



Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: EIC-Lanamme-0120-2022

Revisión de los informes de ensayos de Crosshole de los meses de enero, febrero, abril y julio del 2021 para el Proyecto Limonal - Cañas



Preparado por:

Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc
Coordinadora
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Febrero, 2022





1. Informe EIC-Lanamme-0120-2022		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Revisión de los informes de ensayos de Crosshole de los meses de enero, febrero, abril y julio del 2021 para el Proyecto Limonal - Cañas		4. Fecha del Informe 02/02/2022
5. Organización y dirección 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		
6. Notas complementarias Ninguna		
7. Resumen <i>A solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, se revisan los informes de ensayo de Crosshole suministrados al LanammeUCR correspondiente a los meses de enero, febrero, abril y julio del 2021, de los pilotes colocados en el proyecto Limonal – Cañas. Se encuentra que los criterios técnicos utilizados en los informes de LGC Ingeniería de Pavimentos son adecuados y acorde con lo indicado en la norma y lo conocido en la literatura. Sin embargo, se indican en dos notas aspectos a considerar durante el análisis de resultados de los ensayos cuya base técnica se desconoce, por lo que es importante solicitar las aclaraciones del caso. Al analizar los resultados obtenidos en cada informe para cada pilote ensayado, en algunos casos se tienen discrepancias con las conclusiones mostradas en los informes. Este aspecto también se considera recomendable aclarar, así como solicitar las medidas de subsanación para cada pilote que presentó defectos.</i>		
8. Palabras clave Pilotes, ensayos de integridad, Crosshole, aceptable, falla, defecto, descabezado.	9. Nivel de seguridad: -	10. Núm. de páginas 17
11. Preparado y aprobado por:		
Fecha: 02 / 02 / 2022		



Contenido

I.	Introducción	4
II.	Criterios de clasificación y aceptación de los pilotes según el resultado del ensayo	4
III.	Resultados de los ensayos.....	7
III.1	Resultados mostrados para el mes de enero.....	7
III.1.1	Informe 01-0107-2021	7
III.1.2	Informe 01-0135-2021	9
III.1.3	Informe 01-0206-2021	10
III.1.4	Informe 01-0207-2021	11
III.1.5	Informe 01-0282-2021	11
III.2	Resultados mostrados para el mes de febrero	13
III.2.1	Informe 01-0421-2021	13
III.3	Resultados mostrados para el mes de abril	15
III.3.1	Informe 01-0877-2021	15
III.3.2	Informe 01-0878-2021	15
III.4	Resultados mostrados para el mes de julio	16
III.4.1	Informe 01-1513-2021	16
IV.	Comentarios finales.....	17
V.	Referencias	17



Revisión de los informes de ensayos de Crosshole de los meses de enero, febrero, abril y julio del 2021 para el Proyecto Limonal – Cañas

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica del Lanamme UCR, el presente informe muestra los resultados de la revisión de los informes de ensayo de Crosshole para algunos pilotes del Proyecto Limonal – Cañas, realizado por la empresa LGC Ingeniería de Pavimentos para los meses de enero, febrero, abril y julio del 2021.

Los documentos revisados en el presente informe son los siguientes:

1. Enero 2021

- *Informe 01-0107-2021*: contemplando los pilotes 001, 002, 003, 005, 008, 009, 010, 011, 013, 014, 015, 016, 017, 018, 019, 058, 065
- *Informe 01-0135-2021*: contemplando los pilotes 004, 006, 007, 012
- *Informe 01-0206-2021*: contemplando los pilotes 026, 027, 028, 029, 030, 039, 040, 041, 042
- *Informe 01-0207-2021*: contempla la repetición de ensayo a los pilotes 009, 015
- *Informe 01-0282-2021*: contempla los pilotes 020, 022, 023, 024, 025, 033, 034, 035, 036, 037, 038, 046, 047, 048, 049, 050, 051, 052, 053

2. Febrero 2021

- *Informe 01-0421-2021*: contemplando los pilotes 021, 031, 032, 044, 045, 054, 055, 056, 057

3. Abril 2021

- *Informe 01-0877-2021*: contemplando los pilotes P02-B1, P04-B2, P06-B2
- *Informe 01-0878-2021*: contemplando los pilotes P01-B1, P05-B2, repetición de P06-B2

4. Julio 2021

- *Informe 01-1513-2021*: contemplando los pilotes B1 P1, B1 P2, B1 P7, B2 P8, B2 P9, B2 P12

A continuación, se presentan algunos comentarios relacionados con la revisión de la integridad de estos pilotes y de los criterios de aceptación y evaluación de los mismos.

II. Criterios de clasificación y aceptación de los pilotes según el resultado del ensayo

Al revisar los 8 documentos mencionados en el apartado I, se observa que el criterio de clasificación de los pilotes según el resultado del ensayo. Este se muestra en la **Tabla 1** y la **Figura 1**.

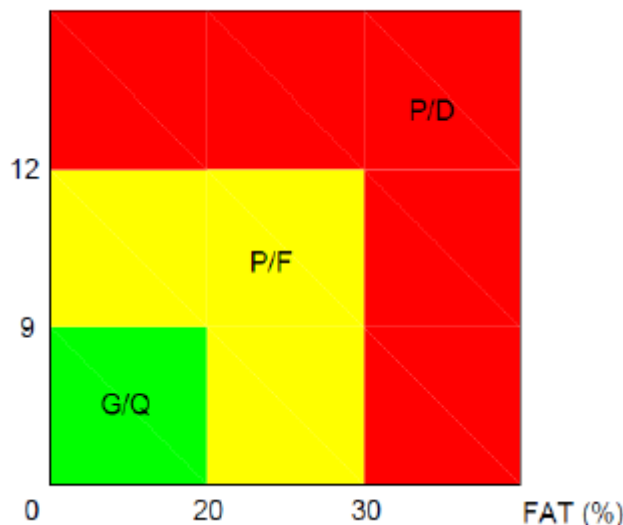


Tabla 1 Criterio de clasificación para pilotes utilizado por LGC Ingeniería de Pavimentos

Clasificación	Criterio
Buena (G)	Incremento de FAT 0 a 10% y Reducción de energía < 6 dB
Cuestionable (Q)	Incremento de FAT 11 a 20% y Reducción de energía < 9 dB
Falla/Deficiente (P/F)	Incremento de FAT 21 a 30% o Reducción de energía 9 a 12 dB
Defecto/Deficiente (P/D)	Incremento de FAT > 31% o Reducción de energía > 12 dB

Fuente: Modificado de LGC Ingeniería de Pavimentos

Reducción de Energía (dB)



Fuente: Informes LGC Ingeniería de Pavimentos

Figura 1 Clasificación de las imperfecciones

Adicionalmente, LGC considera que para cuando se presentan los resultados de “Bueno (G)” y “Cuestionable (Q)”, el pilote se considera con una integridad aceptable. Cuando se presentan las condiciones de “Falla (P/F)” y “Defectos (D/F)”, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Si se presentan “Fallas (P/F)” el pilote se tiene que evaluar si están presentes en más del 50% de los perfiles. Si se encuentran en menos del 50% de los perfiles, el pilote se considera con una integridad aceptable, y se informa de ubicación del daño.
- Si se presentan “Defectos (P/D)” el pilote se tiene que evaluar si están presentes en más de un perfil. Si se encuentran solo uno de los perfiles, el pilote se considera con una integridad aceptable, y se informa de ubicación del daño.
- Al momento de evaluar una falla o un defecto, se deberían incluir al menos la representación tomográfica, ubicación del área de preocupación, medidas adicionales de evaluación tales como excavación, extracción de núcleos, presión de lechada al inyectar, reparación o sustitución del pilote y repetir el ensayo de integridad. Se debe considerar que, si se detectan fallas o defectos sobre toda la sección transversal, generalmente el pilote requiere de su reparación o sustitución.

Asimismo, LGC comenta que, en caso de realizar una tomografía, es importante contemplar el porcentaje de reducción en la velocidad de onda promedio en cada pilote y es así como se establece un valor límite de velocidad de onda. Por tal razón, en los informes se incluye una tabla con estos valores, que LGC utiliza para determinar la condición del concreto colocado en el pilote.



Un aspecto importante más a considerar en los resultados mostrados en los informes de LGC, es que, al finalizar las conclusiones de los resultados de ensayo, se indica lo siguiente:

“Es recomendable no tomar en cuenta los defectos o fallas menores a los 20 cm de longitud, ya que se consideran poco significantes debido a la magnitud de la estructura”.

Sin embargo, esta consideración no se encuentra en ninguna de las especificaciones consultadas, como lo son el “Standard specifications for construction of roads and bridges on Federal Highway Projects” FP-14, el “Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes” CR-2010, el artículo “Defect analysis for CSL testing” de Linkins et al, utilizado como base técnica para la propuesta de actualización de la sección 565 “Pilotes preexcavados” del CR-2020 o incluso en la norma ASTM D6760 “Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing”. Por lo tanto, se considera recomendable consultar la base técnica de este criterio a la empresa LGC Ingeniería de Pavimentos.

Adicionalmente, en el informe del mes de julio, se añade una nota más en las conclusiones, que indica lo siguiente:

“No tomar en consideración para cada pilote los primeros 5 m en los gráficos de cascada y tomografías, ya que esos 5 m no corresponden a la ejecución de pilotes pre-excavados. Debido a que ese concreto fue construido en otra etapa de proyecto y al no ser parte del pilote no se considera. A partir de los 5 m a 20 m de profundidades el análisis establecido para los pilotes y de las lecturas de 0 m a 5 m no serán consideradas para el análisis.”

Es importante mencionar, que a pesar de que se cuenta con una justificación técnica válida, esta información debería estar contenida en el cuerpo del informe y no en una nota aclaratoria al final del apartado de conclusiones. Es un cambio que existe en el análisis de los resultados y como tal debió indicarse en el procedimiento de análisis de resultados.

Por otro lado, y como se mencionó en el párrafo anterior, para la actualización del “Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes” CR-2020, la propuesta de texto para la sección 565 “Pilotes preexcavados” cuenta con un criterio de aceptación para los ensayos de integridad de los pilotes distinto al existente en la versión vigente. Esta propuesta, que aún no es la versión oficial, indica lo siguiente como clasificación y aceptación de los pilotes basado en los ensayos de integridad:

Tabla 2 Criterio de clasificación establecido en la actualización del CR-2020

Condición	Decremento de velocidad o Incremento del PTA	Reducción de energía “E” (dB)
Buena (G) ⁽¹⁾	≤10	E < 6 dB
Cuestionable (Q) ⁽¹⁾	11-20	6 ≤ E < 9
Pobre/falla (P/F) ⁽²⁾	21-30	9 ≤ E ≤ 12
Pobre/Defecto (P/D) ⁽²⁾	>30	E > 12

PTA: Primer tiempo de arribo

⁽¹⁾: Debe cumplir ambos criterios

⁽²⁾: Debe cumplir alguno de los dos criterios

Fuente: Propuesta de actualización sección 565 del CR-2020, versión aún no oficializada

Es importante indicar que esta clasificación se debe realizar para cada uno de los perfiles del pilote ensayado y se debe recolectar y procesar información adicional suficiente que permita la construcción del modelo del pilote para analizar su condición.



Con respecto a los criterios de aceptación, el texto propuesto de la actualización de la sección 565 del CR-2020, indica lo siguiente:

- En cuanto a los pilotes aceptables, estos deben presentar reducciones de la velocidad menores o iguales al 20% de la velocidad promedio, contemplando que el pilote fue colocado y curado apropiadamente
- En caso que se presenten fallas P/F en el 50% de los perfiles o defectos P/D en más de un perfil, se debe realizar una evaluación adicional, la cual debe comprender análisis con imágenes adicionales y demás información que permita una evaluación más detallada del pilote

Vale la pena resaltar que esta evaluación del pilote por medio de los ensayos de integridad mediante Crosshole, se debe realizar entre los 3 a 21 días de la colocación del concreto del pilote.

Al comparar el criterio de clasificación utilizado por la empresa LGC Ingeniería de Pavimentos, mostrado en la **Tabla 1** con los criterios actualizados del texto no oficial del CR-2020 (**Tabla 2**) se observa que son el mismo. Lo mismo sucede con los criterios para evaluar la aceptación del pilote por medio de los resultados del ensayo Crosshole.

Sin embargo, hay un aspecto que se debe considerar al momento de verificar los resultados de los ensayos y es que todos los pilotes de los informes 01-0207-2021 y 01-0878-2021, los pilotes excepto el 031 y 032 del informe 01-0421-2021, y el pilote P04B2 del informe 01-0877-2021, la edad a la que se evalúan los pilotes es mayor al límite superior que se estipula en la actualización de la sección 565 del CR-2020. Sin embargo, a pesar de que la versión vigente del CR-2010 cuenta con un criterio de aceptación y ensayos para verificar la calidad del pilote es distinta a la propuesta en la sección 565 actualizada y que aún no es oficial, el tiempo para realizar los ensayos de los pilotes es de 2 a 45 días, por lo que se puede llegar a concluir que los tiempos son respetados.

Lo anterior no se puede afirmar para el informe 01-1513-2021, ya que no se muestra la edad de falla de los pilotes y por la información suministrada no es posible determinarla.

III. Resultados de los ensayos

A continuación, se presentan los resultados de la integridad de los pilotes evaluados en cada mes y cada informe de LGC Ingeniería de Pavimentos, comentado cuáles de los pilotes debieron ser atendidos.

III.1 Resultados mostrados para el mes de enero

Para el mes de enero, se muestran 5 informes de resultados de ensayo, que se muestran a continuación.

III.1.1 Informe 01-0107-2021

Los resultados observados para los pilotes evaluados se muestran en la **Tabla 3**.



Tabla 3 Resultados de los ensayos de integridad de Crosshole

Pilote	Edad concreto (días)	Resultados obtenidos*	Considerar	Conclusión LGC	Criterio adecuado
001	9	F: 0.77 a 2.3 m en 2 P D: 14.20 a 15.10 m en 4 P	NO SI	Revisar de 14.3 m a 15.10 m	OK
002	8	F: 13.14 a 14.18 m en 1 P D: 13.13 a 14.18 m en 5 P	NO SI	Revisar de 13.3 m a 15.0 m	OK
003	8	F: 0.16 a 0.70 m en 1 P F: 14.28 a 15.45 en 1 P D: 13.95 a 15.45 m en 4 P	NO NO SI	Revisar de 14.2 m a 15.4 m	OK
005	9	F: 14.54 a 15.44 en 1 P D: 14.34 a 15.45 m en 4 P	NO SI	Revisar de 14.4 m a 15.4 m	OK
008	11	F: 0.37 a 2.52 en 1 P D: 13.43 a 15.23 m en 6 P	NO SI	Revisar de 13.5 m a 15.2 m	OK
009	10	F: 0.05 a 2.73 m en 2 P D: 0.13 a 2.83 m en 1 P	NO SI	Aceptable	Se difiere
010	10	F: 13.78 a 14.89 m en 1 P D: 0.20 a 1.85 en 1 P D: 13.68 a 15.44 m en 4P	NO SI SI	Revisar de 13.7 m a 15.3 m	Se difiere
011	11	D: 13.73 a 15.1 m en 3 P	SI	Revisar de 13.8 m a 15.1 m	OK
013	10	F: 0.20 a 1.3 m en 1 P D: 15.4 a 16.07 m en 6 P	NO SI	Revisar de 13.5 m a 15.2 m	OK
014	15	F: 3.22 a 5.17 m en 2 P D: 4.67 a 5.26 m en 2 P D: 14.8 a 15.47 m en 5 P	NO SI SI	Revisar de 4.7 m a 5.2 m y de 13.5 m a 15.2 m	OK
015	16	D: 0.19 a 2.54 m en 1 P D: 13.65 a 15.18 m en 6 P	SI SI	Revisar de 13.7 m a 15.1 m	Se difiere
016	16	F: 1.52 a 3.12 m en 1 P F: 14.81 a 15.26 m en 1 P D: 1.02 a 3.42 m en 1 P D: 14.01 a 15.63 m en 5 P	NO NO SI SI	Revisar de 14.5 m a 15.1 m	Se difiere
017	17	D: 13.36 a 15.12 m en 6 P	SI	Revisar de 14 m a 15.1 m	OK
018	12	F: 12.91 a 15.81 m en 1 P F: 15.35 a 15.7 m en 1 P D: 12.82 a 15.04 m en 4 P D: 15.34 a 15.76 m en 4 P	NO NO SI SI	Revisar de 12.9 m a 14.9 m y de 15.3 m a 15.7 m	OK
019	11	D: 14..39 a 15.89 m en 6 P	SI	Revisar de 14.4 m a 15.4 m	OK
058	11	F: 0.14 a 1.05 m en 4 P F: 0.9 a 2.4 m en 1 P F: 8.6 a 9.29 m en 1 P D: 14.54 a 16.04 m en 5 P	SI NO NO SI	Revisar de 14.7 m a 16 m	OK
065	16	F: 0.14 a 1.78 m en 2 P F: 13.74 a 15.21 m en 3 P D: 14.59 a 15.83 m en 3 P	NO SI SI	Revisar de 14.5 m a 15.6 m	Se difiere

*Valores aproximados tomados de la lectura de los resultados de los ensayos mostrados por LGC

F: Falla, se debe analizar si está presente en al menos el 50% de los perfiles

D: Defecto, se debe analizar si está presente en al menos 1 perfil

P: Perfil



En general, se coincide con las conclusiones mostradas por LGC Ingeniería de Pavimentos en el informe, excepto para los pilotes 009, 010, 015 y 016 ya que en estos se presenta un defecto en la parte superior en uno de los perfiles, y según el criterio mostrado en el texto del informe si se debieron contemplar. Incluso, a pesar de que no se ha encontrado el respaldo técnico del criterio indicado por LGC de ignorar defectos en 20 cm o menos, al revisar la longitud de defectos en estos 4 pilotes, estas son mayores que este límite indicado. Para el caso del pilote 065, se considera que el rango de revisión debería ser a partir de los 13.7 m ya que se presenta una falla en 3 de los perfiles, que corresponde al 50%.

Cabe destacar que en la tabla 7, del Anexo 4 del informe no se mostraron resultados para el perfil 1-3 del pilote 001, para el perfil 1-4 del pilote 002, para el perfil 1-2 del pilote 005, para los perfiles 1-2, 2-3 y 2-4 del pilote 009 y los perfiles 1-3, 1-4 y 2-4 del pilote 011, existiendo resultados de diagramas de cascada adjuntados en el Anexo 11. Se desconoce el motivo por el cual no se presentan, y se presume que es porque no se encontraron anomalías. Al revisar los gráficos cascada, se logra confirmar lo anteriormente supuesto. Sin embargo, se considera recomendable indicar esta situación en el cuerpo del informe ya que también esta situación puede obedecer a que existió algún problema durante el ensayo.

III.1.2 Informe 01-0135-2021

Los resultados observados para los pilotes evaluados se muestran en la **Tabla 4**.

Tabla 4 Resultados de los ensayos de integridad de Crosshole

Pilote	Edad concreto (días)	Resultados obtenidos*	Considerar	Conclusión LGC	Criterio adecuado
004	10	F: 13.82 a 14.78 m en 2 P D: 0.14 a 2.06 m en 6 P D: 14.20 a 15.10 m en 4 P	NO SI SI	Revisar de 0.2 m a 1.9 m y de 14.3 m a 15.10 m	OK
006	10	F: 0.23 a 2.13 m en 3 P D: 0.17 a 2.62 m en 2 P	SI SI	Aceptable	Se difiere
007	9	F: 0.68 a 1.9 m en 2 P D: 1.1 a 1.85 en 1 P D: 13.75 a 16 m en 6 P	NO SI SI	Revisar de 13.7 m a 15.5 m	Se difiere
012	9	F: 0.19 a 2.04 en 1 P D: 0.2 a 3.14 m en 6 P D: 14.3 a 15.25 m en 5 P	NO SI SI	Revisar de 0.2 m a 3.0 m y de 14.4 m a 15.25 m	OK

*Valores aproximados tomados de la lectura de los resultados de los ensayos mostrados por LGC

F: Falla, se debe analizar si está presente en al menos el 50% de los perfiles

D: Defecto, se debe analizar si está presente en al menos 1 perfil

P: Perfil

En general, se coincide con las conclusiones mostradas por LGC Ingeniería de Pavimentos en el informe, excepto para los pilotes 006 y 007 ya que en estos se presenta un defecto en la parte superior en uno de los perfiles, asimismo en el pilote 006 se encuentra una posible falla en 3 de los perfiles que equivale al 50%, y según el criterio mostrado en el texto del informe si se debieron contemplar. Incluso, a pesar de que no se ha encontrado el respaldo técnico del criterio indicado por LGC de ignorar defectos en 20 cm o menos, al revisar la longitud de defectos en estos 2 pilotes, estas son mayores que este límite indicado.

La razón que LGC indica al respecto, se basa en que los pilotes se descabezarán y por lo tanto esa zona no formará parte de la estructura final del pilote. Esta justificación se considera adecuada, sin embargo, es importante que en el informe quede establecida claramente la longitud del descabezado de los pilotes para que se facilite el análisis de los resultados del ensayo de integridad.



Cabe destacar que en la tabla 7, del Anexo 4 del informe no se mostraron resultados para el perfil 3-4 del pilote 006. Se desconoce el motivo por el cual no se presentan, y se presume que es porque no se encontraron anomalías. Al revisar los gráficos cascada, se logra confirmar lo anteriormente supuesto. Sin embargo, se considera recomendable indicar esta situación en el cuerpo del informe ya que también esta situación puede obedecer a que existió algún problema durante el ensayo.

III.1.3 Informe 01-0206-2021

Los resultados observados para los pilotes evaluados se muestran en la **Tabla 6**.

Tabla 5 Resultados de los ensayos de integridad de Crosshole

Pilote	Edad concreto (días)	Resultados obtenidos*	Considerar	Conclusión LGC	Criterio adecuado
026	11	F: 15.24 a 15.54 m en 1 P D: 14.97 a 16.23 m en 4 P	NO SI	Revisar de 15 m a 16.20 m	OK
027	11	D: 14.05 a 15.6 m en 6 P	SI	Revisar de 14.1 m a 15.5 m	OK
028	10	D: 14.31 a 16.16 m en 5 P	SI	Revisar de 14.4 m a 16 m	OK
029	10	F: 13.18 a 15.53 en 1 P F: 15.43 a 16.28 en 1 P D: 13.29 a 13.63 m en 1 P	NO NO SI	Aceptable	Se difiere
030	10	F: 0.17 a 1.32 en 2 P F: 14.94 a 16.14 m en 1 P D: 14.58 a 16.13 m en 2 P	NO NO SI	Revisar de 14.9 m a 16.14 m	OK
039	6	F: 14.7 a 15.18 m en 1 P D: 15.2 a 16 en 3 P	NO SI	Revisar de 15.2 m a 16 m	OK
040	6	D: 9.57 a 10.17 m en 3 P	SI	Revisar de 9.7 a 10.15 m	OK
041	5	F: 14.67 a 15.62 m en 1 P D: 14.12 a 15.72 m en 5 P	NO SI	Revisar de 14.2 a 15.7 m	OK
042	5	F: 14.42 a 14.72 m en 1 P	NO	Aceptable	OK

*Valores aproximados tomados de la lectura de los resultados de los ensayos mostrados por LGC

F: Falla, se debe analizar si está presente en al menos el 50% de los perfiles

D: Defecto, se debe analizar si está presente en al menos 1 perfil

P: Perfil

En general, se coincide con las conclusiones mostradas por LGC Ingeniería de Pavimentos en el informe, excepto para el pilote 029 ya que en este se presenta un defecto en la zona de 13.3 m a 13.6 m. Incluso, a pesar de que no se ha encontrado el respaldo técnico del criterio indicado por LGC de ignorar defectos en 20 cm o menos, al revisar la longitud del defecto en este pilote, esta es mayor que este límite indicado.

Cabe destacar que en la tabla 7, del Anexo 4 del informe no se mostraron resultados para el perfil 2-4 del pilote 026, los perfiles 1-4, 2-3, y 2-4 del pilote 029, los perfiles 2-3 y 2-4 del pilote 030, los perfiles 1-3 y 1-4 del pilote 039, los perfiles 1-2, 1-3 y 2-3 del pilote 040 y los perfiles 1-2,1-3, 1-2 y 2-4 del pilote 042. Se desconoce el motivo por el cual no se presentan, y se presume que es porque no se encontraron anomalías. Al revisar los gráficos cascada, se logra confirmar lo anteriormente supuesto. Sin embargo, se considera recomendable indicar esta situación en el cuerpo del informe ya que también esta situación puede obedecer a que existió algún problema durante el ensayo.



III.1.4 Informe 01-0207-2021

Los resultados observados para los pilotes evaluados se muestran en la **Tabla 6**.

Tabla 6 Resultados de los ensayos de integridad de Crosshole

Pilote	Edad concreto (días)	Resultados obtenidos*	Considerar	Conclusión LGC	Criterio adecuado
009	22	D: 0.39 a 2.51 m en 6 P	SI	Aceptable	Se difiere
015	28	D: 0.21 a 2.75 m en 6 P D: 14.05 a 15.6 m en 6 P	SI SI	Revisar de 13.15 m a 14.6 m	Se difiere

*Valores aproximados tomados de la lectura de los resultados de los ensayos mostrados por LGC

F: Falla, se debe analizar si está presente en al menos el 50% de los perfiles

D: Defecto, se debe analizar si está presente en al menos 1 perfil

P: Perfil

En este caso, se coincide parcialmente con las conclusiones mostradas por LGC Ingeniería de Pavimentos en el informe, pues para los pilotes 009 y 015 se presenta un defecto en la parte superior en los 6 perfiles de ambos pilotes y en la tabla 8 del Anexo 5 del informe se indica que ambos pilotes se encontraban descabezados al momento de realizar la repetición del ensayo. Por lo tanto, alegar que el defecto de estos pilotes en la parte superior no se debe considerar pues se verán sometidos al proceso de descabezado ya no se considera válido.

En este caso si se reportaron resultados de los 6 perfiles para ambos pilotes.

III.1.5 Informe 01-0282-2021

Los resultados observados para los pilotes evaluados se muestran en la **Tabla 7**.



Tabla 7 Resultados de los ensayos de integridad de Crosshole

Pilote	Edad concreto (días)	Resultados obtenidos*	Considerar	Conclusión LGC	Criterio adecuado
020	21	D: 14.21 a 15.24 m en 2 P D: 14.85 a 16.4 m en 1 P D: 16.09 a 16.44 m en 3 P	SI SI SI	Revisar de 14.2 m a 16.4 m	OK
022	21	F: 16.25 a 16.55 m en 2 P D: 0.47 a 2.71 m e 3 P D: 13.13 a 14.18 m en 5 P	NO SI SI	Revisar de 0.5 m a 2.7 m y 16.2 m a 16.55 m	OK
023	20	F: 14.96 a 15.86 m en 1 P D: 14.89 a 16.24 m en 4 P D: 16.21 a 16.55 m en 4 P	NO SI SI	Revisar de 14.7 m a 16.5 m	OK
024	20	F: 13.95 a 15.55 m en 1 P D: 13.65 a 14.58 m en 3 P D: 14.7 a 15.89 m en 2 P D: 16.14 a 16.58 m en 2 P	NO SI SI SI	Revisar de 13.7 m a 16.5 m	OK
025	19	D: 13.99 a 15.63 m en 2 P**	SI	Revisar de 14 m a 15.6 m	OK
033	17	F: 1.1 a 2.4 m en 1 P F: 15.76 a 16.18 m en 2 P D: 15.13 a 16.18 m en 2 P	NO NO SI	Revisar de 15.3 m a 16.18 m	OK
034	17	F: 14.98 a 15.72 m en 2 P D: 0.68 a 3.03 m en 1 P	NO SI	Aceptable	Se difiere
035	16	F: 11.78 a 13.28 m en 1 P F: 14.63 a 14.98 m en 1 P F: 16.13 a 16.38 m en 1 P D: 12.58 a 13.03 m en 2 P	NO NO NO SI	Revisar de 12.63 m a 13.03 m	OK
036	15	-	-	Aceptable	OK
037	15	F: 7.43 a 8.93 m en 1 P F: 15.28 a 15.83 m en 1 P D: 0.83 a 2.48 m en 3 P D: 8.53 a 9.38 m en 1 P D: 14.88 a 16.19 m en 5 P	NO NO SI SI SI	Revisar de 0.8 m a 2.5 m y de 14.9 m a 16.2 m	OK
038	14	F: 0.77 a 1.27 m en 1 P D: 15.16 a 16.26 m en 6 P	NO SI	Revisar de 15.2 m a 16.2 m	OK
046	9	F: 9.26 a 9.66 m en 1 P D: 9.21 a 9.81 m en 5 P	NO SI	Revisar de 9.2 m a 9.8 m	OK
047	9	-	-	Aceptable	OK
048	8	D: 6.45 a 7.05 m en 3 P	SI	Revisar de 6.45 m a 7.05 m	OK
049	8	F: 0.16 a 0.61 m en 1 P	NO	Aceptable	OK
050	8	D: 0.58 a 1.68 m en 2 P D: 2.23 a 2.63 m en 1 P D: 6.53 a 7.33 m en 1 P	SI SI SI	Revisar de 0.6 m a 1.5 m	Se difiere
051	7	F: 8.54 a 8.94 m en 1 P D: 8.37 a 8.97 m en 2 P	NO SI	Revisar de 8.57 m a 8.97 m	OK
052	7	-	-	Aceptable	-
053	6	D: 14.42 a 15.82 m en 6 P	SI	Revisar de 14.42 m a 15.82 m	OK

*Valores aproximados tomados de la lectura de los resultados de los ensayos mostrados por LGC

**Resultados basados en lectura de 3 perfiles

F: Falla, se debe analizar si está presente en al menos el 50% de los perfiles

D: Defecto, se debe analizar si está presente en al menos 1 perfil

P: Perfil



En general, se coincide con las conclusiones mostradas por LGC Ingeniería de Pavimentos en el informe, excepto para los pilotes 034 y 050. El pilote 034 presenta un defecto en la parte superior en uno de los perfiles y no fue considerado, se presume porque puede ser que esa zona se encuentre en el descabezado. En el caso del pilote 050, adicional a la zona reportada con defectos, no se está contemplando el defecto que se presenta en una profundidad de 6.53 m a 7.33 m en dos perfiles. Incluso, a pesar de que no se ha encontrado el respaldo técnico del criterio indicado por LGC de ignorar defectos en 20 cm o menos, al revisar la longitud de defectos en estos 2 pilotes, estas son mayores que este límite indicado.

Cabe destacar que en la tabla 7, del Anexo 4 del informe no se mostraron resultados para los perfiles 1-2, y 1-3 del pilote 033, los perfiles 1-3, 2-3, 2-4 y 3-4 del pilote 034, el perfil 1-3 del pilote 035, los perfiles 1-3, 1-4 y 3-4 del pilote 048, los perfiles 1-2, 1-3, 1-4, 2-4 y 3-4 del pilote 049, los perfiles 1-3, 1-4 y 3-4 del pilote 050 y los perfiles 2-3, 2-4 y 3-4 del pilote 051. Se desconoce el motivo por el cual no se presentan, y se presume que es porque no se encontraron anomalías. Al revisar los gráficos cascada, se logra confirmar lo anteriormente supuesto. Sin embargo, se considera recomendable indicar esta situación en el cuerpo del informe ya que también esta situación puede obedecer a que existió algún problema durante el ensayo.

III.2 Resultados mostrados para el mes de febrero

Para el mes de febrero, se muestra 1 informe de resultados de ensayo, que se muestra a continuación.

III.2.1 Informe 01-0421-2021

Los resultados observados para los pilotes evaluados se muestran en la **Tabla 8**.



Tabla 8 Resultados de los ensayos de integridad de Crosshole

Pilote	Edad concreto (días)	Resultados obtenidos*	Considerar	Conclusión LGC	Criterio adecuado
021	40	F: 0.18 a 1.03 m en 2 P F: 2.58 a 3.26 m en 1 P D: 0.37 a 0.87 m en 1 P	NO NO SI	Aceptable	Se difiere
031	20	F: 15.49 a 16.64 m en 1P D: 0.13 a 2.18 m en 4 P D: 15.43 a 16.50 m en 2 P	NO SI SI	Revisar de 0.2 m a 2.0 m y 15.43 m a 16.52 m**	Se difiere
032	19	-	-	Aceptable	OK
044	22	D: 14.32 a 15.17 m en 1 P	SI	Aceptable	Se difiere
045	22	F: 0.44 a 1.34 m en 1 P F: 10.83 a 11.63 m en 2 P D: 1.24 a 1.84 m en 1 P D: 10.88 a 11.29 m en 1 P	NO NO SI SI	Revisar de 10.9 m a 11.3 m	Se difiere
054	25	F: 0.42 a 2.42 m en 2 P F: 3.41 a 6.31 m en 1 P D: 0.14 a 2.37 m en 5 P D: 8.39 a 8.83 m en 1 P	NO NO SI SI	Revisar de 0.27 m a 2.37 m	Se difiere
055	24	F: 0.15 a 1.46 m en 2 P F: 14.42 a 15.17 m en 1 P D: 0.11 a 1.76 m en 4 P D: 14.32 a 15.12 m en 1 P	NO NO SI SI	Revisar de 0.16 m a 1.56 m	Se difiere
056	24	D: 0.12 a 1.74 m en 3 P D: 9.43 a 10.25 m en 1 P	SI SI	Revisar de 0.15 m a 1.5 m	Se difiere
057	24	F: 0.54 a 2.24 m en 1 P D: 3.35 a 4.73 m en 5 P	NO SI	Revisar de 3.4 m a 4.4 m	OK

*Valores aproximados tomados de la lectura de los resultados de los ensayos mostrados por LGC

**Se concluye que tiene problemas solo en la cabeza del pilote

F: Falla, se debe analizar si está presente en al menos el 50% de los perfiles

D: Defecto, se debe analizar si está presente en al menos 1 perfil

P: Perfil

En general, no se coincide con las conclusiones mostradas por LGC Ingeniería de Pavimentos en el informe, excepto para los pilotes 032 y 057. Lo anterior se debe a que en el informe se indica que los pilotes 031, 045, 054, 055, 056 y 057 solo requieren ser investigados en la cabeza del pilote. Sin embargo, existen otros resultados de defectos donde no se tiene claridad en el análisis y por lo tanto la decisión de haberlo considerado adecuado en tales zonas. Incluso, a pesar de que no se ha encontrado el respaldo técnico del criterio indicado por LGC de ignorar defectos en 20 cm o menos, al revisar la longitud de defectos en estos pilotes, estas son mayores que este límite indicado. Para el pilote 044 se indica que es aceptable, a pesar de que se encuentra un defecto a una profundidad de 14.92 m a 15.17 m.

Cabe destacar que en la tabla 7, del Anexo 4 del informe no se mostraron resultados para el perfil 1-3 del pilote 021, los perfiles 1-2, 1-3, 1-4, 2-4 y 3-4 del pilote 044, los perfiles 1-2 y 2-3 del pilote 045, los perfiles 1-2, 2-3 y 2-4 del pilote 056, y el perfil 3-4 del pilote 057. Adicionalmente, no se muestran los perfiles del pilote 32. Se desconoce el motivo por el cual no se presentan, y se presume que es porque no se encontraron anomalías. Al revisar los gráficos cascada, se logra confirmar lo anteriormente supuesto. Sin embargo, se considera recomendable indicar esta situación en el cuerpo del informe ya que también esta situación puede obedecer a que existió algún problema durante el ensayo.



III.3 Resultados mostrados para el mes de abril

Para el mes de abril, se muestran 2 informes de resultados de ensayo, que se muestran a continuación.

III.3.1 Informe 01-0877-2021

Los resultados observados para los pilotes evaluados se muestran en la **Tabla 9**.

Tabla 9 Resultados de los ensayos de integridad de Crosshole

Pilote	Edad concreto (días)	Resultados obtenidos*	Considerar	Conclusión LGC	Criterio adecuado
P02-B1	13	-	-	Aceptable	OK
P04-B2	22	-	-	Aceptable	OK
P06-B2	21	F: 1.52 a 1.92 m en 1 P F: 3.37 a 4.02 m en 1 P D: 0.82 a 1.92 m en 1 P D: 9.73 a 10.13 m en 3 P	NO NO SI SI	Revisar de 9.72 m a 10.12 m	Se difiere

*Valores aproximados tomados de la lectura de los resultados de los ensayos mostrados por LGC

F: Falla, se debe analizar si está presente en al menos el 50% de los perfiles

D: Defecto, se debe analizar si está presente en al menos 1 perfil

P: Perfil

En general, se coincide con las conclusiones mostradas por LGC Ingeniería de Pavimentos en el informe, excepto para el pilote P04-B2 ya que en este se presenta un defecto en la zona de 0.82 m a 1.92 m y no es considerado en las conclusiones del informe. Incluso, a pesar de que no se ha encontrado el respaldo técnico del criterio indicado por LGC de ignorar defectos en 20 cm o menos, al revisar la longitud del defecto en este pilote, esta es mayor que este límite indicado. Se presume se hace esta aseveración porque formará parte de la zona del descabezado, sin embargo, se considera recomendable que se indique esta condición claramente en el informe.

Cabe destacar que en la tabla 7, del Anexo 4 del informe no se mostraron resultados para los 6 perfiles de los pilotes P02-B1 y P04-B2, se presume porque no se encontraron anomalías. Al revisar los gráficos cascada, se logra confirmar lo anteriormente supuesto. Sin embargo, se considera recomendable indicar esta situación en el cuerpo del informe ya que también esta situación puede obedecer a que existió algún problema durante el ensayo.

III.3.2 Informe 01-0878-2021

Los resultados observados para los pilotes evaluados se muestran en la **Tabla 10**.

Tabla 10 Resultados de los ensayos de integridad de Crosshole

Pilote	Edad concreto (días)	Resultados obtenidos*	Considerar	Conclusión LGC	Criterio adecuado
P01-B1	30	F: 0.19 a 1.12 m en 1 P D: 0.68 a 1.33 m en 1 P	-	Aceptable	Se difiere
P05-B2	25	F: 0.84 a 1.64 m en 1 P D: 0.5 a 5.41 m en 1 P	-	Aceptable	Se difiere
P06-B2	29	-	-	Aceptable	OK

*Valores aproximados tomados de la lectura de los resultados de los ensayos mostrados por LGC

F: Falla, se debe analizar si está presente en al menos el 50% de los perfiles

D: Defecto, se debe analizar si está presente en al menos 1 perfil

P: Perfil



En general, no se coincide con las conclusiones mostradas por LGC Ingeniería de Pavimentos en el informe, excepto para el pilote P06-B2 ya que los pilotes P01-B1 y P05-B2 presentan defectos en uno de sus perfiles en la parte superior de la estructura. Incluso, a pesar de que no se ha encontrado el respaldo técnico del criterio indicado por LGC de ignorar defectos en 20 cm o menos, al revisar la longitud del defecto en este pilote, esta es mayor que este límite indicado. Se presume se hace esta aseveración porque formará parte de la zona del descabezado, sin embargo, se considera recomendable que se indique esta condición claramente en el informe.

Cabe destacar que en la tabla 7, del Anexo 4 del informe no se mostraron resultados para los 6 perfiles del pilote P06-B2, se presume porque no se encontraron anomalías. Igualmente, en esta tabla no se presentaron los perfiles 1-2, 1-4, 2-4 y 3-4 del pilote P01-B1 y los perfiles 1-3, 1-4 y 2-4 del pilote P05-B2 y se asume lo mismo que para el pilote P06-B2. Al revisar los gráficos cascada, se logra confirmar lo anteriormente supuesto. Sin embargo, se considera recomendable indicar esta situación en el cuerpo del informe ya que también esta situación puede obedecer a que existió algún problema durante el ensayo.

III.4 Resultados mostrados para el mes de julio

Para el mes de julio, se muestra 1 informe de resultados de ensayo, que se muestra a continuación.

III.4.1 Informe 01-1513-2021

Los resultados observados para los pilotes evaluados se muestran en la **Tabla 11**.

Tabla 11 Resultados de los ensayos de integridad de Crosshole

Pilote	Edad concreto (días)	Resultados obtenidos*	Considerar	Conclusión LGC	Criterio adecuado
B1P1	**	F: 18.54 a 19.70 m en 1 P D: 18.04 a 19.83 m en 4 P	NO SI	Revisar de 10.9 m a 11.3 m	OK
B1P2	**	D: 14.71 a 15.06 m en 3 P	SI	Revisar de 14.66 m a 15.12 m	OK
B1P7	**	D: 19.32 a 19.71 m en 6 P	SI	Revisar de 19.32 m a 19.82 m	OK
B2P8	**	D: 18.42 a 20.72 m en 6 P	SI	Revisar de 18.42 m a 19.86 m	OK
B2P9	**	D: 18.72 a 19.47 m en 6 P	SI	Revisar de 18.71 m a 19.82 m	OK
B2P12	**	D: 18.57 a 20 m en 5 P	SI	Revisar de 18.57 m a 19.82 m	OK

*Valores aproximados tomados de la lectura de los resultados de los ensayos mostrados por LGC

**Edad del concreto no indicada

F: Falla, se debe analizar si está presente en al menos el 50% de los perfiles

D: Defecto, se debe analizar si está presente en al menos 1 perfil

P: Perfil

En esta ocasión se coincide con los resultados mostrados en el informe de LGC Ingeniería de Pavimentos.

Cabe destacar que en la tabla 7, del Anexo 4 del informe no se mostraron resultados para el perfil 1-4 del pilote B1P1, los perfiles 1-2 y 1-4 del pilote B1P2, y el perfil 1-4 del pilote B1P7. Se desconoce el motivo por el cual no se presentan, y se presume que es porque no se encontraron anomalías. Al revisar



los gráficos cascada, se logra confirmar lo anteriormente supuesto. Sin embargo, se considera recomendable indicar esta situación en el cuerpo del informe ya que también esta situación puede obedecer a que existió algún problema durante el ensayo.

IV. Comentarios finales

Al finalizar la revisión de los informes de resultados de integridad presentados por la empresa LGC Ingeniería de Pavimentos, se pueden considerar dos grandes aspectos:

1. A pesar de que los criterios técnicos para la clasificación, evaluación y aceptación de los pilotes ensayados no difiere, existen ciertos criterios en los que no se encuentra clara la base técnica que brinde respaldo a las excepciones consideradas, tales como la longitud de 20 cm de la falla o defecto, y el hecho de no considerar los primeros 5 m de los resultados del ensayo ya que esta zona forma parte del descabezamiento de los pilotes. Es por ello, que se considera recomendable solicitar la aclaración de este asunto acompañado de la base técnica o bien un esquema mostrando la profundidad de inicio del pilote como parte de la estructura final.
2. Para los pilotes 009 (en ambos informes), 010, 015 (en ambos informes), 016, 065, 006, 007, 029, 034, 050, 021, 031, 044, 045, 054, 055, 056, P06-B2, P01-B1 y P05-B2, se sostienen diferencias en las interpretaciones de los resultados de los ensayos, cuyo detalle se encuentra en el apartado anterior. Es importante considerar que algunas de estas diferencias pueden ser subsanadas con las aclaraciones que se proporcionen del punto anterior.
3. No es posible conocer las subsanaciones realizadas a los pilotes que resultaron con defectos que debían ser atendidos pues la información no fue aportada en los informes. Se considera recomendable solicitar la información de las medidas tomadas para realizar las reparaciones requeridas.

V. Referencias

1. American Society for Testing and Materials. "ASTM D6760 "Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing". Estados Unidos, 2016.
2. Federal Highway Administration. "Standard specifications for construction of roads and bridges on Federal Highway Projects. FP-14". Estados Unidos, 2014.
3. LGC Ingeniería de Pavimentos. "Informes: 01-0107-2021, 01-0135-2021, 01-0206-2021, 01-0207-2021 y 01-0282-2021". Costa Rica, enero 2021.
4. LGC Ingeniería de Pavimentos. "Informe 01-0421-2021". Costa Rica, febrero 2021.
5. LGC Ingeniería de Pavimentos. "Informes: 01-0877-2021 y 01-0878-2021". Costa Rica, abril 2021.
6. LGC Ingeniería de Pavimentos. "Informe 01-1513-2021". Costa Rica, julio 2021.
7. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. "Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes. CR-2010". Costa Rica, 2010.