

## **TÍTULO DEL PROYECTO**

Formulación de Ecuaciones que relacionan el Módulo de Elasticidad del Concreto con sus características físicas y mecánicas utilizadas en las edificaciones de concreto reforzado en la Provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad

## **SIGLAS**

FORECUA

## **TIPO DE PROYECTO**

Aplicada

## **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Por crear

## **DURACIÓN ESTIMADA**

Fecha de inicio: 01/04/2016 Fecha de término: 27/03/2017

## **PARTICIPANTES**

- CANCINO RODAS CESAR LEONIDAS (DOCENTE) — 000000383
- CABANILLAS GONZALES GERALDINE MELLISSA (ESTUDIANTE) — 000108639
- GALICIA GUARNIZ WILLIAM CONRAD (DOCENTE) — 000007214
- URTEAGA GARCIA JUAN MANUEL (DOCENTE) — 000000671
- ARTEAGA CUBA GERARDO ANTENOR (COORDINADOR(INV. PRINCIPAL)) — 000000303
- RONCALLA CABREJO DAVID ARTURO (ESTUDIANTE) — 000108521

## **INSTITUCIÓN O LUGAR A EJECUCARSE**

- UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO - UPAO (laboratorio materiales)

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el Perú, y particularmente en la ciudad de Trujillo, los sistemas estructurales de las edificaciones que se diseñan y construyen se clasifican: según los materiales, en sistemas de Acero, Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada y madera. Y, según el sistema de estructuración sismo resistente predominante en cada dirección en pórticos, dual, muros estructurales o muros de ductilidad limitada. De estos, los más usados en la ciudad de Trujillo son los pórticos de Concreto Armado, los Muros de Ductilidad Limitada y la Albañilería Confinada.

Para solucionar el modelo matemático de los sistemas estructurales de concreto armado y evaluar su periodo fundamental de vibración y con ello su comportamiento dinámico es necesario, entre otros, tener como datos a la densidad y al módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ ). Este último, está relacionado con la rigidez y este con la deriva del sistema estructural. A mayor  $E_c$  mayor rigidez; es decir, a mayor  $E_c$  menor será la deriva, la deformación axial a la compresión.

La tecnología del concreto clasifica al concreto por su resistencia en compresión en concretos de

baja, mediana y alta resistencia, teniendo cada grupo su propia curva (promedio) esfuerzo deformación, siendo los módulos de elasticidad altos para los de baja resistencia y bajos para los de alta resistencia.

En este contexto no tiene sentido que la Norma Técnica de Edificación E-060 cuantifique al módulo de elasticidad del concreto bajo condiciones de carga estática en función principalmente de la resistencia a la compresión del concreto y de su peso volumétrico, sin tomar en cuenta la variación de la curva esfuerzo deformación de cada grupo de concreto. Cuantificación que además no se relaciona con el comportamiento real del concreto bajo acciones sísmicas.

Formulación del problema

¿Cuáles son las ecuaciones que relaciona el módulo de elasticidad del concreto con sus características físicas y mecánicas que se utiliza en las edificaciones de concreto reforzado en la provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad?

## **II. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

El módulo de elasticidad de acuerdo al ACI se puede tomar como:

$$E_c = 4270 * (W)^{1,5} * (RC)^{1/2} \text{ en kg/cm}^2$$

Donde:

RC = Resistencia a la compresión del concreto en kg/cm<sup>2</sup>

W = Masa unitaria del concreto endurecido (1,4 a 2,5 Ton/m<sup>3</sup>)

El módulo de elasticidad para el concreto de masa normal según el Decreto 1400, puede tomarse como:

$$E_c = 13000 * (\text{Resistencia a la compresión})^{1/2} \text{ en kg/cm}^2$$

El módulo de elasticidad según la NSR/98 para el concreto de masa normal, debe determinarse experimentalmente a partir de curvas esfuerzo-deformación obtenidas para un grupo representativo de cilindros estándar de concreto según la norma NTC 4025. En el mismo ensayo se puede determinar la relación de Poisson, si se miden las deformaciones en el sentido no solo vertical sino también horizontal.

$$E_c = (S_2 - S_1) / (2 v - 1 v)$$

$$= (2 H - 1 H) / (2 v - 1 v)$$

Donde:

$E_c$  = Módulo de elasticidad estático del concreto en kg/cm<sup>2</sup> o Mpa.

$S_2$  = 40% del esfuerzo máximo en kg/cm<sup>2</sup> o Mpa.

$S_1$  = Esfuerzo correspondiente a  $1 v$

$2 v$  = Deformación unitaria vertical correspondiente a  $S_2$

$1 v$  = Deformación unitaria vertical de 0,00005.

$2 H$  = Deformación unitaria horizontal correspondiente a  $S_2$

$1 H$  = Deformación unitaria horizontal correspondiente a  $1 v$  de 0,00005.

En el caso de que no se disponga de este valor experimental, la norma NSR-98 ha determinado los siguientes valores, para concretos cuya masa unitaria ( $w_c$ ) varía entre 1450 y 2450 kg/m<sup>3</sup>:

Para agregado grueso de origen ígneo:

$$E_c = (w_c)^{1,5} 0,047 C F' \text{ en Mpa}$$

Para agregado grueso de origen metamórfico:

$$E_c = (w_c)^{1,5} 0,041 C F' \text{ en Mpa}$$

Para agregado grueso de origen sedimentario:

$$E_c = (w_c)^{1,5} 0,031 C F' \text{ en Mpa}$$

El valor medio para toda la información experimental nacional, sin distinguir por tipo de agregado, es:

$$E_c = (w_c)^{1,5} 0,034 C F' \text{ en Mpa}$$

En ausencia de un valor experimental de  $E_c$  o cuando no se disponga del valor de la masa unitaria del concreto, puede utilizarse:

Para agregado grueso de origen ígneo:

$$E_c = 5500 C F' \text{ en Mpa}$$

Para agregado grueso de origen metamórfico:

$$E_c = 4700 C F' \text{ en Mpa}$$

Para agregado grueso de origen sedimentario:

$$E_c = 3600 C F' \text{ en Mpa}$$

El valor medio para toda la información experimental nacional, sin distinguir por tipo de agregado, es:

$$E_c = 3900 C F' \text{ en Mpa}$$

La relación de Poisson para el concreto debe determinarse por medio del ensayo de cilindros de concreto, realizado de acuerdo con la norma NTC 4025 (ASTM C469). En el caso de que no se disponga del valor experimental puede utilizarse un valor de 0,20.

### **III. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO (IMPORTANCIA, BENEFICIARIOS, RESULTADOS ESPERADOS)**

Los resultados permitirán actualizar la Norma para que su aplicación sea coherente con los demás datos de los materiales a considerar por los proyectistas.

### **IV. OBJETIVOS**

Objetivo General

Determinar las ecuaciones que relaciona el módulo de elasticidad del concreto con las características físicas y mecánicas del concreto que se utiliza en las edificaciones de concreto reforzado en la provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad

Objetivos específicos

- Analizar la variación existente entre el módulo de Elasticidad estático y el módulo de Elasticidad Dinámico del Concreto Estructural.
- Determinar el sistema a escala apropiado para la obtención del módulo de Elasticidad Dinámico.

- Realizar dosificaciones para concretos de baja, mediana y alta resistencia.

Determinar para cada clase de concreto sus módulos de elasticidad dinámicos.

## V. MARCO TEÓRICO

### El Módulo de Elasticidad de los materiales

Es la propiedad mecánica que nos permite conocer cuan dúctil y que grado de deformación tiene un material, inducidas por fuerzas externas, estáticas, térmicas y dinámicas.

Este parámetro es bien útil para el ingeniero estructural, dado que en el proceso de análisis y diseño estructural, nos conduce a calcular y predecir los desplazamientos y deformaciones que una estructura va a tener, induciendo un buen comportamiento ante estas cargas, brindando la seguridad respectiva en las edificaciones.

Los ensayos que permiten obtener esta propiedad mecánica, son bien conocidos en la rama de la ingeniería de materiales, (Ensayo de Tracción, Ensayo de Rotura), en la que una muestra tubular sólida, se la somete a carga de tracción incremental, hasta provocar el fallo respectivo de la muestra.

Durante el proceso de ensayo, se van registrando datos como: magnitud de la fuerza, deformación longitudinal de la muestra, deformación transversal de la muestra, y el esfuerzo generado en la sección transversal. Conforme la carga va incrementando, todo el proceso se va registrando para luego diagramar la curva denominada “ Curva Esfuerzo Deformación del material”, esta curva representa la huella digital de cualquier material.

### Curva Esfuerzo -Deformación

El módulo de Elasticidad se obtiene en el rango lineal del material, antes de que ocurra la etapa de fluencia, es la tangente que el cociente de la variación de Esfuerzos entre la variación de deformación unitaria longitudinal. Este valor depende de cada material por lo que es único.

### El Módulo de Elasticidad frente a cargas Dinámicas:

Sin embargo este valor es calculado a partir de ensayos ante cargas estáticas incrementales, pero, ¿Qué sucedería si la carga es dinámica similar a la de un sismo?.

¿El material se comportará igual?. Esa incógnita es la que nos lleva a la investigación, para poder establecer la variación de esta propiedad, y formular las acciones respectivas en los futuros

cálculos estructurales.

### Desplazamiento lateral y deflexiones de sistemas.

El desplazamiento lateral de pórticos queda determinado, en base a la teoría de la mecánica y dinámica estructural, siendo ésta última una de las que tiene mayor preponderancia en las edificaciones por la exigencia en su cumplimiento de los distintos códigos de diseño de cada país.

#### Deriva Estructural.

La deriva estructural en las edificaciones es el parámetro de control que nos permite cuantificar el desplazamiento límite reglamentario óptimo, como tal, depende en gran porcentaje del módulo de elasticidad del material, por excelencia el concreto sería el para el caso de nuestro país.

De allí radica la importancia de la presente investigación para poder evaluar su variación y comportamiento de este material ante cargas dinámicas semejantes a las que se dan en un contexto real.

## VI. HIPÓTESIS

Implícita

## VII. METODOLOGÍA

### **Universo muestral**

Estará conformado por 03 tipologías de sistemas estructurales a escala, cada tipología se ensayará 30 veces para tener un buen promedio y contrastarla con la teoría dinámica estructural. (Ver anexo N°1) .

Se evaluará la tipología 01 a escala aplicando una carga dinámica en el extremo no apoyado, con la finalidad de determinar la deflexión que se presentará en el voladizo.

Se evaluará la tipología 02 a escala aplicando una carga dinámica en el centro, con la finalidad de determinar la deflexión máxima.

Se evaluará la tipología 03 a escala aplicando una carga dinámica lateral a un pórtico, con la finalidad de determinar la deriva estructural.

Se someterán probetas de concreto a ensayos de rotura, a fin de determinar su resistencia a la compresión y su correspondiente módulo de elasticidad.

### **Criterio de exclusión**

Contrastación de Resultados y determinación de las deflexiones máximas dadas

I ETAPA : Prototipo - Viga en Voladizo

II ETAPA : Prototipo - Viga con Carga Puntual Central

III ETAPA : Prototipo - Pórtico con carga lateral

IV ETAPA : Ensayos de Rotura.

### **Tamaño de la muestra**

Para dar mayor adecuación y precisión a los resultados tomar en cuenta el total de los prototipos ensayados en la experimentación, por cada calidad de concreto en función a su resistencia a la compresión.

### **Toma de muestra**

Los prototipos del I al III de ensayos que cumplieron con la teoría de la mecánica estructural de materiales, teniendo en cuenta teoría de la dinámica estructural, se evaluarán y contrastarán con la normativa exigida por el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E 060, evaluando la variabilidad del módulo de Elasticidad.

### **Criterio de Selección**

Una vez determinado los módulos de elasticidad ante carga dinámica de los prototipos de ensayo, se realizará el análisis y diseño estructural de un proyecto real, utilizando el dicho módulo, realizando una comparación de resultados versus el Modulo de Elasticidad Teórico.

La comparación de resultados, se tendrá en cuenta los parámetros de desplazamientos de cada nivel de Edificación, así como también, las fuerzas axiales, cortantes y momentos flectores, en cada elemento estructural.(Columna, Vigas y Placas).

Estas exigencias son importantes, porque de aquí parte la disposición y cantidad de refuerzo en cada elemento estructural antes mencionado.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Avilés Raúl (2001) Dispositivos para el control de vibraciones. (Tesis).Valdivia: Universidad Austral de Chile
2. American concrete institute (ACI)(2008). ACI 318-08 Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario. Estados Unidos.
3. American Institute of steel construction (AISC)(2005). *Steel construction manual* (13<sup>th</sup> edition).Estados Unidos.
4. American Society Of Civil Engineers (ASCE) (2005) ASCE 7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. (2010 edition). Reston, VA.
5. FALK,Peter.(2010).Análisis del comportamiento de estructuras de acero provistas de disipadores de energía tipo “*Slotted Bolted Connection*”. (Tesis).Santiago: Universidad de Chile
6. Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1997). *Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings – NEHRP*. FEMA273 - 274. Washington, D.C.
7. Harmsen Teodoro(2005)Diseño de estructuras de concreto armado. (Cuarta Edición). Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú
8. Hwang, Jenn-Shin (2002) Seismic Design of Structures with Viscous Dampers. Taiwan
9. M.D. Symans Et al. (2008). Energy Dissipation Systems for Seismic Applications:Current Practice and Recent Developments. Estados Unidos
10. Reglamento Nacional de Edificaciones (2006) Norma técnica de edificación E.030. Diseño sismorresistente.
11. OVIEDO, Ricardo. (2008). Dispositivos pasivos de disipación de energía para diseño sismorresistente de estructuras. (Tesis de Maestría). Lima: Universidad nacional de ingeniería.
12. PARDO, Juan Pablo.(2007).Control de la respuesta dinámica de estructuras mediante el uso de disipadores de energía de fluido viscoso del tipo lineal.(Tesis).Valdivia: Universidad Austral de Chile
13. Research Council On Structural Connections (RCSC) (2004) Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts.Estados Unidos
14. Taboada, José e Izcue Arturo. (2009) Análisis de diseño asistido por computadoras. (Tesis). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú
15. T.T. Soong y M.C. Constantinou (1994) Passive and active structural vibration control in civil engineering. New York
16. VILLARREAL Genner Y OVIEDO Ricardo (2009) Edificaciones con Disipadores de Energía. (Primera edición). Lima, Perú.

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>
EJECUCIÓN DE PROTOTIPOS DE ENSAYO	01/04/2016	31/05/2016
Informe Final del Proyecto	01/04/2016	27/03/2017
I ETAPA: Viga en Voladizo	01/06/2016	30/07/2016
II ETAPA: Viga con Carga Central	01/07/2016	31/08/2016
III ETAPA: Portico con Carga Lateral	01/08/2016	30/09/2016
Informe Parcial del Proyecto	01/08/2016	30/09/2016
IV ETAPA: Portico con Carga Lateral	01/09/2016	31/10/2016
Recolección y análisis de resultados	01/10/2016	30/11/2016
Análisis y Diseño Estructural	01/12/2016	30/12/2016

**PRESUPUESTO**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO_UNITARIO</b>	<b>PRECIO_PARCIAL</b>
OTROS	1 UNI	16505	16505
PASAJES	1 UNI	400	400
			<b>Total 16905</b>