



GESTION DE CALIDAD Y CONSTRUCCION EN BOLIVIA

**Ing. Albaro Churruarrin G.
Presidente del Colegio de Ingenieros Civiles de Bolivia**



Introducción

Objetivo del estudio.-

Comparar técnica y económicamente tres métodos de dosificación de mezclas de Hormigón (ACI, CBH, O'REILLY), con el fin de determinar qué método es el más óptimo, para la construcción del pavimento rígido.

Caracterizar al hormigón y a sus componentes, describiendo las propiedades más importantes que tienen y los ensayos que se realizan.

Describir y diseñar las mezclas de hormigón por los tres métodos de dosificación, considerando las ventajas y particularidades que cada una de ellas presenta.

El hormigón, sus propiedades y ensayos

Definición.-

El hormigón es una masa heterogénea constituida básicamente por cemento, agregados, agua, aire y algunas veces aditivos que una vez endurecida tiene la característica de resistir esfuerzos mecánicos de flexión y compresión.

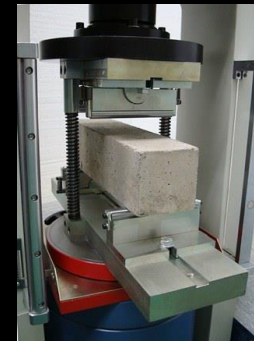
Propiedades.-



Consistencia



Trabajabilidad



Resistencia



Ensayos.-

Consistencia



Resistencia



Características y ensayos de calidad de los materiales componentes del hormigón

Materiales componentes del hormigón.-

Cemento.- Encargado de la cohesión y adherencia de los agregados.

Agregado.- Encargado de dar la dureza y solidez al concreto.

Agua.- Encargada de la hidratación de la pasta.

Aditivos.- Encargados de mejorar alguna de las características del hormigón.

Ensayos de los materiales componentes del hormigón.-

Análisis granulométrico



Peso específico



Peso unitario



Desgaste de los Ángeles



Módulo de fineza

Arena 3.66
Grava 7.42

Arena 2.675 g/cm³
Grava 2.620g/cm³

Arena 1.910 g/cm³
Grava 1.538 g/cm³

Arena -
Grava 38 %



Descripción de tres métodos de dosificación de mezclas de hormigones

Por qué una dosificación.-

- Por un correcto proporcionamiento de los materiales componentes del hormigón.
- Por la economía.

Métodos de dosificación.-

- Dosificaciones empíricas.
- Dosificaciones semi-empíricas.
- Dosificaciones racionales.

1 - m - n

a/c = ctte

Métodos de doificación analíticos

MÉTODO ACI.-

Esta institución ha desarrollado un procedimiento para el proporcionamiento basado en tablas obtenidas de investigaciones en laboratorio sobre el comportamiento de los componentes del hormigón.

Secuencia de diseño.-

- Selección de la razón agua/cemento de acuerdo con los requerimientos de durabilidad y resistencia.
- Selección del asentamiento con el fin de contar con una mezcla que permita su manejo apropiado.
- Determinar el tamaño máximo del agregado de acuerdo al tipo de construcción.
- Determinar la cantidad de agua y el porcentaje de agregado por metro cúbico.
- Cálculo de las proporciones de la mezcla para agregados en estado seco.
- Corrección de las proporciones de la mezcla por la humedad del agregado.



Descripción de tres métodos de dosificación de mezclas de hormigones

MÉTODO CBH.-

El reglamento CBH-87 (Norma Boliviana) proporciona factores fundamentales para el proporcionamiento de los componentes del hormigón.

Secuencia de diseño.-

- Determinar la resistencia característica del concreto, para luego calcular la resistencia media.
- Calcular la relación agua/cemento.
- Determinar el tamaño máximo del agregado.
- Cálculo del porcentaje de agregado fino y grueso.
- Cálculo de las proporciones de la mezcla para obtener un metro cúbico de hormigón.
- Corrección de las proporciones de la mezcla por la humedad del agregado.

MÉTODO DE VITERVO O'REILLY.-

Este método basa su estudio en la característica “A” de los agregados, al cual, no se le da toda la importancia debida, que según el autor ejerce una influencia en el consumo de cemento.

Secuencia de diseño.-

- Determinar por el método experimental la relación óptima de la mezcla de arena y grava.
- Determinar la cantidad de agua necesaria para la consistencia requerida de la mezcla de hormigón.
- Determinar la característica “A” de los áridos.
- Determinar la cantidad de cemento.
- Determinación de la cantidad de los áridos.
- Corrección por humedad de los agregados.

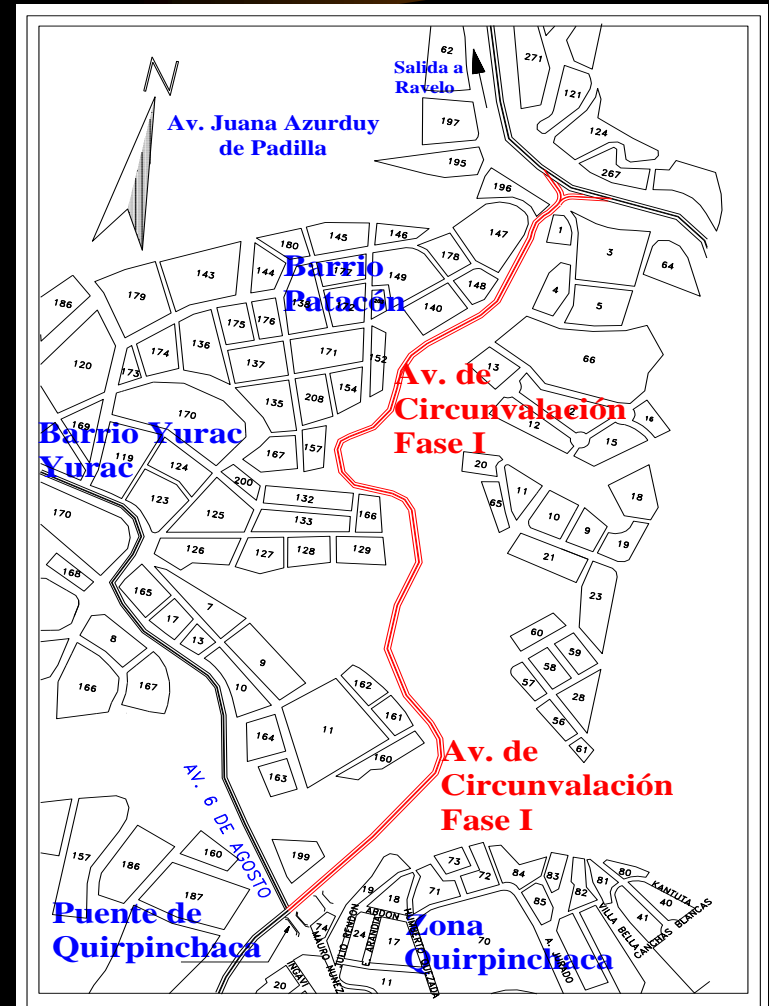
Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

Características de la Avenida de circunvalación Fase I.-

La construcción de la Avenida de Circunvalación Fase I, se realiza con pavimento rígido, con un espesor de losa de 17.5 cm., base 15 cm. y sub base 20 cm., con una compactación mayor al 90%, teniendo una longitud de 1.253 km., ancho de calzada 9 m., encontrándose a la fecha a punto de concluir.

Ubicación del proyecto.-

El proyecto está localizado en el departamento de Chuquisaca, provincia Oropeza, ciudad de Sucre, a una altura aproximada de 2850 m.s.n.m., teniendo como origen la avenida Juana Azurduy de Padilla (a la altura del primer puente camino hacia el aeropuerto) hasta el puente de Quirpinchaca



Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

Diseño de hormigones para pavimentos.-

El presente trabajo realiza el diseño de mezclas de hormigón para la Avenida de Circunvalación Fase I, contemplando la elaboración de tres tipos de mezclas, en base a las características propias los tres métodos: ACI, CBH y O'reilly.

Las mezclas se realizaron para una resistencia característica de 210 kg/cm² a compresión y a flexión 45 kg/cm², utilizando los siguientes materiales: agregado de canto rodado proveniente de Tullma, cemento FANCESA del tipo IP - 40 y agua potable de ELAPAS; la colocación en obra del hormigón fue por vibrado energético.

Ensayo	Arena	Grava	Unidad
Módulo de fineza	3.660	7,420	-
Peso específico	2.675	2.620	g/cm ³
Peso unitario compactado	1.910	1.538	g/cm ³
Porcentaje de absorción	0.410	0.210	%
Porcentaje de humedad	2.260	1.500	%
Desgaste de Los Ángeles		38.000	%

Diseño de mezclas por el método ACI.-

- *Relación agua/cemento.*

Se obtiene bajo dos conceptos: el primero de acuerdo a la resistencia y el segundo dependiente de la durabilidad; por las condiciones de la obra solo se considerará el primer concepto.

Relación agua/cemento =0.64

f'_{cr} (28 días)	Estimación de la relación agua/cemento en peso para agregado grueso del tamaño máximo indicado		
	3/8"	3/4"	1 1/2"
140	0.87	0.85	0.8
175	0.79	0.76	0.71
210	0.72	0.69	0.64
245	0.66	0.62	0.58
280	0.61	0.58	0.53
315	0.57	0.53	0.49
350	0.53	0.79	0.45

Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

- **Asentamiento.**

Se recomienda utilizar un asentamiento que sea compatible con las condiciones que requiera la obra.

Asentamiento = 2 – 8 cm.

Tipos de Construcción	Asentamiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Fundaciones armadas y bases	8	2
Fundaciones de hormigón simple y muros de sub-estructuras	8	2
Vigas y muros armados	10	2
Columnas de edificios	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Hormigones masivos	8	2

- **Elección del tamaño máximo del agregado.**

Se debe considerar que el concreto debe ser colocado sin dificultad en el encofrado de las estructuras.

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- Un tercio del peralte de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo.

Tamaño máximo = 1 1/2.

- **Cálculo del contenido de agua.**

Es la cantidad de agua que se incorporar a la mezcla por unidad cúbica del hormigón

Cont. de agua = 155 l/m³.

Tamaño máximo del agregado	Volumen unitario de agua, expresado en l/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Rodado	Chancado	Rodado	Chancado	Rodado	Chancado
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

- **Porcentaje del agregado grueso.**

Es importante el cálculo del agregado grueso, puesto que la cantidad mínima de agua de mezclado y la resistencia máxima, resultará de la mayor cantidad de agregado grueso compatible con la docilidad y trabajabilidad adecuada.

$$\text{Dosis} = 0.70$$

El método ACI recomienda: para el uso en pavimentos a la dosis se incrementa un 10 %.

$$\text{Porcentaje de grava} = 0.7 + 0.07 = 0.77$$

- **Cálculo de las proporciones de la mezcla.**

$$\text{Relación Agua/cemento } a/c = 0.64 \longrightarrow c = 155/0.64 = 242.19 \text{ l/m}^3$$

$$\text{Cemento} = 243 \text{ kg/m}^3$$

El porcentaje del agregado grueso ya encontrado se multiplica por el peso unitario de la grava para expresarla en kilogramos por metro cúbico, determinada en condición compactada en seco.

$$\text{Cantidad de grava} \quad 0.77 * 1538 \text{ kg/m}^3 = 1184.26 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Grava} = 1185 \text{ kg/m}^3$$

Tamaño máximo del agregado	Volumen de agregado, por unidad de volumen de hormigón para diferentes módulos de finura de arena			
	2.4	2.6	2.8	3 o más
3/8"	0.46	0.44	0.42	0.40
1/2"	0.55	0.53	0.51	0.49
3/4"	0.65	0.63	0.61	0.59
1"	0.70	0.68	0.66	0.64
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.79	0.77	0.75	0.73
3"	0.84	0.82	0.80	0.78
6"	0.90	0.88	0.86	0.84

Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

Volumen absoluto

$$\text{Cemento} \quad \frac{243}{2.98 * 1000} = 0.08154 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} \quad \frac{155}{1000} = 0.155 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} \quad 1\% = 0.01 \text{ m}^3$$

$$\text{Grava} \quad \frac{1185}{2.62 * 1000} = 0.45229 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto} \quad \underline{\underline{0.6988 \text{ m}^3}}$$

Cantidad de arena

$$1 \text{ m}^3 - 0.6988 \text{ m}^3 = 0.3012 \text{ m}^3$$

$$0.3012 * 2.675 * 1000 = 805.71 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de la arena} = 806 \text{ Kg/m}^3$$

Proporción total en seco de los componentes del hormigón

$$\text{Agua} = 155 \text{ litros/m}^3$$

$$\text{Cemento} = 243 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 806 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Grava} = 1185 \text{ Kg/m}^3$$

Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

- *Corrección por humedad de los agregados.*

Cantidad de agua corregida $A_c = A_t - \left(\frac{\%H_a - \%Ab_a}{100} * P_a + \frac{\%H_g - \%Ab_g}{100} * P_g \right) = 185 \text{ l/m}^3$

Cantidad de arena corregida $P_{ha} = P_{sa} * \left(1 + \frac{\%H_a}{100} \right) = 809.3 \text{ kg/m}^3$

Cantidad de grava corregida $P_{hg} = P_{sg} * \left(1 + \frac{\%H_g}{100} \right) = 1187.48 \text{ kg/m}^3$

Proporción corregida de los componentes del hormigón para un metro cúbico

Agua = 185 litros/m³

Cemento = 243 Kg/m³

Arena = 810 Kg/m³

Grava = 1188 Kg/m³

Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

Diseño de mezclas por el método CBH (Norma Boliviana).

- *Determinación de la resistencia media.*

Resistencia característica $f_{ek} = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia media $f_{em} = 1.35 f_{ek} + 15 = 298 \text{ kg/cm}^2$

- *Determinación de la relación agua/cemento.*

Concentración de pasta $c/a = 0.0054 * f_{em} + 0.5 = 2.11$

Relación agua/cemento $a/c = 1 / 2.11 = 0.47$

- *Tamaño máximo del agregado.*

Tamaño máximo 40 - 80 mm

Dimensión mínima de la sección del elemento	Tamaño máximo de agregado			
	Vigas, pilares, muros armados	Muros sin armar	Losa muy armada	Losas poco armadas o sin armar
De 5 - 10 cm	De 10-20 mm	20 mm	De 15-25 mm	De 20-40 mm
De 15 - 30 cm	De 20-40 mm	40 mm	40 mm	De 40-80 mm
De 40 - 80 cm	De 40-80 mm	80 mm	De 40-80 mm	80 mm
De 40 - 80 mm	De 40-80 mm	160 mm	De 40-80 mm	De 80-160 mm
Más de 80 cm				

- *Determinación de la consistencia del hormigón y cantidad de agua.*

Consistencia 3 - 5 cm. (plástica)

Cantidad de agua 170 litros

Consistencia	Asentamiento (cm)	Áridos rodados			Áridos Chancados		
		80 mm	40 mm	20 mm	80 mm	40 mm	20 mm
Seca	0 - 2	135	155	175	155	175	195
Plástica	3 - 5	150	170	190	170	190	210
Blanda	6 - 9	165	185	205	185	205	225
Fluida	10 - 15	180	200	220	200	220	240

Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

- *Composición granulométrica de los agregados.*

Módulo teórico $m = 5.82$

Cálculo del porcentaje del agregado

$$\left. \begin{aligned} m_a \frac{x}{100} + m_g \frac{y}{100} &= m \\ x + y &= 100 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} y &= 69 \% \\ x &= 31 \% \end{aligned}$$

Tamaño máximo del agregado en mm.	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Módulo granulométrico	5.2	5.5	5.6	5.8	6	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6

- *Proporciones de la mezcla.*

$$\left. \begin{aligned} A + \frac{C}{P} + \frac{G_1}{P_1} + \frac{G_2}{P_2} &= 1.025 \\ G_1 + G_2 &= 100 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} G_2 &= 1338.5 \text{ kg} \\ G_1 &= 605 \text{ kg} \end{aligned}$$

Proporción total en seco de los componentes del hormigón

Agua = 170 litros/m³

Cemento = 362 Kg/m³

Arena = 605 Kg/m³

Grava = 1340 Kg/m³

Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

- *Corrección por humedad de los agregados.*

Cantidad de agua corregida $A_c = A_t - \left(\frac{\%H_a - \%Ab_a}{100} * P_a + \frac{\%H_g - \%Ab_g}{100} * P_g \right) = 198.5 \text{ l/m}^3$

Cantidad de arena corregida $P_{ha} = P_{sa} * \left(1 + \frac{\%H_a}{100} \right) = 607.5 \text{ kg/m}^3$

Cantidad de grava corregida $P_{hg} = P_{sg} * \left(1 + \frac{\%H_g}{100} \right) = 1342.8 \text{ kg/m}^3$

Proporción corregida de los componentes del hormigón para un metro cúbico

Agua = 199 litros/m³

Cemento = 362 Kg/m³

Arena = 608 Kg/m³

Grava = 1343 Kg/m³

Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

Diseño de mezclas por el método O'reilly.-

El presente diseño de mezclas de hormigón basa su estudio en la determinación correcta de las características de los áridos estudiado por el Dr. O'Reilly, quien recomienda para la composición óptima de los componentes del hormigón realizar los siguientes pasos.

Ensayo	Arena	Grava	Unidad
Módulo de fineza	3.66	7.42	
Peso específico	2.675	2.62	g/cm ³
Porcentaje de absorción	0.41	0.21	%
Porcentaje de humedad	2.26	1.5	%
Peso unitario compactado	1.91	1.538	g/cm ³
Peso unitario de las mezclas	2.098	2.098	g/cm ³
Desgaste de los Ángeles		38	%
Resistencia a la compresión del cemento	458		g/cm ³

- *Determinación de la relación óptima de los áridos.*

Proporciones de las mezclas

Proporción		Peso unitario (PUCm) Compactado en g/cm ³
% Arena	% Grava	
60	40	1.948
55	45	2.001
50	50	2.055
45	55	2.057
40	60	2.098
35	65	2.054
30	70	1.897
25	75	1.848

Porcentaje de vacios para diferentes proporciones

Proporción		Peso específico Corriente en kg/m ³	Peso unitario Compactado en kg/m ³	Porcentaje de Vacíos
% Arena	% Grava			
60	40	2.641	1.948	26.233
55	45	2.646	2.001	24.36
50	50	2.654	2.055	22.559
45	55	2.649	2.057	22.459
40	60	2.643	2.098	20.63
35	65	2.651	2.054	22.429
30	70	2.638	1.897	28.072
25	75	2.635	1.848	29.883

Proporción óptima = 40:60

Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

- Determinación de la cantidad de agua.**

Resistencia = 210 kg/cm ² .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Cemento} \\ \text{Agua} \\ \text{Relación óptima de los agregados} \end{array} \right.$	= 350 kg
Asentamiento = 4 cm.		= 202 l
		= 40:60

- Determinación de la característica "A" de los agregados.**

Resistencia promedio = 361.65 kg/cm²

Constantes dependientes del asentamiento $M_1 = 4.3843$; $M_2 = 0.3014$ \square

Relación a/c $w = 202/350 = 0.577$

Constante dependiente a/c $w = 0.58 \rightarrow V = 0.2366$ \square

Característica "A" del árido grueso $A = \frac{R_h}{Rc(M_1 * V + M_2)} = 0.5904$

- Determinación de la cantidad de cemento.**

Cálculo dependiente de a/c $V = \frac{\frac{R_h}{Rc * A} - M_2}{M_1} = 1.085$

Siendo $V = 1.079$ \longrightarrow $w = 0.78$

$w = a/c$ $C = 202/0.78 = 258.97 \text{ kg/m}^3$

Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

- *Corrección por humedad de los agregados.*

Cantidad de agua corregida $A_c = A_t - \left(\frac{\%H_a - \%Ab_a}{100} * P_a + \frac{\%H_g - \%Ab_g}{100} * P_g \right) = 230.45 \text{ l/m}^3$

Cantidad de arena corregida $P_{ha} = P_{sa} * \left(1 + \frac{\%H_a}{100} \right) = 755.08 \text{ kg/m}^3$

Cantidad de grava corregida $P_{hg} = P_{sg} * \left(1 + \frac{\%H_g}{100} \right) = 1131.62 \text{ kg/m}^3$

Proporción corregida de los componentes del hormigón para un metro cúbico

Agua = 230 litros/m³

Cemento = 259 Kg/m³

Arena = 755 Kg/m³

Grava = 1132 Kg/m³

Diseño de mezclas de hormigón para pavimentos

- *Determinación de la cantidad de áridos.*

Volumen de los áridos

$$V_{ar} = 1000 - (259/2.98 + 202) = 711.08$$

Peso de los áridos

$$P_a = \frac{V_{hr}}{\frac{\%A}{\gamma_a} + \frac{\%G}{\gamma_g}} = 1878.4 \text{ kg/m}^3$$

Peso de la arena

$$Arena = P_{ar} * \%A = 752 \text{ kg}$$

Peso de la grava

$$Grava = P_{ar} * \%G = 1127 \text{ kg}$$

Proporción total en seco de los componentes del hormigón

Agua = 155 litros/m³

Cemento = 243 Kg/m³

Arena = 806 Kg/m³

Grava = 1185 Kg/m³

Comparación técnica y económica de los métodos de dosificación

Bases de discusión para el ejemplo.

1º Evaluación de la resistencia mecánica del hormigón

2º Evaluación del costo de construcción

Resultados de los métodos.

Método	Proporción por m ³				Relación
	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Grava (Kg)	Agua (Lt)	a/c
ACI	243	810	1188	185	0.64
CBH	362	608	1343	199	0.47
O'reilly	259	755	1132	230	0.78

Análisis de los resultados de resistencia.

Variable compresión

RESUMEN DEL PROMEDIO A COMPRESIÓN

Método	ACI (M ₁)	CBH (M ₂)	O'reilly (M ₃)	Resistencia característica a 100 %
Resistencia a la compresión media	222.32	302.99	257.27	
Porcentaje Relativo (%)	105.87	144.28	122.51	210

Comparación técnica y económica de los métodos de dosificación

Variable flexión

RESUMEN DEL PROMEDIO A FLEXIÓN

Método	ACI (M_1)	CBH (M_2)	O'reilly (M_3)	Resistencia característica
Resistencia a la flexión media	44.46	46.57	46.32	100 %
Porcentaje (%)	98.8	103.49	102.92	45

Análisis económico.

Alternativa	Costo \$	Comparación de presupuesto
Método ACI	393139.34	Se ve que el método que presenta mejor alternativa económica es la construcción de pavimento rígido por el método ACI
Método CBH	424063.77	
Método O'reilly	396553.46	

Comparación técnica y económica de los métodos de dosificación

Selección Técnica-Económica de la alternativa más favorable.

ALTERNATIVAS	Resistencia media a la compresión	Resistencia media a la flexión	Costo \$us.	Ventajas y Desventajas
Método ACI	222.32	44.46	393139.34	La ventaja de esta alternativa es el aspecto económico presentando un valor menor que las otras alternativas, pero la desventaja es que queda anulado por la baja resistencia a flexión que presenta respecto a la requerida (45 kg/cm ²).
Método CBH	302.99	46.57	424063.77	La ventaja que presenta esta alternativa es de proporcionar mayor resistencia que la resistencia requerida tanto a compresión como a flexión, repercutiendo en el costo, siendo este el mayor que las otras alternativa propuestas.
Método O'reilly	257.27	46.32	396553.46	La ventaja de esta alternativa es el valor de costo para la construcción de la avenida, presentando valores de compresión y flexión mayores al requerido.

Método O'reilly

Comparación técnica y económica de los métodos de dosificación

Comparación Técnica-Económica del método elegido y el método que utiliza la avenida de circunvalación.

Proporcionamiento por metro cúbico de hormigón utilizado en la avenida de circunvalación

Componente	Cantidad	Relación a/c
Cemento Fancesa	350.00 Kg.	0.48
Agua	168.00 Lt.	
Arena	724.53 Kg.	
Grava	1157.95 Kg.	

Característica técnica económica

ALTERNATIVAS	Resistencia media a la compresión	Resistencia media a la flexión	Costo \$us
Método que utiliza la construcción de la Avenida de Circunvalación Fase I	321.89	45.15	433700.2

Comparación

ALTERNATIVAS	Resistencia media a la compresión	Resistencia media a la flexión	Costo \$	Ventajas
Método O'reilly	257.27	46.32	396553.46	La ventaja de esta alternativa es el aspecto económico por que presenta un valor menor a la alternativa que ahora se está utilizando, presentando técnicamente valores superiores a los requerido.
Método que utiliza la construcción de la Avenida de Circunvalación Fase I	321.89	45.15	433700.21	El método que se utiliza en la construcción de la mencionada avenida presenta una resistencia a la compresión mucho mayor a la requerida en obra, la resistencia a la flexión se encuentra casi en el límite y el aspecto económico es también muy costoso re



Conclusiones

La falta de institutos dedicados a la investigación sobre la Tecnología del Hormigón en nuestro país, hace que empresas constructoras y organismos financiadores no puedan especificar qué método de dosificación podrá utilizarse, siendo este el motivo para que se utilicen métodos extranjeros que muchas veces no se acomodan a las características de nuestro medio.

El análisis económico comparativo realizado entre los métodos tradicionales y de Viterbo O'reilly ha permitido evidenciar el derroche inútil de recursos económicos por la falta de actualización de nuestros profesionales.

El análisis de las proporciones obtenidas en la dosificación realizada permite afirmar con certeza que el método O'reilly tiene a su favor un ahorro de cemento de veintiocho por ciento respecto al método CBH y veinticuatro por ciento por cada metro cúbico de hormigón respecto al método que es utilizado en la construcción de la avenida de circunvalación Fase I, afirmando el derroche inútil de cemento que no siempre garantiza la calidad del hormigón.



LISBON CES

CIVIL ENGINEERING SUMMIT

2019

24 - 28 SEPTEMBER 2019, LISBOA, PORTUGAL

FIN DE LA PRESENTACION

Gracias

**Valores de V en función a la
relación agua/cemento (w)**

W	Valor V	W	Valor V
0.3	0.5229	0.55	0.2596
0.31	0.5086	0.56	0.2518
0.32	0.4946	0.57	0.2441
0.33	0.4815	0.58	0.2366
0.34	0.4685	0.59	0.2291
0.35	0.4559	0.6	0.2218
0.36	0.4437	0.61	0.2147
0.37	0.4318	0.62	0.2076
0.38	0.4202	0.63	0.2007
0.39	0.4089	0.64	0.1938
0.4	0.3979	0.65	0.187
0.41	0.3872	0.66	0.1805
0.42	0.3768	0.67	0.1839
0.43	0.3665	0.68	0.1675
0.44	0.3565	0.69	0.1612
0.45	0.3468	0.7	0.1549
0.46	0.3372	0.71	0.1487
0.47	0.3279	0.72	0.1427
0.48	0.3186	0.73	0.1367
0.49	0.3098	0.74	0.1308
0.5	0.301	0.75	0.1249
0.51	0.2924	0.76	0.1192
0.52	0.284	0.77	0.1135
0.53	0.2757	0.78	0.1079
0.54	0.2676	0.79	0.1024



**Valores de M_1 y M_2 para
diferentes asentamientos**

Asentamiento (cm)	M_1	M_2
3	4.4447	0.293
4	4.3843	0.3014
5	4.3239	0.3101
6	4.2635	0.3189
7	4.2031	0.3281
8	4.1427	0.3375
9	4.0823	0.3472
10	4.0219	0.3572
11	3.9615	0.3674
12	3.9011	0.378
13	3.8407	0.3888
14	3.7803	0.4
15	3.7199	0.4115
16	3.6595	0.4233

