



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-PIG-09-2021

Informe de la revisión de los resultados de los ensayos de agregados para las mezclas de concreto para la losa de pavimento del Proyecto Limonal - Cañas

INFORME FINAL



Tomado de: <https://www.presidencia.go.cr/>

Preparado por:
Ing. Ana Lorena Monge S., M.Sc - Coordinadora
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Febrero, 2021



CONTENIDO

I.	Introducción	4
II.	Verificación del cumplimiento de los agregados con la licitación PIT-01-LPI-O-2016, modificación 3.....	4
II.1	Agregado grueso	4
II.2	Agregado fino	5
III.	Comentarios finales.....	7
IV.	Referencias	7



Revisión de los diseños de mezcla de concreto para la losa de pavimento del Proyecto Limonal – Cañas

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra la revisión realizada por el Programa de Ingeniería Geotécnica a los resultados de los ensayos realizados a los agregados que se utilizarán en las mezclas de concreto para la losa de pavimento del Proyecto Limonal – Cañas, que se encuentran en el informe I-0138-2021. A continuación, se muestran los comentarios al respecto de la revisión de dicho documento.

II. Verificación del cumplimiento de los agregados con la licitación PIT-01-LPI-O-2016, modificación 3

Se revisan los resultados de los ensayos realizados a los agregados comparándolos con los valores especificados en la licitación “PIT-01-LPI-O-2016, orden de modificación 3: Modificación de especificación de estabilización de los agregados y pavimento de concreto hidráulico” con fecha del 6 de abril de 2020.

El resultado de esta revisión es la que se muestra a continuación.

II.1 Agregado grueso

Los agregados gruesos fueron identificados de la siguiente manera:

- M-1123-2020: Agregado piedra cuarta de 19 mm, fuente Abangares
- M-1124-2020: Agregado piedra quinta de 12.5 mm, fuente Abangares
- M-1127-2020: Agregado piedra cuarta, fuente Rey de la Tierra
- M-1128-2020: Agregado piedra quinta, fuente Rey de la Tierra

Los resultados más relevantes respecto a la especificación se muestran a continuación:

Las granulometrías de cada uno de estos agregados no se comparan con la especificación, ya que en la licitación se indica que estas quedarán definidas según la fórmula de trabajo del concreto, y que serán definidas en función de la procedencia del agregado, de su situación y del método de colocación. A este respecto, se considera recomendable indicar alguna granulometría específica, como por ejemplo las mostradas en la norma INTE C15 (ASMT C33) pues para los diseños de mezcla de concreto es importante contar con agregados bien graduados.

Ahora bien, respecto a los parámetros que si se encuentran especificados en la licitación, estos se muestran en la Tabla 1, con el valor de la especificación indicado en el texto.



Tabla 1. Caracterización de los agregados gruesos para el concreto del pavimento

Característica	M-1123-2020	M-1124-2020	M-1127-2020	M-1128-2020	Especificación
Material pasando tamiz 75 µm (%)	3.3	3.8	1.0	1.5	Máximo 1.5
Abrasión Los Ángeles (%)	16	21	16	16	Máximo 35
Disgregabilidad sulfato sodio (%)	4.02	6.37	4.16	4.52	Máximo 12
Índice de durabilidad	76.3		93.1		Mínimo 35
Residuo insoluble (%)	97.5	97.7	98		Mínimo 20

Como se puede observar, los agregados provenientes de Abangares, no cumplen con lo establecido para el material pasando el tamiz de 45 µm de manera individual. Cabe destacar que al final del apartado 501.2.1.1 en la licitación, se indica que, si los agregados consistirán en la combinación de uno o más tipos, los requisitos aplican al conjunto y no deben exceder 1.5%.

Según los documentos revisados en el informe LM-PIG-13-2020: “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 4. HOLCIM 0040 Diseño MR45 Abangares 400_V2”, la fórmula de trabajo para la combinación de los agregados gruesos es 75% de piedra cuarta y de 25% para la piedra quinta. Al momento de combinarlos, el porcentaje pasando el de 75 µm es de 3.45% por lo tanto no cumpliría con los requisitos de la licitación. Es recomendable solicitar a la Administración del proyecto, que se está haciendo en estos casos con los incumplimientos de parámetros de los agregados para concreto.

El resto de los resultados arrojados por los ensayos realizados, si muestran cumplimiento con los requisitos de la licitación.

II.2 Agregado fino

Los agregados finos fueron identificados de la siguiente manera:

- M-1125-2020: Agregado polvo de piedra, fuente Abangares
- M-1126-2020: Agregado calizo, fuente San Buenaventura
- M-1129-2020: Agregado polvo de piedra, fuente Rey de la Tierra
- M-1130-2020: Arena natural, fuente Rey de la Tierra

Los resultados más relevantes respecto a la especificación se muestran a continuación:

Tabla 2. Caracterización de los agregados finos para el concreto del pavimento

Característica	M-1125-2020	M-1126-2020	M-1129-2020	M-1130-2020	Especificación
Disgregabilidad sulfato sodio (%)	11.17	3.91	10.66	15.94	Máximo 14
Equivalente de arena	63	74	71	62	Mínimo 50
Índice de durabilidad	70.3	80.5	71.2	34.5	Mínimo 35
Partículas friables (%)	-	-	0.19	0.51	Máximo 3



Para el caso de la granulometría, se hacen las mismas indicaciones que se hicieron para el agregado grueso. En este caso si se muestra una granulometría general con la cual comparar los resultados de la granulometría de los materiales estudiados. Estos se muestran a continuación:

Tabla 3. Granulometría de los agregados finos

Tamiz	M-1125-2020	M-1126-2020	M-1129-2020	M-1130-2020	Especificación
4.75 mm (N°4)	86.8	97.1	92.7	91.8	86 - 100
1.18 mm (N°16)	40.1	40.2	42.7	63.0	31 - 85
0.30 mm (N°50)	21.5	17.8	22.0	25.7	10 - 45
0.15 mm (N°100)	15.6	13.2	15.8	9.7	0 - 30
0.075 mm (N°200)	11.4	10.7	11.4	5.4	0 - 16

Como puede observarse, las granulometrías cumplen con los requisitos de la licitación. Con respecto al resto de los parámetros mostrados en la Tabla 2, también se cumple los parámetros establecidos a excepción de la arena natural del Tajo Tierra del Rey. Sin embargo, tal como en el caso de los agregados gruesos, al final del apartado 501.2.1.2 se indica que cuando los agregados son producto de una combinación, esta es la que debe cumplir el requisito.

Para este caso, según los documentos revisados en el informe LM-PIG-13-2020: "2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 2. HOLCIM 0042 Diseño MR45 Rey de la Tierra 400_V2", la fórmula de trabajo para la combinación de los agregados finos es 58.7% de polvo de piedra y de 41.3% para la arena natural. Al momento de combinarlos, el porcentaje de disgregación en sulfato de sodio es de 12.84% por lo tanto cumpliría con los requisitos de la licitación.

Un aspecto que llama la atención en esta licitación, es el requisito para la cantidad de material pasando por el tamiz de 75 μ m para los agregados finos que, aunque parece ser que no se tiene como requisito en el apartado 501.2.1.2, al final del apartado 501.2.1.1 se menciona: "...Si el porcentaje obtenido no excede del valor resultante de aplicar los porcentajes admitidos en esta especificación a los agregados de la fórmula de trabajo (16% a los agregados finos y 1.5% a los agregados gruesos), se aceptará el material". Lo anterior hace presumir que se acepta un 16% de material pasando el tamiz de 75 μ m. Además, en el cuadro 501-3 de la licitación, se muestran los valores permitidos para la granulometría de los agregados fino y en este tamiz se muestra como máximo 16%.

Cabe recordar que la norma INTE C15 (ASTM C33) que muestra las especificaciones para los agregados para mezclas de concreto, indica que el porcentaje máximo permitido para material más fino que el tamiz de 75 μ m es de 3%, pudiéndose incrementar a 5% si se trata de concretos no expuestos a abrasión, y para materiales manufacturados (como polvo de piedra) libres de arcilla o esquistos, se puede incrementar a 5% para concretos expuestos a abrasión y a 7% para los que no son expuestos a abrasión.

Según lo anterior, para superficies como pavimentos que son sujetos a abrasión, el porcentaje máximo de material más fino que el tamiz de 75 μ m debería ser de 5%. Con un valor tan permisivo de material más fino que el tamiz de 75 μ m de 16%, se podría tener el riesgo de que parte de ese material fino contenga sustancias deletéreas que son altamente perjudiciales para la durabilidad del concreto.

Por otro lado, también llama la atención que se indique un valor de especificación de partículas friables y arcillosas para agregado fino, ya que este ensayo solo aplica a la parte más gruesa del agregado fino (pasando el tamiz de 4.75 mm y retenido en el tamiz 1.18 mm). Vale la pena aclarar que con este ensayo, no se determina si el agregado en la parte más fina (tamiz de 75 μ m) se encuentra libre de finos plásticos o sustancias deletéreas que perjudiquen el concreto.



Por último, en el informe I-0138-2021, se incluyen los resultados del ensayo de residuo insoluble realizado también a los agregados finos. A pesar que no se cuenta con una especificación para estos agregados (solo para el agregado grueso) vale la pena destacar que el agregado fino proveniente del Tajo San Buenaventura, da como resultado 0% en residuo insoluble, dicho de otra forma, este material es altamente soluble, como es de esperar para materiales calcáreos.

A pesar de que no se cuenta con un valor de cumplimiento de especificaciones para este parámetro en el agregado fino, vale la pena realizar ensayos adicionales para verificar que esta condición no afecte la superficie final del pavimento de concreto.

III. Comentarios finales

Después de revisar el documento enunciado en el apartado I, se considera recomendable realizar ensayos adicionales al material pasando el tamiz de 75 μm de los agregados gruesos de Abangares para determinar que a pesar de su incumplimiento, no cuenta con sustancias deletéreas que puedan afectar la durabilidad del concreto. Adicionalmente, se considera recomendable realizar estos mismos ensayos adicionales a los cuatro agregados finos, ya que, aunque la especificación lo permite, cuentan con un alto porcentaje de material pasando el tamiz de 75 μm , aumentando el riesgo de contar con sustancias deletéreas que afecten la durabilidad del concreto.

Adicionalmente, se considera recomendable realizar ensayos adicionales a los agregados calizos en la mezcla de concreto, dada su tendencia al pulimento, que puede desencadenar problemas de “agarre” de los neumáticos en el pavimento. A pesar, de que estos ensayos pueden no contar con algún dato de especificación, pueden dar una idea del eventual comportamiento del pavimento.

IV. Referencias

1. Instituto Mexicano de Transporte. “Publicación Técnica No. 340: Mejoramiento de la resistencia al deslizamiento por medio de mezclas de agregados”. Querétaro, 2010.
2. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. “INTE C15. Agregados para Concreto. Requisitos”. San José, 2019.
3. LafargeHolcim. “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 2. HOLCIM 0042 Diseño MR45 Rey de la Tierra 400_V2”. Cartago, 2020.
4. LafargeHolcim. “2020-05-20 CIN-1055-01025 -DT 4. HOLCIM 0040 Diseño MR45 Abangares 400_V2”. Cartago, 2020.
5. Programa de Ingeniería Geotécnica, LanammeUCR. “Informe LM-PIG-13-2020: Informe de la revisión de los diseños de mezcla de concreto para la losa de pavimento del Proyecto Limonal – Cañas”. San José, 2020.