Test	C-1284	C-1284

Q.A. Representative : *Chris Ding* Date: 8/1/2019

This transducer is tested to & meets published specifications. After final calibration our products are stored in a controlled stock room & considered in bonded storage. Depending on environment & severity of use factory calibration is recommended every one to three years after initial service installation date.

Omega Engineering Inc., 800 Connecticut Ave., Norwalk, CT 06854
http://www.omega.com email: info@omega.com phone (800) 826-6342

Figura 17: Hoja de Calibración Transductor 707041

Fuente: OMEGA

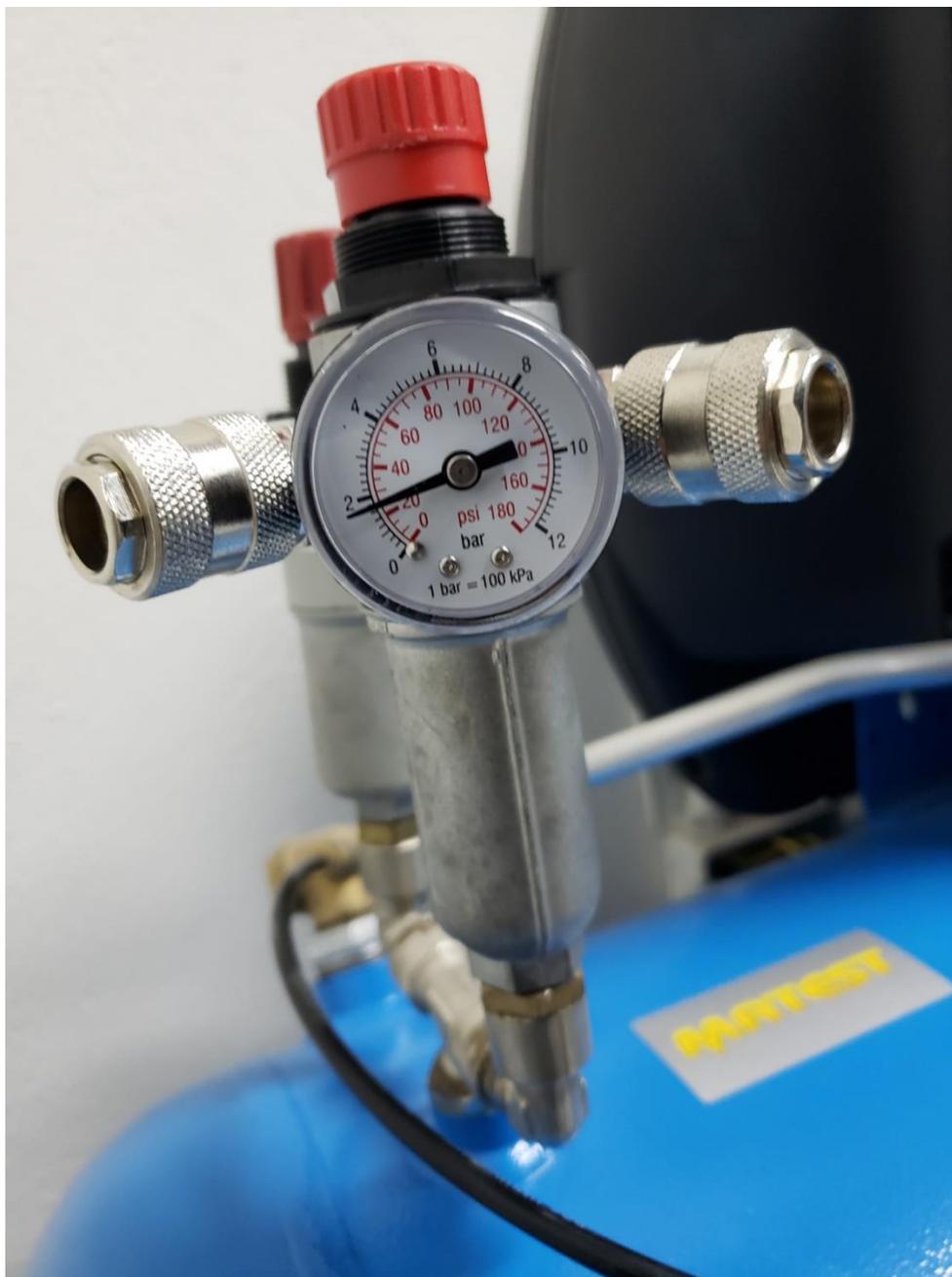
ANEXO 2:

Figura 20: Manómetro integrado en el compresor (graduado cada 5psi)

Fuente: Autor

ANEXO 3:

Figura 21: Sistema para comprobación de la calibración

Fuente: Autor

ANEXO 4:

HORMIANDÉS
 Dir.: N72-B s/n. y Av. Eloy Alfaro
 E-mail: hormigoneradelosandes@gmail.com
 Quito - Ecuador
 6044 699 / 6044 006 / 5144040
 Agente de Retención Resolución NAC-DNCRASC20-0000001

R.U.C.: 1792374626001
 GUÍAS DE REMISIÓN 5001-001-
 000088230
 AUT. S.R.I.: 1128891891
 FECHA DE AUTORIZACIÓN: 12 / OCTUBRE / 2021

DOCUMENTO CATEGORIZADO: NO

FECHA DE INICIACIÓN DEL TRASLADO: PEDIDO N° PUNTO DE PARTIDA: FEA

FECHA DE TERMINACIÓN DEL TRASLADO: COMPROBANTE DE VENTA No. VIAJE N°: DE:

MOTIVO DEL TRASLADO: COMPRA VENTA CONSIGNACIÓN No. AUTORIZACIÓN: MIXER N°: NI PLACA N°:

FECHA: CLIENTE: GRANDA CENTENO NOMBRE DEL CONDUCTOR: Edgar

OBRA: DIRECCIÓN / OBRA: f.c. 210 kg/cm² SETMIX RM 1.4 R.U.C. / C.I.: EVALUACIÓN DEL CONDUCTOR: EXCELENTE MUY BUENO BUENO

RESISTENCIA HORMIGÓN f'c = DIAFRAGMAS Kg. / cm² CANTIDAD: 6 SELLO N°: 14592

ADITIVO UTILIZADO: HORMIGÓN A UTILIZARSE EN: ASENTAMIENTO: cm.

	HORA	OBSERVACIONES
SALIDA DE PLANTA:		
LLEGADA A OBRA:		
SALIDA DE OBRA:		
LLEGADA A PLANTA:		
CANTIDAD CONTRATADA: m ³		
CANTIDAD DESPACHADA: <u>6</u> m ³		
CANTIDAD POR ENTREGAR: m ³		
OBSERVACIONES:		

DESPACHADO POR: Eduardo RECIBIDO POR: Auris

ALQUILER DE VIBRADOR: SI NO

ENTE / COPIA AMARILLA. EMISOR / COPIA CELESTE. S.R.I. - FECHA DE CADUCIDAD: 12 / OCTUBRE / 2022
 Calle: Alameda, Imprenta San Antonio R.U.C. 171273460003. Telf: 2394449. Av. Bolívar: 4400. Dirección: Urb. El Valle de los Andes

Figura 22: Guía de remisión del camión de hormigón

Fuente: Hormiandes