



[www.cemex.com](http://www.cemex.com)

- **Reglamento de construcción 1997.**
- **Guadalajara es vulnerable** lleva casi 80 años sin un gran sismo, 1932 - 8.3 grados; 1985 - 7.9 grados y 2003 7.6 grados.
- **Guadalajara esta asentada sobre jal** que sirve como amortiguador, dependiendo del epicentro. Si se registra frente a la costa de Jalisco, la onda sísmica llegaría disminuida.

Fuente: <http://www.24-horas.mx>

David Urzúa, Centro de Estudios Universitarios de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad de Guadalajara.



## Requisitos de Elementos Estructurales de Concreto en Guadalajara

- **Cumplir** con los requisitos mínimos del ACI 318.
- **Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto Reforzado.** ACI 318
- **Cumplir** con Disposiciones Especiales para el Diseño Sísmico del ACI 318
- **Modulo de elasticidad ( $E_c$ )** para concreto de peso normal deberá considerarse como  $10,000 \sqrt{f'c}$  a menos que mediante pruebas autorizadas por la Dirección General de Obras Publicas se determine otro valor. No deberá tomarse el valor indicado en el capitulo 8 del Reglamento ACI 318.



## NMX-C-128-1997-ONNCCE

### Determinación del módulo de elasticidad

#### CÁLCULO

Para calcular el módulo de elasticidad se procede de la forma siguiente:

Con el área del espécimen, las cargas, las lecturas de deformación y la longitud de medición, deben determinarse los esfuerzos y las deformaciones unitarias correspondientes a cada carga, así como el esfuerzo máximo.

Trazar la curva de esfuerzo - deformación unitaria.

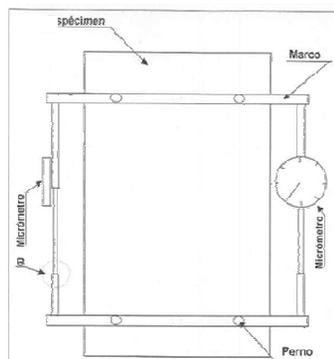
Determinar el esfuerzo " $S_1$ ", en  $\text{kg/cm}^2$  correspondiente a la deformación unitaria ( $e_1$ ) de 0.000 050.

Determinar el esfuerzo " $S_2$ " correspondiente al 40 % del esfuerzo máximo.

Determinar la deformación unitaria " $e_2$ " correspondiente al esfuerzo " $S_2$ ".

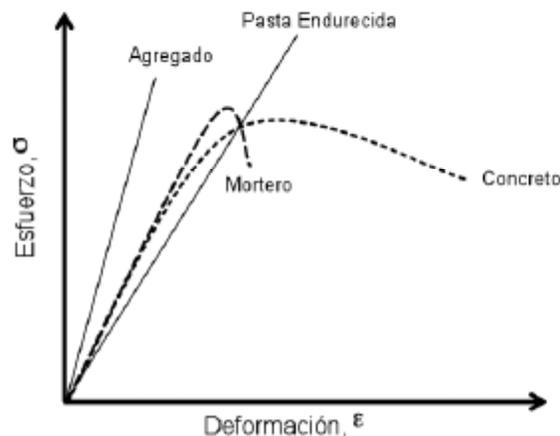
Calcular el módulo de elasticidad empleando la fórmula siguiente:

$$E = \frac{S_2 - S_1}{e_2 - 0.000050}$$



## FACTORES QUE AFECTAN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

La microestructura del concreto presenta una estructura heterogénea que exhibe diferentes comportamientos durante el proceso de carga debido a las diversas fases de los agregados, la matriz de pasta y a la interfase de agregado de pasta (Shah *et. al.*, 1994; Topcu y Ugurlu, 2007). De esta manera, un cambio en la calidad de cualquiera de los componentes fundamentales representa un cambio en la respuesta del módulo y en general en el comportamiento del concreto (Fig. 1).



**Fig. 1.** Relación esfuerzo-elongación en agregado, pasta, mortero y concreto (Adaptada: Topcu y Ugurlu, 2007).

Fuente:

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA ESTIMAR EL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO.

María Fernanda Serrano-Guzmán; Diego Darío Pérez-Ruiz

La porosidad y el módulo de elasticidad de los agregados también son elementos importantes en la determinación de la rigidez. Es así como Módulos de Elasticidad de materiales no porosos con alta densidad producen módulos de elasticidad extremadamente altos. La relación agua/cemento influye también en el módulo de elasticidad tanto de la pasta como del concreto. Morteros con relaciones A/C bajas ocasionan un incremento en el módulo de elasticidad del concreto.

**Tabla 1. Factores que afectan el módulo de elasticidad de un concreto.**

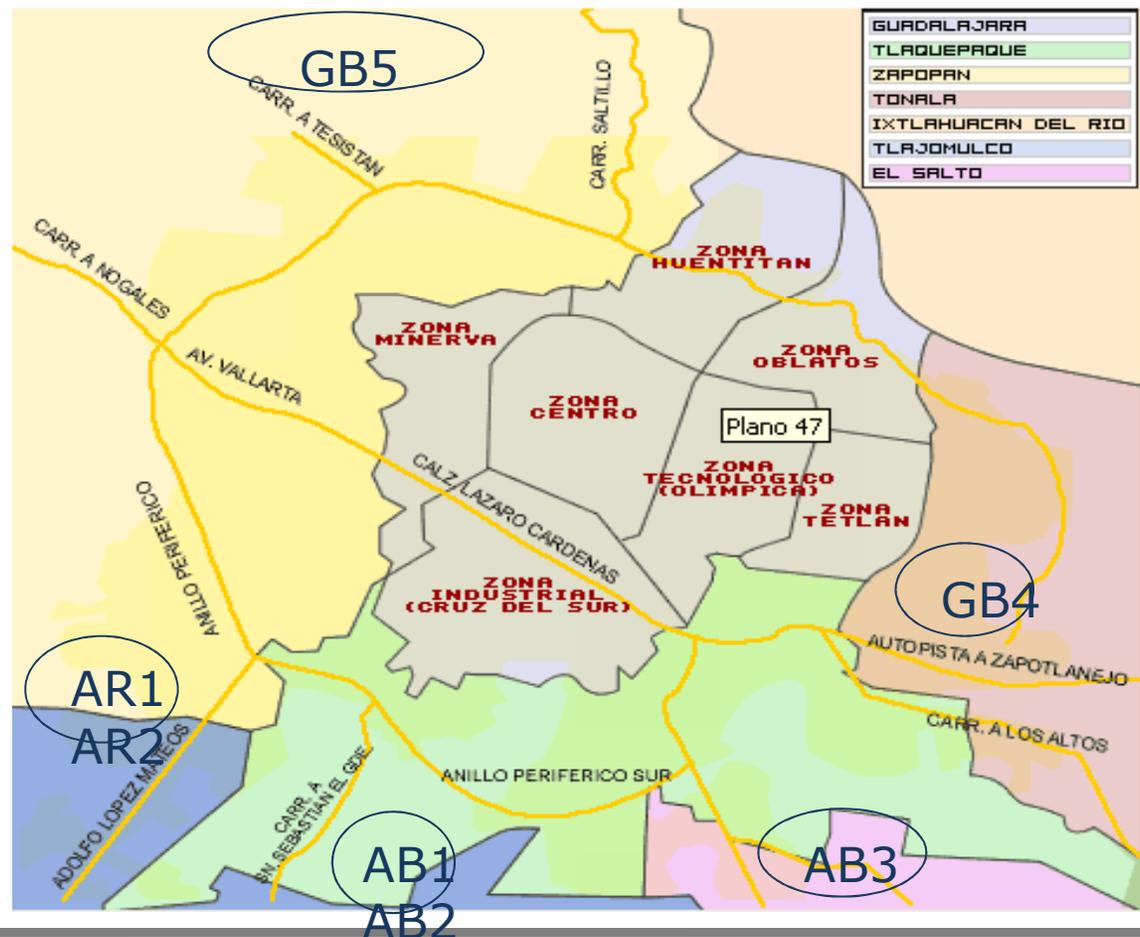
<b>Concreto Fresco</b>		<b>Concreto Endurecido</b>
<b>Pasta</b>	<b>Agregado</b>	<b>Experimentales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo de elasticidad de la matriz de pasta.</li> <li>• Porosidad de la mezcla.</li> <li>• Condiciones de la matriz de pasta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo de elasticidad de los agregados.</li> <li>• Porosidad.</li> <li>• Fracción volumétrica de los agregados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de la carga.</li> <li>• Contenido de humedad de los especímenes.</li> </ul>

## Bancos de Agregado Grueso

- Gravase
- Poncitlan
- Tonalá
- Chapala
- García Asencio
- El gatito
- El zapote
- El gato
- Cocosa
- Del valle



## LOCALIZACION AGREGADOS ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA



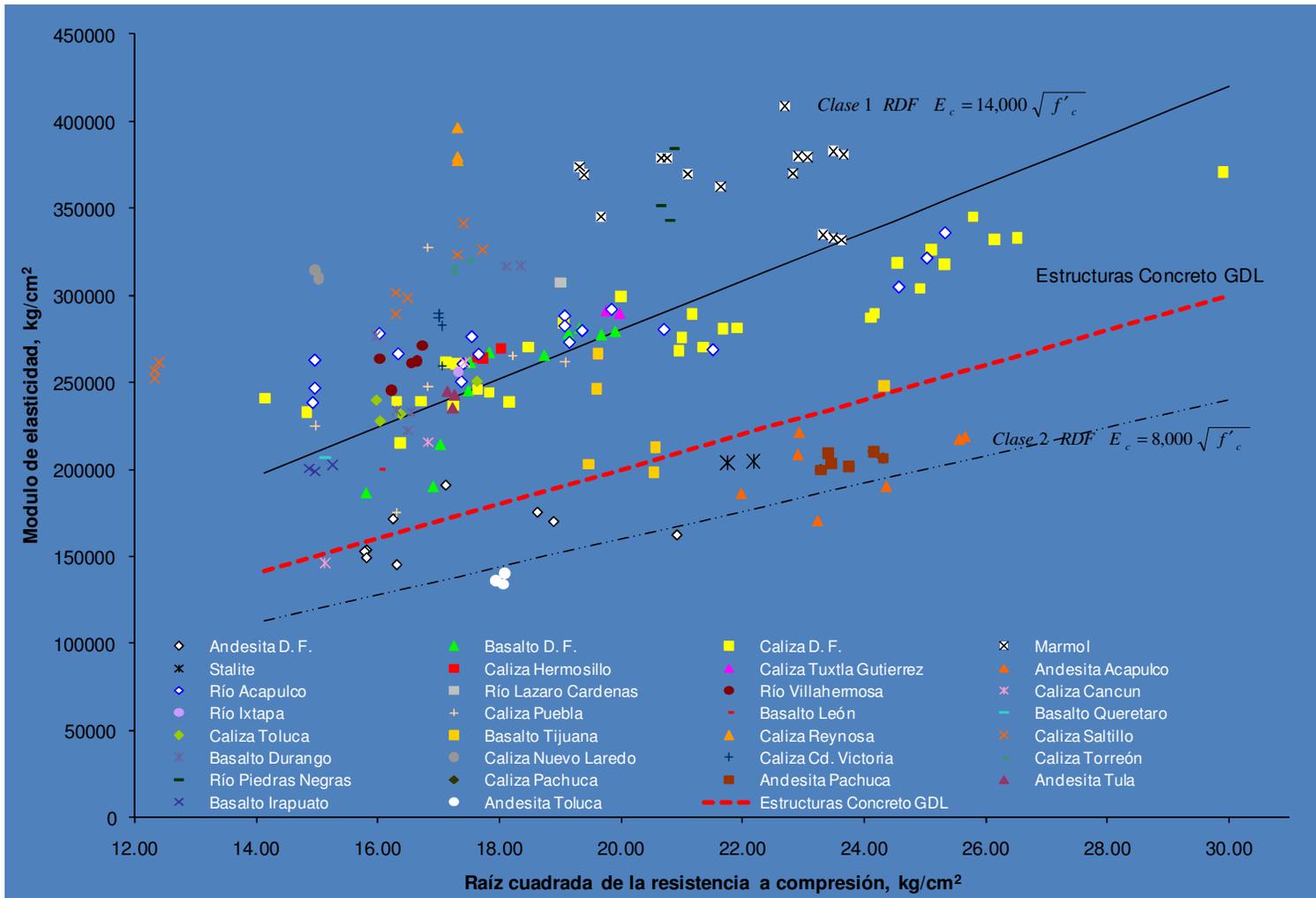
# Propiedades Mecánicas de los Concretos Estructurales en Guadalajara, Jal.



# Propiedades Mecánicas de los Concretos Estructurales en Guadalajara, Jal.



## Modulo Elástico Nacional



## Concreto Clase 1 y concreto clase 2 - Normas Técnicas complementarias del DDF (Normas derivadas del Reglamento de Construcciones del DF)

El concreto Estructural clase 1 debe cumplir con una masa unitaria no menor a 2200 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el concreto convencional se especifica con una masa unitaria no menor de 1900 kg/m<sup>3</sup>, en estado fresco.

El concreto clase 1 Estructural, debe cumplir con la resistencia a compresión bajo los siguientes criterios: El concreto clase 1 corresponde a una  $f'c$  igual o mayor a 250 kgf/cm<sup>2</sup>, a menos que el director responsable de obra especifique lo contrario, a un límite no menor a 200 kgf/cm<sup>2</sup>. El concreto clase 2 estará comprendido entre una  $f'c$  de 200 a 250 kgf/cm<sup>2</sup>\*

\*excepto para el colado de muros para vivienda en el que se admite un concreto de  $f'c = 150$  kgf/cm<sup>2</sup>

- Se acepta que no más del 10% del número de pruebas de resistencia a compresión, tenga valores inferiores a la resistencia especificada  $f'c$  – se requiere un mínimo de 30 pruebas. Además debe cumplir con los promedios consecutivos de las muestras anotadas en la siguiente tabla:

Valores  $f_p$  mínimos

Número de pruebas consecutivas	Resistencia a la compresión promedio	
	Mpa	kgf/cm <sup>2</sup>
1	$f'c - 3,43$	$f'c - 35$
2	$f'c - 1,27$	$f'c - 13$
3	$f'c$	$f'c$

El concreto Estructural clase 1 debe cumplir con una contracción por secado final de no más de  $1000 \times 10^{-6}$  mientras que el clase 2 hasta un límite máximo de  $2000 \times 10^{-6}$

El concreto clase 1 debe mezclarse por medios mecánicos y proporcionarse por peso, mientras que el clase 2 se admite proporcionarse por volumen.

Los agregados pétreos deben cumplir con los establecido en la NMX-C-111 y con las modificaciones y adiciones de la tabla 14.1

**Tabla 14.1 Requisitos adicionales para materiales pétreos**

Propiedad	Concreto clase 1	Concreto clase 2
Coefficiente volumétrico de la grava, mínimo	0.20	—
Material más fino que la malla F 0.075 (No. 200) en la arena, porcentaje máximo en peso (NMX-C-084).	15	15
Contracción lineal de los finos (pasan la malla No. 40) de la arena y la grava, en la proporción en que éstas intervienen en el concreto, a partir del límite líquido, porcentaje máximo.	2	3

Para el concreto clase 1 debe emplearse un agregado grueso con una densidad superior a 2.6 g/cm<sup>3</sup> (caliza, basalto, etc) y para un concreto clase 2 un agregado con una densidad superior a 2.3 g/cm<sup>3</sup> (andesita o similar) ... la arena no tiene restricción.

Frecuencias de muestreo en obra por parte de constructor:

**Tabla 14.2 Frecuencia mínima para toma de muestras de concreto fresco**

Prueba y método	Concreto clase 1	Concreto clase 2
Revenimiento (NMX-C-156-ONNCCE)	Una vez por cada entrega, si es premezclado.	Una vez por cada entrega, si es premezclado.
	Una vez por cada revoltura, si es hecho en obra.	Una vez por cada 5 revolturas, si es hecho en obra.
Peso volumétrico (NMX-C-162)	Una vez por cada día de colado, pero no menos de una vez por cada 20 m <sup>3</sup> de concreto.	Una vez por cada día de colado, pero no menos de una vez por cada 40 m <sup>3</sup> .

## Prueba de compresión:

Para verificar la resistencia a compresión de concreto de las mismas características y nivel de resistencia, se tomará como mínimo una muestra por cada día de colado, pero al menos una por cada 40 m<sup>3</sup>; sin embargo, si el concreto se emplea para el colado de columnas, se tomará por lo menos una muestra por cada 10 m<sup>3</sup>.

De cada muestra se elaborarán y ensayarán al menos dos cilindros; se entenderá por resistencia de una muestra el promedio de las resistencias de los cilindros que se elaboren de ella.

Para concretos estructurales revenimiento no mayor a 12 cm, salvo el uso de aditivos superfluidizantes\* que permitan elevar el revenimiento a un máximo de 18 cm, con el espíritu técnico de no elevar el consumo de agua.

\* En obra o en planta con la autorización del responsable de obra

El concreto Estructural clase 1 debe cumplir con un módulo de elasticidad conforme a lo indicado en la tablas siguientes:

## Para fines de diseño de **concretos normales** (no alta resistencia)

### 1.5.1.4 Módulo de elasticidad

Para concretos clase 1, el módulo de elasticidad,  $E_c$ , se supondrá igual a

$$4\,400 \sqrt{f_c'}, \text{ en MPa } (14\,000 \sqrt{f_c'}, \text{ en kg/cm}^2)$$

para concretos con agregado grueso calizo, y

$$3\,500 \sqrt{f_c'}, \text{ en MPa } (11\,000 \sqrt{f_c'}, \text{ en kg/cm}^2)$$

para concretos con agregado grueso basáltico.

Para concretos clase 2 se supondrán igual a

$$2\,500 \sqrt{f_c'}, \text{ en MPa } (8\,000 \sqrt{f_c'}, \text{ en kg/cm}^2)$$

Pueden usarse otros valores de  $E_c$  que estén suficientemente respaldados por resultados de laboratorio. En problemas de revisión estructural de construcciones existentes, puede aplicarse el módulo de elasticidad determinado en corazones de concreto extraídos de la estructura, que formen una muestra representativa de ella. En todos los casos a que se refiere este párrafo,  $E_c$  se determinará según la norma NMX-C-128. Los corazones se extraerán de acuerdo con la norma NMX-C-169.

## Para fines de diseño de **concretos Alta resistencia**

### 11.3 Propiedades mecánicas

#### 11.3.1 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad de concretos de alta resistencia se supondrá igual a:

$$E_c = 2\,700 \sqrt{f_c'} + 11\,000 ; \text{ en MPa} \quad (11.2)$$

$$\left( E_c = 8\,500 \sqrt{f_c'} + 110\,000 ; \text{ en kg/cm}^2 \right)$$

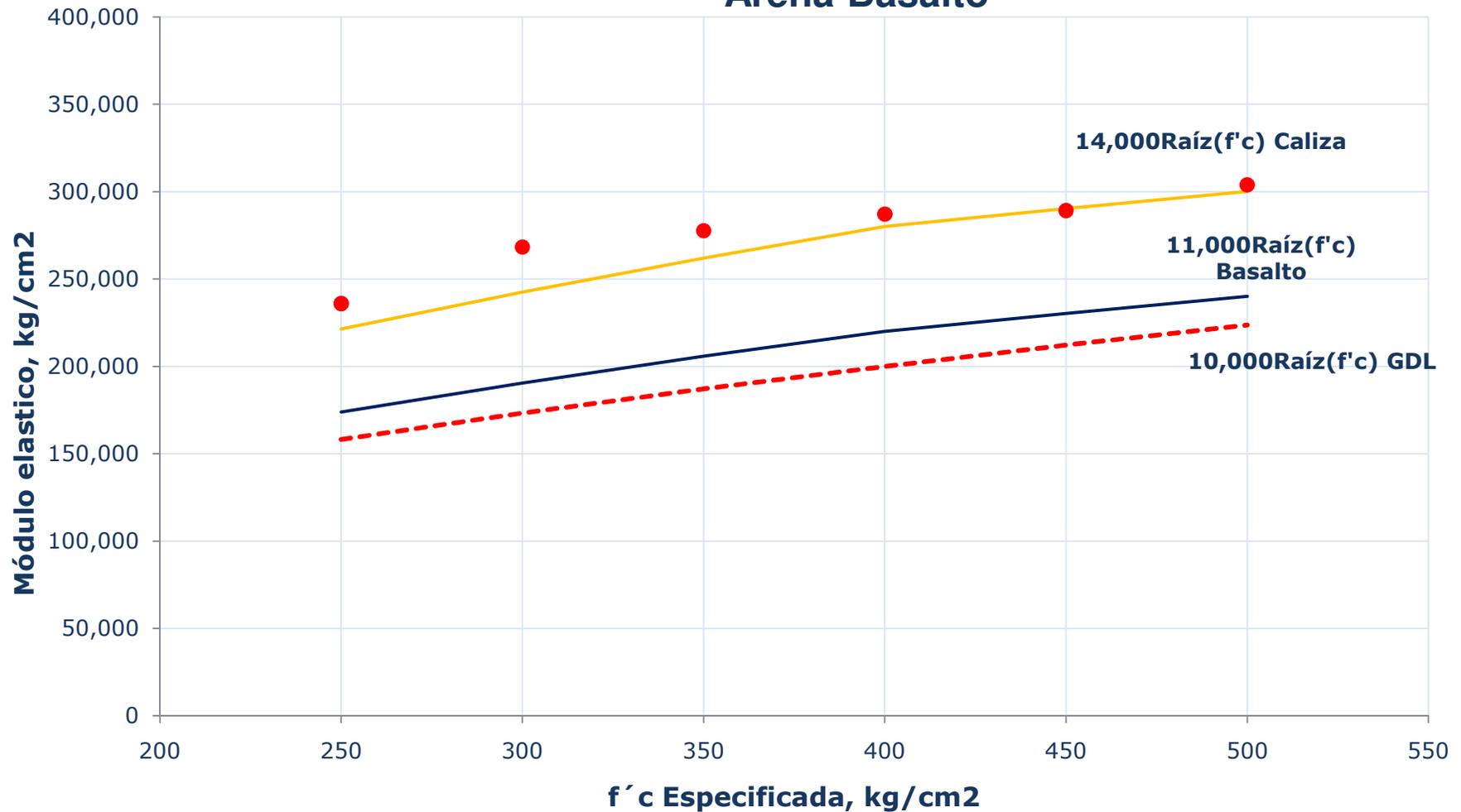
para concretos con agregado grueso calizo.

Para concretos con agregado grueso basáltico:

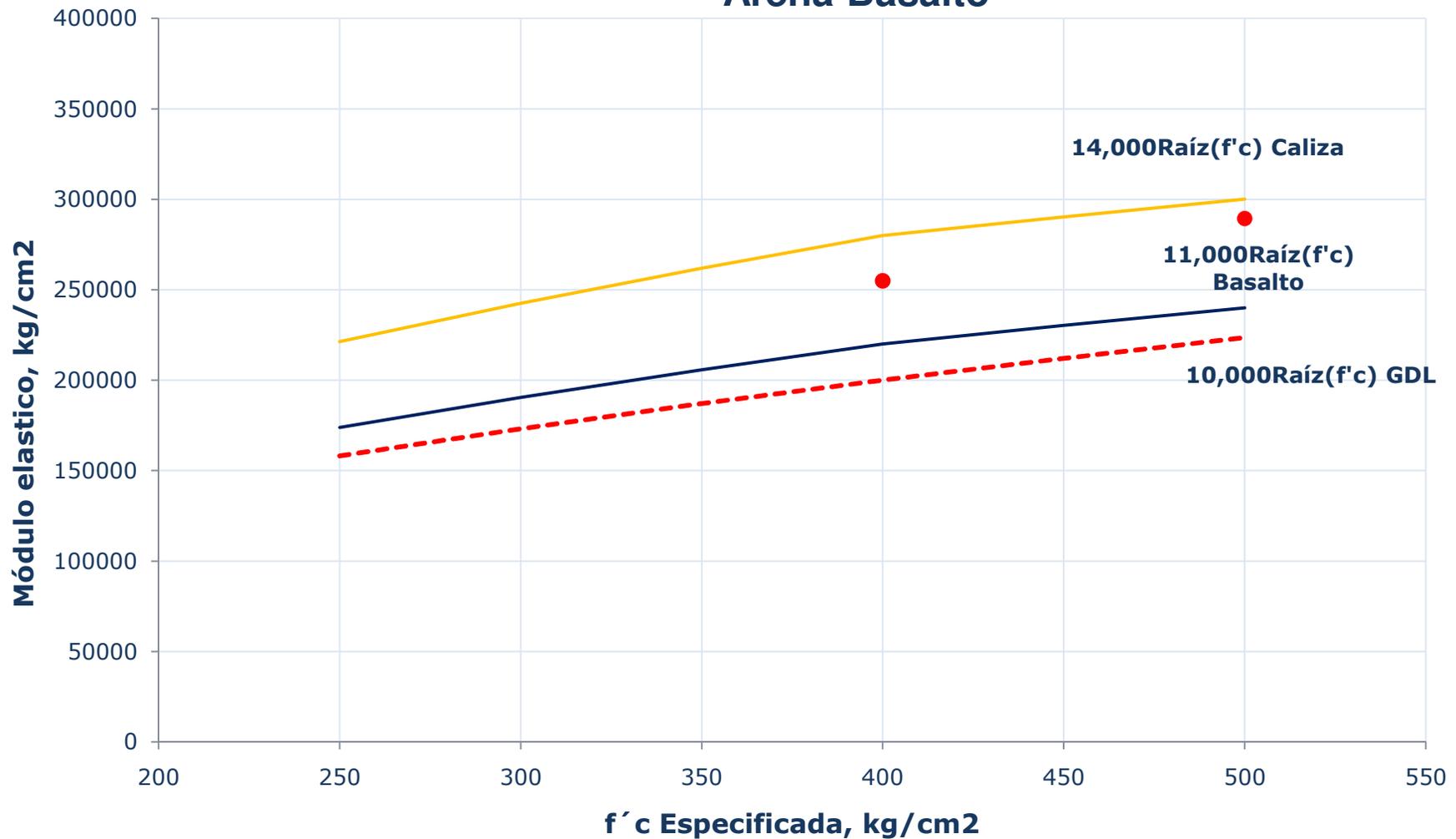
$$E_c = 2\,700 \sqrt{f_c'} + 5\,000 ; \text{ en MPa} \quad (11.3)$$

$$\left( E_c = 8\,500 \sqrt{f_c'} + 50\,000 ; \text{ en kg/cm}^2 \right)$$

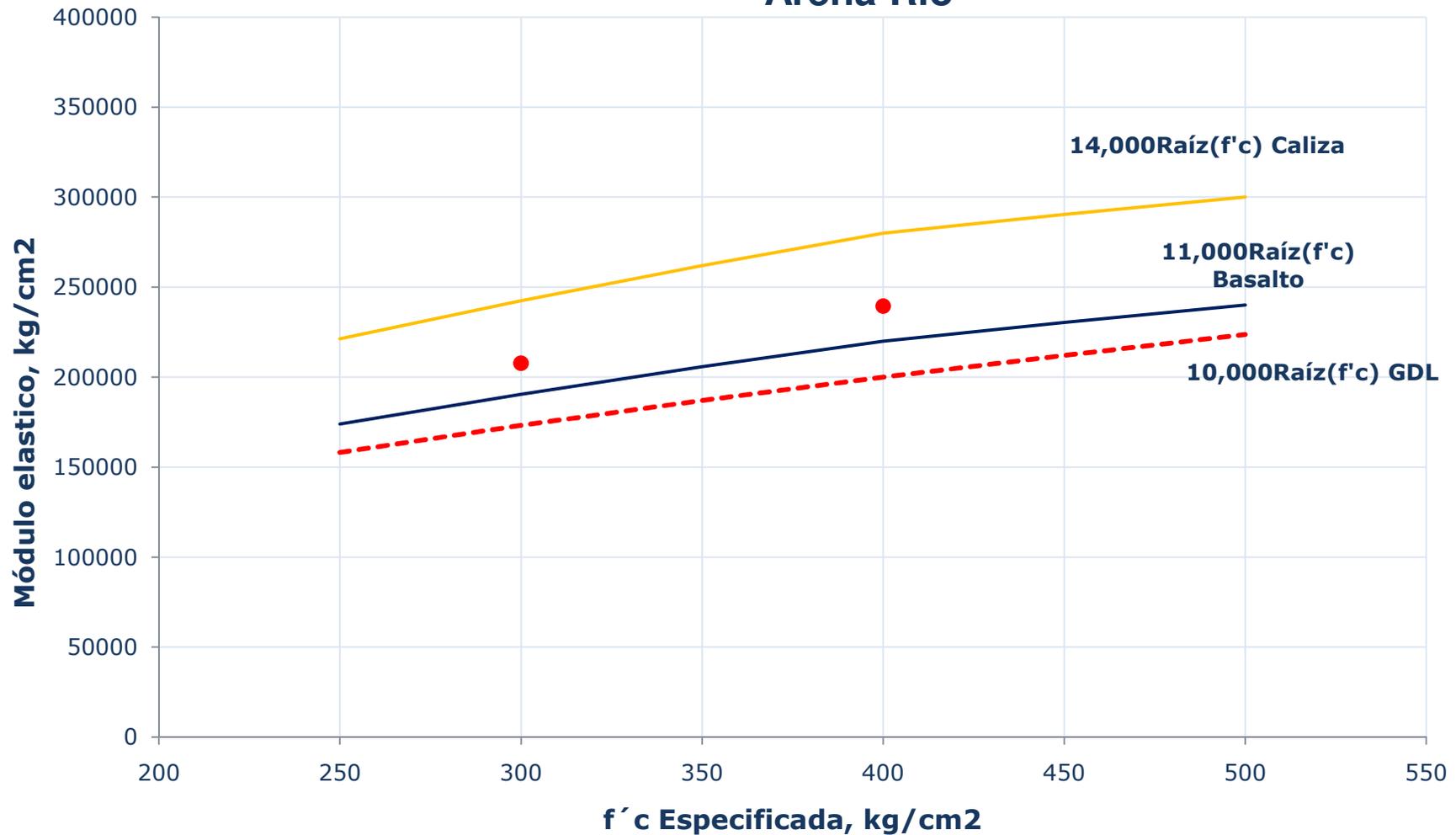
## Grava Basalto 20 mm Arena Basalto



## Grava Basalto 10 mm Arena Basalto



## Grava Basalto 20 mm Arena Río



RCDF

NTC-C

## 14.3 Concreto

### 14.3.4 Requisitos y control del concreto endurecido

#### 14.3.4. Modulo de elasticidad CUMPLIMIENTO

	Módulo de elasticidad a 28 días de edad, MPa (kg/cm <sup>2</sup> ), mínimo.				
	Alta resistencia		Clase 1		Clase 2
	Caliza <sup>1</sup>	Basalto <sup>1</sup>	Caliza <sup>1</sup>	Basalto <sup>1</sup>	Andesita <sup>1</sup>
Una muestra cualquiera	$(8\ 500\sqrt{f_c'} + 84\ 800)$	$(8\ 500\sqrt{f_c'} + 33\ 200)$	$(12\ 700\sqrt{f_c'})$	$(9\ 700\sqrt{f_c'})$	$(7\ 000\sqrt{f_c'})$
Además, promedio de todos los conjuntos de dos muestras consecutivas.	$(8\ 500\sqrt{f_c'} + 101\ 100)$	$(8\ 500\sqrt{f_c'} + 44\ 100)$	$(13\ 500\sqrt{f_c'})$	$(10\ 500\sqrt{f_c'})$	$(7\ 400\sqrt{f_c'})$

<sup>1</sup> Agregado grueso

## Conclusiones

- **En la región** el origen del agregado grueso (basalto) satisface ampliamente el requisito actual de ME.
- **Lo anterior** indica que estamos preparados para cumplir con una especificación mayor de ME en Guadalajara, de acuerdo a los criterios que establezcan los Diseñadores de Estructuras de Concreto.
- **La influencia** del agregado fino si bien, disminuye la magnitud del ME, sigue cumpliendo con el actual reglamento.
- **Las practicas de control de calidad** tanto en los bancos de materiales, como en el concreto ayudaran a cumplir con un nuevo valor propuesto de la constante del Módulo de elasticidad

