



## Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-EIC-PIG-I-15-2021

# Revisión del diseño de mezcla de concreto para pilotes del proyecto paso a desnivel La Bandera



Preparado por:

Ing. Laura Solano Matamoros  
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica  
Mayo, 2021



<b>1. Informe</b> LM-EIC-PIG-I-0015-2021		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> Revisión del diseño de mezcla de concreto para pilotes del proyecto paso a desnivel La Bandera		<b>4. Fecha del Informe</b> 13/05/2021
<b>5. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>6. Notas complementarias</b> Ninguna		
<b>7. Resumen</b> <p><i>A solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica del Lanamme, se presenta a continuación el resultado de la revisión de los diseños de mezcla de concreto para pilotes con resistencia solicitada de 300 kg/cm<sup>2</sup> del Proyecto paso a desnivel La Bandera</i></p> <p><i>La revisión consiste en verificar el diseño de mezcla, el uso de los agregados adecuados, la consistencia del concreto. En general el diseño se considera apropiado, se debe prestar atención en cuanto al correcto uso de normas de ensayo y normas de especificación cuando cada una sea requerida.</i></p> <p><i>Finalmente faltan algunas revisiones de aspectos específicos tales como las fichas técnicas de los aditivos, procedimiento de cálculo y verificación de la optimización del diseño de mezcla, debido a que no se aportó la información al momento de la revisión.</i></p>		
<b>8. Palabras clave</b> Pilote, Agregados, Mezcla de Concreto, Aditivos, Resistencia.	<b>9. Nivel de seguridad:</b> -	<b>10. Núm. de páginas</b> 6
<b>13. Preparado por:</b>  Ing. Laura Solano Matamoros Ingeniera PIG <b>Fecha:</b> 13/mayo/2021		
<b>14. Revisado y aprobado por:</b>  Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinadora PIG <b>Fecha:</b> 13/mayo/2021		



## Contenido

I.	Introducción .....	4
II.	Comentarios generales .....	4
II.1	Comentarios a la sección de Información General .....	4
II.2	Comentarios a la sección de Información de los Agregados .....	5
II.2.1	Arena de río (Según CR-2010 Sección 703.01).....	5
II.2.2	Piedra 19 mm (Según CR-2010 Sección 703.02).....	5
II.2.3	Piedra 12.5 mm (Según CR-2010 Sección 703.02).....	5
II.3	Comentarios a la sección de Diseño de Mezcla de Concreto Hidráulico .....	5
II.3.1	Datos del Diseño .....	5
II.3.2	Distribución Granulométrica Combinada de los Agregados .....	6
II.3.3	Gráfico Distribución Granulométrica Diseño de Mezcla.....	6
II.3.4	Resumen del Diseño de Mezcla $f'c$ 300 kg/cm <sup>2</sup> según el ACI 211 .....	6
II.3.5	Información de Ensayos a Compresión de Testigos de Concreto del diseño de mezcla $f'c$ 300 kg/cm <sup>2</sup> .....	6
III.	Referencias .....	6

# Revisión del diseño de mezcla de concreto para pilotes del proyecto paso a desnivel La Bandera

## I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra la revisión realizada por el Programa de Ingeniería Geotécnica al documento del diseño de mezcla de concreto propuesto por la empresa MECO Costa Rica, para los pilotes del Proyecto paso a desnivel La Bandera.

El documento revisado para este proyecto es el siguiente:

- POCN.P6I3F3. MECO Informe de diseños de mezcla.

A continuación, se muestran los comentarios al respecto de la revisión de los documentos considerados.

## II. Comentarios generales

Al finalizar la revisión de los documentos aportados por la unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, se observa que el informe hace mención a varios diseños de mezcla para concretos de diferentes resistencias solicitadas, pero solo se encuentra adjunto el correspondiente a pilotes con resistencia solicitada de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Se puede inferir que se cuenta con un adecuado diseño de mezcla para esta mezcla de concreto, sin embargo, faltan algunas revisiones de aspectos específicos tales como las fichas técnicas de los aditivos, procedimiento de cálculo, entre otros que se mencionan a continuación en las respectivas secciones, debido a que no se contaba con la información al momento en que se realizó la revisión.

### II.1 Comentarios a la sección de Información General

En cuanto a la información general aportada en el informe, se considera apropiada y suficiente para conocer los aspectos generales tomados en cuenta para la elaboración del diseño de mezcla de concreto respectivo.

Cabe resaltar que la norma ASTM C94 es una norma de especificación para el concreto premezclado, no así para la planta de concreto. En el informe se hace referencia al cumplimiento de la planta dosificadora de MECO concretos según esta norma, lo cual no es del todo correcto, a pesar de que en ella se incluyen requisitos mínimos que debe cumplir la planta de concreto para producir concreto premezclado, la norma corresponde a las especificaciones de este concreto.

Aunado a esto, la norma ACI 211 no corresponde con una norma de especificación tal y como se hace referencia a esta en el apartado 2.b del informe de diseños de mezcla. Esta norma corresponde a la metodología de diseño, por lo que, para especificaciones de concreto estructural se hace referencia a la ACI 318, la cual es utilizada para edificaciones, y el CR-2010 que es el correspondiente para construcción de carreteras, caminos y puentes.

Finalmente se menciona el uso de material cementante marca CEMEX y aditivos marca EUCLID, correspondientes a un reductor de agua y por consiguiente un super plastificante. El uso de estos aditivos se considera adecuado ya que reducir el agua incrementa resistencia de la mezcla, pero al ser fluidificante aumenta la trabajabilidad, la cual es una característica fundamental en el colado de pilotes con la técnica Tremie, y por lo tanto el uso de un super plastificante para contrarrestar este efecto es acertado. Sin embargo, no fue posible verificar la ficha técnica de estos materiales, y se recomienda solicitar las respectivas fichas para su revisión.

Informe LM-EIC-PIG-I-0015-2021	mayo , 2021	Página 4 de 6
--------------------------------	-------------	---------------

## II.2 Comentarios a la sección de Información de los Agregados

En general los agregados utilizados en el diseño de mezcla de concreto para pilotes con resistencia solicitada de  $300 \text{ kg/cm}^2$ , cumplen con las especificaciones respectivas a cada uno (fino y grueso). A continuación, se realizan los comentarios específicos para cada uno.

Como comentario general en la sección de agregados, cabe resaltar que los ensayos de los agregados se realizan conforme lo indicado en las respectivas normas de ensayo y no por normas de especificación, ya que se observa que en algunos casos se hace referencia a la norma ASTM C33 como metodología de ensayo.

### II.2.1 Arena de río (Según CR-2010 Sección 703.01)

Como primer comentario, se indica que las especificaciones para el cumplimiento de los parámetros correspondientes a la arena de río son los indicados en la AASHTO M6 y ASTM C33. Sin embargo, ninguna de estas especificaciones menciona el parámetro correspondiente al equivalente de arena. Como este no es un parámetro requerido para los diseños de mezcla de concreto estructural, sino que lo solicitan en obras viales, la especificación que debería cumplir en este caso corresponde al CR-2010. Se recomienda incluirlo en la tabla de especificaciones utilizadas para el agregado fino.

### II.2.2 Piedra 19 mm (Según CR-2010 Sección 703.02)

Al revisar los parámetros del agregado grueso correspondiente a la piedra de 19 mm, no se tienen comentarios adicionales, pues se consideran apropiados los valores indicados.

### II.2.3 Piedra 12.5 mm (Según CR-2010 Sección 703.02)

Al revisar los parámetros del agregado grueso correspondiente a la piedra de 12,5 mm, no se tienen comentarios adicionales, pues se consideran apropiados los valores indicados.

## II.3 Comentarios a la sección de Diseño de Mezcla de Concreto Hidráulico

En general el diseño de mezcla se considera apropiado puesto que cumple con la resistencia solicitadas, sin embargo, hace referencia a las especificaciones establecidas en las normas CR- 2010 sección 552 Concreto Estructural (Tabla 552-1), ACI 318 y ACI 211.1, pero no hay claridad respecto al tipo de concreto utilizado según la Tabla 552-1 del CR-2010.

Cabe resaltar que los pilotes son elementos estructurales que deben colarse en condición seca, pero debido a diferentes condiciones tales como niveles freáticos, niveles de agua colgados, condiciones de precipitación, entre otras, garantizar la condición seca de la perforación puede resultar impráctico constructivamente, debido a que la instalación de bombas implica un incremento del costo y tiempo de ejecución. Dado esto, al existir agua en la perforación previo al colado de los pilotes, se debe realizar el colado con técnicas y características de concreto colado bajo el agua, el cual corresponde al concreto Tipo S según la Tabla 552-1 del CR-2010, por lo que las especificaciones deberán cumplir con los requisitos para este tipo de concreto. Sin embargo, al tratarse de elementos de concreto colocados con la metodología de tubería tremie, requiere de un asentamiento mayor al indicado en el CR para el concreto Tipo S. Dada esta condición se considera recomendable, solicitar la aclaración acerca de la referencia del diseño para esta mezcla de concreto.

### II.3.1 Datos del Diseño

En cuanto a los datos aportados del diseño de mezcla de concreto para pilotes con resistencia solicitada de  $300 \text{ kg/cm}^2$ , en general los datos son adecuados. Sin embargo, no hay claridad en cuanto a las especificaciones según el tipo de concreto, la relación agua-cemento si corresponde con el Tipo s, pero

Informe LM-EIC-PIG-I-0015-2021	mayo , 2021	Página 5 de 6
--------------------------------	-------------	---------------



no el asentamiento. A pesar de que el valor de asentamiento en la especificación del concreto Tipo S corresponde de 30 a 80 mm, se considera que este es un valor de asentamiento bajo para la trabajabilidad requerida en el colado de elementos como pilotes, por lo que, al aplicar aditivos para obtener un asentamiento de 210 mm, se considera adecuado además del uso de los mismos. Sin embargo, se recomienda solicitar claridad en la especificación considerada para verificar el cumplimiento de la calidad del concreto, verificando sobre todo el valor de asentamiento.

### II.3.2 Distribución Granulométrica Combinada de los Agregados

En cuanto a la distribución granulométrica de los agregados no hay claridad en cómo fueron combinados, si se trata de una combinación por porcentaje pasando de la granulometría de los agregados o si se realizó por la combinación por masas secas de los mismos. Es importante aclarar este aspecto, ya que cuando se trabaja con agregados, al combinarlos se debe trabajar el material en condición seca. Se considera apropiado solicitar la aclaración a este respecto.

Finalmente, no hay claridad de lo que significa "ACI" en la tabla donde se muestra la granulometría resultante para el agregado grueso, ya que esta norma no hace referencia a la especificación de granulometrías combinadas de agregados.

### II.3.3 Gráfico Distribución Granulométrica Diseño de Mezcla

Al analizar la gráfica de distribución granulométrica, no se tienen comentarios adicionales, pues se observa que tiene un comportamiento uniforme.

### II.3.4 Resumen del Diseño de Mezcla $f'c$ 300 kg/cm<sup>2</sup> según el ACI 211

Al revisar los datos del resumen del diseño de mezcla de concreto para pilotes de 300 kg/cm<sup>2</sup>, en general los datos parecen adecuados. Sin embargo, no se cuenta con la memoria de cálculo para verificar el procedimiento seguido y además que el diseño de mezcla final haya sido optimizado.

Cabe resaltar la importancia de implementar una campaña de diseños de mezcla, de forma que, partiendo de un diseño inicial, se pueda optimizar el mismo hasta lograr el ajuste de la combinación de materiales que garantice el cumplimiento de la resistencia final solicitada.

### II.3.5 Información de Ensayos a Compresión de Testigos de Concreto del diseño de mezcla $f'c$ 300 kg/cm<sup>2</sup>

Finalmente, los resultados de ensayos de compresión de testigos de concreto muestran resistencias altas respecto a las solicitadas, alcanzando el valor solicitado a los 7 días, y proyectando una resistencia que supera aproximadamente en 20 MPa la resistencia solicitada. Esto es reflejo de que el diseño de mezcla de concreto no fue optimizado. La sobre resistencia en ciertos elementos no es un factor que perjudique su desempeño, brindando mayor resistencia y mayor rigidez, siendo este último el aspecto que puede representar una afectación en el comportamiento de la estructura, dependiendo de las deformaciones para las que fue diseñado.

Se recomienda implementar las campañas de optimización de los diseños de mezcla de concreto, ya que esto optimiza el uso de materiales y por lo tanto representa un ahorro en la producción de concreto, y el aporte al medio ambiente al reducir el uso no optimizado de agregados, agua y cemento.

## III. Referencias

1. MECO. *POCN.P6I3F3: Informe de diseño de mezclas*. Alajuela, 2021.

Informe LM-EIC-PIG-I-0015-2021	mayo , 2021	Página 6 de 6
--------------------------------	-------------	---------------