

Determinación del Coeficiente de Dilatación Térmica en Concreto Hidráulico

Rodríguez, A.a, Conde, R.b; Mafaile, V.b; Mamani, Y.b; Orgaz, O.b; Pallares, E.b; Sarcillo, W.b; Vargas, G.b

- (a) Investigador en el área de ingeniería vial, Instituto de Transporte y vías de Comunicación de la Facultad de Ingeniería Civil (USFX), Zona Q'ara Punku Laboratorios de la facultad de Ingeniería, Sucre, Bolivia. E-mail: rodriguez.abel@usfx.bo.
- (b) Estudiantes de la materia de Modelación en Ingeniería Vial CIV-348, mención vías de la Facultad de Ingeniería Civil (USFX), Destacamento 317, Ex Campus REFISUR, 573, Sucre, Bolivia.

Recibido: 03/10/2024

Aceptado: 10/10/2024

Publicado: 10/11/2024

RESUMEN

La Variación térmica produce en los cuerpos una dilatación o contracción en sus dimensiones, en el caso específico de los concretos hidráulicos, al ser el elemento que más se usa en la obra civil, se realizó una campaña con la elaboración de especímenes de diferentes tipos de mezclas en cuanto se refiera a su resistencia (empleando siempre el mismo tipo de cemento Fancesa IP-40, agregado grueso y fino procedente del río Pilcomayo, comunidad El Puente). El objetivo fue determinar un valor lo más cercano posible a las condiciones locales de nuestro departamento, mediante la medición de temperaturas vs. Variación de longitud de 54 unidades de muestras. Se logró determinar el coeficiente térmico para cada resistencia y edad, así también, se evaluó mediante promedios para cada resistencia indiferentemente de sus edades.

Los resultados obtenidos, se enmarcan dentro de los valores estimados en varias normas internacionales, lo que avala el trabajo desarrollado.

Palabras clave: Dilatación térmica, modelo matemático del coeficiente de dilatación térmica. Variación de dimensiones en el concreto por temperatura.

ABSTRACT

The thermal variation produces in the bodies an expansion or contraction in their dimensions, in the specific case of hydraulic concretes, being the element that is most used in civil works, a campaign was carried out with the elaboration of specimens of different types of mixtures as far as their resistance is referred to (always using the same type of Fancesa IP-40 cement, coarse and fine aggregate from the Pilcomayo River, El Puente community). The objective was to determine a value as close as possible to the local conditions of our department, by measuring temperatures vs. Length variation of 54 sample units. It was possible to determine the thermal coefficient for each resistance and age, as well as it was evaluated by means of averages for each resistance regardless of their ages.

The results obtained are framed within the values estimated in several international standards, which endorses the work carried out.

Finally, highlight the existence of two Regulations: Bolivian Construction Regulations and the Regulations for the Development of Economic Activities in the Construction Sector, as well as the Bolivian Guide to the Construction of Buildings.

Key words: Thermal expansion, mathematical model of the coefficient of thermal expansion. Variation of dimensions in concrete by temperature.

INTRODUCCIÓN

El hormigón como material se expandirá y contraerá cuando se exponga a cambios de temperatura y, cuando esto no se tenga en cuenta en el diseño, se producirá grietas en el elemento de hormigón. El coeficiente de expansión térmica del hormigón depende en gran medida del agregado, pero se puede utilizar un valor conservador de $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ en ausencia de datos en el Reino Unido. El Euro código establece un valor de $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, pero se considera que este valor no es conservador. El rango del coeficiente de expansión térmica del hormigón oscila entre 7 y $13 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.

Factores como el contenido de material cementoso, la relación agua-cemento, el rango de temperatura, la edad del concreto y la humedad relativa ambiental también pueden influir en las propiedades térmicas del concreto. Sin embargo, la naturaleza de los agregados es el factor principal para determinar el coeficiente de expansión térmica y la resistencia del concreto al fuego, ya que constituyen alrededor del 70% del concreto.

No existe un método estándar para medir el coeficiente de expansión térmica del hormigón en CEN, ISO o ASTM, aunque en BS EN 1770 se proporciona un método para materiales de reparación. Sin embargo, se pueden utilizar métodos internos para la medición en laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del trabajo se empleó materiales de uso local, como ser los agregados del río Pilcomayo de la comunidad de El Puente, camino y límite departamental entre Chuquisaca y Potosí, del cual se realizó su caracterización y verificación de sus propiedades mecánicas como ser los pesos unitarios, peso específico, granulometrías, abrasión y coeficiente de uniformidad. De acuerdo al siguiente detalle:

CEMENTO TIPO IP-40 FANCESA	
PESO ESPECÍFICO	3.04 g/cm ³
peso de bolsa	50 kg

AGREGADO FINO	
PESO UNITARIO SUELTO SECO	1671 Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTO SECO	1805 Kg/m ³
PESO ESPECÍFICO	2.59 g/cm ³
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	0.98%
MÓDULO DE FINEZA	2.2

AGREGADO GRUESO	
PESO UNITARIO SUELTO SECO	1272 Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTO SECO	1667 Kg/m ³
PESO ESPECÍFICO	2.70 g/cm ³
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	0.00%
T.M.N.	3/4"

La principal variable independiente, es la resistencia y las edades de los especímenes de hormigón, se consideró 9 diferentes resistencias, inicialmente las de:

EDAD DE ENSAYO

RESISTENCIA DE DISEÑO (Kg/cm ²)	14 DÍAS	28 DÍAS	OBSERVACIONES
160	3	3	3 muestras para cada ensayo, es decir 3 por variable
180	3	3	
210	3	3	
250	3	3	
300	3	3	
350	3	3	

EDAD DE ENSAYO

CONTENIDO DE CEMENTO (Kg/m ³)	14 DIAS	28 DÍAS	OBSERVACIONES
300	3	3	Equivale a 168 Kg/cm ²
350	3	3	Equivale a 216 Kg/cm ²
400	3	3	Equivale a 274 Kg/cm ²

El desarrollo del trabajo fue en instalaciones de los laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca.

El coeficiente de dilatación térmica (α) es una propiedad característica de los materiales que indica cuánto se expande o contrae un material por unidad de longitud por cada grado de cambio de temperatura. Matemáticamente, se expresa como:

La toma de datos de variación en su dimensión longitudinal y toma de temperatura, se muestra en la siguiente imagen:



Imagen1. Toma de datos

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la determinación del coeficiente de Dilatación térmica del concreto hidráulico, se resumen en el siguiente gráfico.

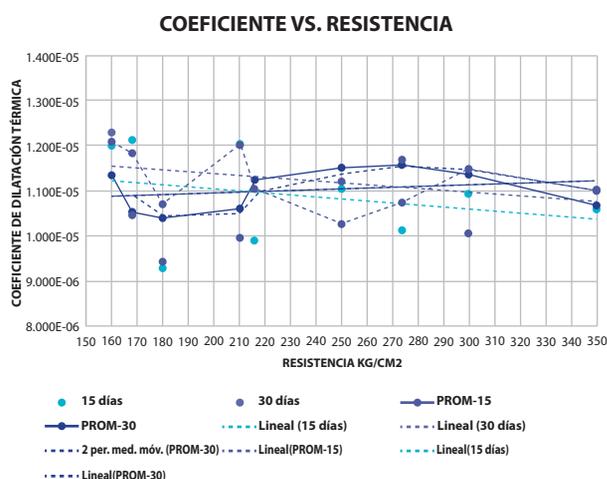


Gráfico 1. Coeficiente vs resistencia

En la siguiente gráfica se puede verificar un pequeño descenso, inversamente proporcional a su resistencia.

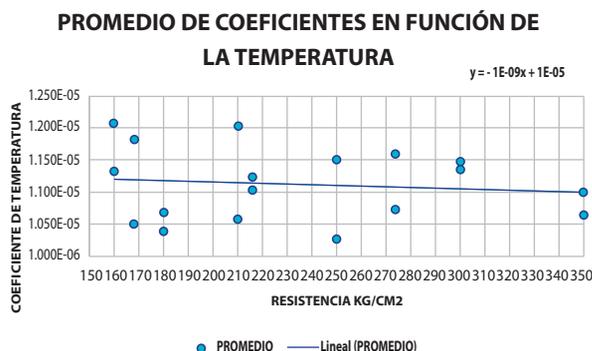


Gráfico 2. Promedio de coeficientes vs. Resistencia

En un análisis de la desviación estándar de los valores del gráfico 2, no pasa del 5%, donde casi todos los puntos están dentro del margen de error admisible.

Con el empleo de la Fórmula y en un promedio total se puede determinar el siguiente valor:

$$\alpha = \frac{L_{maxdial}}{(L_o * (T_f - T_o))} \quad ec. 1$$

$$\alpha = \frac{0.257}{300 * (99.2 - 21.6)}$$

$$\alpha = 11.040 * 10^{-6}$$

El valor determinado se puede emplear con una confiabilidad mayor al 95%, ya que la diferencia entre el valor del coeficiente del hormigón con una resistencia de 160 Kg/cm² al de 350 kg/cm², no pasa del 2%, como se puede verificar mediante la determinación de la línea de tendencia:

$$y = -1^{-9} * X + 1^{-5} \quad ec. 2$$

ecuación de la línea de tendencia

X	Y
160	0.00000984
350	0.00000965

Diferencia de valores en porcentaje	1.931%
	1.969%

CONCLUSIONES

Los cambios dimensionales del hormigón son importantes para la 'Serviciabilidad' de las estructuras de edificios de gran altura y también las losas de pavimento rígido.

Se logró determinar los coeficientes de dilatación para los diferentes especímenes realizados durante este ensayo, llegando a valores aceptables que se encuentran dentro del rango de lo que es el coeficiente de dilatación térmica del hormigón. Se realizó tanto el método analítico como gráfico, obteniendo resultados similares y concordantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- López, L., Oblitas, R., Ramírez, M., (2022). Relación entre el módulo de elasticidad y la resistencia a compresión de hormigones elaborados con tres marcas de cemento tipo IP disponibles en la ciudad de La Paz. Proyecto de Grado.
- Pacelli de Andrade, W., França Fontoura, J.T., Machado Bittencourt, R., Guerra, E.A., "Thermal properties of concrete for some Brazilian dams", 14th Congress of Large Dams, Rio de Janeiro, Brazil, 1982, paper C3, 1111-1138
- Torrent, R.J. and Fucaraccio, J., "Appropriate experimental techniques for the control of thermal cracking in large concrete masses", Intern. onvention on Temperature Effects on Concr. and Asphalt Concr., Baghdad, Irak, June 1982.