

TABLA DE CONTENIDOS

TERMINOS DE REFERENCIA PARA USO DE CRACKING EN RENOVACION DE REDES SUBTERRÁNEAS 1

1 INTRODUCCIÓN 3

2 CONDICIONES GENERALES DE ACEPTACIÓN 4

3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES 5

4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN 6

4.1 PAVIMENTO ASFÁLTICO 6

4.1.1 Suelo Natural de Gravas 6

4.1.2 Suelo Natural Arcillas Duras 7

4.1.3 Pasaje Suelo Natural Gravas y Arcillas Duras 7

4.2 PAVIMENTOS DE HORMIGÓN 8

4.2.1 Sobre Suelo Natural de Gravas 8

4.2.2 Sobre Suelo Natural Arcillas Duras 9

5 RECOMENDACIONES PARA FISCALIZACIÓN 10

Imágenes

Imagen 1 Sistema de Cracking para renovación de cañerías. (Informe DICTUC) 1

Tablas

Tabla 1 Propiedades de Materiales de Modelaciones Cracking (Estudio DICTUC) 5

Tabla 2 Aceptación cracking en pavimento de asfalto sobre gravas (Estudio DICTUC) 6

Tabla 3 Aceptación cracking en pavimento de asfalto sobre arcillas duras (Estudio DICTUC). 7

Tabla 4 Aceptación cracking en pavimento de pasajes de asfalto sobre gravas y arcillas duras (Estudio DICTUC). 7

Tabla 5 Aceptación cracking en pavimento de hormigón sobre gravas (Estudio DICTUC). 8

Tabla 6 Aceptación cracking en pavimento de hormigón sobre arcillas duras (Estudio DICTUC). 9

1 INTRODUCCIÓN

Los presentes términos de referencia para uso de cracking en renovación de redes subterráneas de aguas servidas, resumiendo las condiciones de borde iniciales para la aceptación de este sistema bajo aceras, pavimentos de calzadas, bandejones, y otros autorizados por SERVIU Metropolitano sin perjuicio que el municipio lo acepte en áreas de su competencia.

Las condiciones de aceptación inicial, esto es para permitir el ingreso de un proyecto o solicitud de permiso de rotura que utilice el sistema cracking, están fundamentadas en el trabajo denominado: *"Estudio Beneficios y Aplicación Sistemas de Renovación de Redes de Recolección de Aguas Servidas Mediante Sistema de "Cracking"* desarrollado por DICTUC para Aguas Cordillera S.A.

Las condiciones de aceptación final, esto es para permitir la recepción provisoria y definitiva de lo realizado, se fundamentan en el trabajo denominado: *"Estudio Beneficios y Aplicación Sistemas de Renovación de Redes de Recolección de Aguas Servidas Mediante Sistema de "Cracking. Pruebas a Escala Real"* desarrollado por DICTUC para Aguas Cordillera S.A.

Las condiciones definitivas para seguimiento están fundadas en el trabajo denominado: *"Estudio beneficios y aplicación sistemas de renovación de redes de recolección de aguas servidas mediante Sistema de Pipe-Bursting. Tercera fase: Seguimiento y modelación"*, desarrollado por DICTUC para Aguas Cordillera S.A.

En todos los casos, las condiciones de aceptación inicial, final y seguimiento pueden adecuarse en la medida que el proponente aporte antecedentes aclaratorios y/o estudios que permitan incluir en alguna de las situaciones ya validadas, el proyecto o permiso presentado.

Se acepta la utilización del sistema cuando la materialidad de las cañerías existentes sea cemento comprimido. Se excluye asbesto – cemento, fierro, cerámica, etc. por ser minoritarios, y PVC por ser más nuevo.

En cuanto a cañerías nuevas, sólo se acepta la utilización del sistema cuando la materialidad de las cañerías sea HDPE.

El uso del sistema Cracking está validado para las vías bajo tuición del SERVIU Metropolitano y podrán hacer uso de él todas las empresas de aguas que ejecuten renovación de redes.

No obstante, los estudios que sirvieron como antecedentes son técnicamente replicables en otras regiones del país, pudiendo cada SERVIU Regional aceptar el sistema si lo estima pertinente. Para ello se debe verificar que las condiciones de borde consideradas en los estudios ya señalados se correspondan con las condiciones del terreno en las regiones de su competencia.

Hay que considerar, en cuanto al tipo de suelo, que "Debería existir arena o gravilla, alrededor del tubo, lo que corresponde a la especificación vigente, sin embargo, lo que se aprecia normalmente es grava arcillosa". También existe una "cama de arena" en que se apoyan las cañerías, pero es delgada y su función es proteger a la tubería durante la instalación, por lo que no se considera en la modelación".

El Sistema Cracking puede utilizar cabezas de expansión estáticas o dinámicas (neumáticas o hidráulicas). La empresa Aguas Andinas utiliza habitualmente el sistema dinámico para realizar el "tiro", pero no se descarta el uso del sistema estático, si éste resulta recomendable para el objetivo del proyecto.

Estos términos de referencia en su versión vigente se encontrarán publicados en el sitio de Pavimentación SERVIU: <http://pavimentacion.metropolitana.minvu.cl/> en el apartado Normativa y Manuales.

2 CONDICIONES GENERALES DE ACEPTACIÓN

Para la aceptación de proyectos y permisos de rotura que empleen el sistema cracking para la renovación de las redes, se deberá cumplir lo siguiente:

- Las obras a ejecutar deberán efectuarse principalmente en dos tipos de suelo natural, de acuerdo con los suelos que comúnmente se encuentran en la cuenca de Santiago. Estos suelos corresponderían a un suelo natural de tipo granular grueso, correspondiente a la grava de Santiago y a arcillas que generalmente se encuentran duras con un estado de humedad bajo el límite plástico.
- Se considera ausencia de nivel freático, por lo cual el suelo natural independiente de sus características, se considerará con comportamiento drenado.
- Se aceptarán dos profundidades (h) de ubicación del eje de la tubería original a ser reemplazada. Estas profundidades corresponden a 2 y 3 m, permitiéndose estudios sobre tuberías a una profundidad mayor a 1 m y menor a 2 m, para levantar información que permita ajustar los parámetros de entrada, pero no para ejecutar programa regular de renovación de redes. En el caso que los parámetros evaluados para la aceptación de las obras sean deficientes, se deberá rehacer la carpeta de pavimento.
- Se consideran tres escenarios de aumento de diámetro de la tubería, considerando un ancho de cabezal correspondiente a 5 cm adicionales a la tubería de reemplazo. Si el cabezal fuera de mayor diámetro, se recomienda reevaluar los análisis.
- En el caso de los pavimentos de hormigón, se consideran juntas sin barras de traspaso de carga y dos escenarios de reemplazo de la tubería. En particular se evalúa el reemplazo de la tubería ubicada: (i) en el tramo medio de una losa de 3,5 m de ancho mediante un modelo simétrico y con una losa continua de 1,75 m de ancho y (ii) reemplazo de la tubería inmediatamente bajo la junta entre las losas mediante un modelo simétrico con una losa de 3,5 m de ancho. Se asume además que existe un buen soporte de la losa sobre la subbase y suelo existente.
- En general, no es recomendable aplicar la técnica de Cracking a una profundidad de 1 m desde la superficie, pues las tensiones inducidas en la capa superior del pavimento pueden superar la resistencia máxima del material a la tracción (caso del asfalto) o causar desplazamientos relevantes en el pavimento. Esta recomendación es independiente del tipo de suelo, por lo que se recomienda tener al menos una cobertura de 12 veces el valor de la expansión realizada, por sobre la tubería existente. Para una profundidad entre 2 y 3 m desde la superficie, sería factible siempre y cuando la razón de tensión de trabajo no se acerque a 1,0 o el desplazamiento calculado sea mayor a 1,0 cm. Para profundidades mayores a 3.0 m se deberá considerar la misma restricción.

Previo a la ejecución de los trabajos se presentará propuesta de reposición de pavimentos, la cual será validada por el área que fiscaliza los trabajos. Esta propuesta puede ser objeto de ajustes menores producto de daños provocados por los trabajos o cambios en los trazados y ventanas propuestos originalmente.

3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

La Tabla a continuación detalla los principales valores de los parámetros utilizados para modelar los pavimentos, relleno y distintas unidades geotécnicas correspondientes al suelo natural. Las propiedades de los materiales de los pavimentos (hormigón, concreto asfáltico y base granular) corresponden a valores obtenidos desde la literatura y experiencia. El relleno corresponde a una grava arcillosa, y sus propiedades fueron obtenidas de la base de datos “Geotechdata” (2013). Para el suelo natural se consideran 2 escenarios, arcillas duras y gravas correspondientes a la segunda depositación del Río Mapocho, los valores de sus propiedades corresponden a propiedades genéricas utilizadas en estudios geotécnicos.

Propiedad	Un.	Hormigón	Carpeta asfáltica	Base granular	Arcillas duras	Gravas	Relleno
Modelo constitutivo	-	Lineal elástico	Lineal elástico	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Módulo de elasticidad	MPa	29.000	3.500	250	14,7	80	70
Coefficiente de Poisson		0,15	0,35	0,35	0,35	0,3	0,35
Densidad	KN/m ³	24	20	20	20	20	20
Cohesión	KN/m ²	-	-	60	49	15	15
Ángulo de fricción interna	°	-	-	45	10	45	38
Resistencia a la Flexo tracción	kPa	4.000	1.000	-	-	-	-

Tabla 1 Propiedades de Materiales de Modelaciones Cracking (Estudio DICTUC).

En esta modelación se asume que existe un buen apoyo de la losa de hormigón sobre la base o subbase granular, así como también, que no hay presencia significativa de vacíos que pueda afectar el comportamiento de las losas. Se recomienda siempre caracterizar adecuadamente el suelo natural mediante ensayos de laboratorio específicos, los cuales deberán adjuntarse a la presentación de los proyectos o permisos de rotura.

Una vez realizado el cracking, se puede emplear como alternativa al relleno granular, un mortero RDC3 ya aceptado por SERVIU Metropolitano, respetando las condiciones de dicha aceptación.

4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

Los casos analizados por los estudios de base corresponden a los siguientes aumentos de diámetro, los que se entenderán de interior a interior según corresponda al tipo de tubería:

- A) 150 a 150 mm
- B) 150 a 200 mm
- C) 175 a 200 mm
- D) 175 a 225 mm
- E) 200 a 200 mm
- F) 200 a 250 mm
- G) 250 a 250 mm
- H) 250 a 315 mm

4.1 PAVIMENTO ASFÁLTICO

Se consideran pavimentos de asfalto de espesor 5 cm y capas granulares de 30 cm, con una calzada de ancho 7 m, siendo el caso más conservador y frecuente de los que se encuentra en este tipo de obras. En apartado 4.1.3 se aborda el caso particular de pasajes.

Se entenderá como “Razón de trabajo”, la relación entre la tensión máxima que experimenta el pavimento durante el proceso de Cracking de acuerdo con la modelación, y la resistencia a la tracción del asfalto la cual fue asumida para este caso como 1000 kPa. Dado que no existe mucha literatura respecto de este valor, se recomienda que para las primeras experiencias en la Región Metropolitana se realicen ensayos (norma NLT-346) que permitan verificarlo.

4.1.1 Suelo Natural de Gravas

Los criterios de aceptación para cracking en pavimento de asfalto sobre suelo natural de gravas, son los siguientes:

Pavimento	Suelo	Caso	D _{inicial} (mm)	D _{final} (mm)	h (profundidad) (m)	Cracking Aceptable
Asfalto	Gravas	A	150	150	1	NO
					2	SI
					3	SI
		B	150	200	2	SI
					3	SI
		C	175	200	2	SI
					3	SI
		D	175	225	2	NO
					3	SI
		E	200	200	2	SI
					3	SI
		F	200	250	2	NO
					3	SI
		G	250	250	2	SI
					3	SI
		H	250	315	2	NO
					3	SI

Tabla 2 Aceptación cracking en pavimento de asfalto sobre gravas (Estudio DICTUC).

4.1.2 Suelo Natural Arcillas Duras

Los criterios de aceptación para cracking en pavimento de asfalto sobre suelo natural de arcillas duras, son los siguientes:

Pavimento	Suelo	Caso	Dinicial (mm)	Dfinal (mm)	h (profundidad) (m)	Cracking Acceptable
Asfalto	Arcillas duras	A	150	150	1	NO
					2	SI
					3	SI
		B	150	200	2	SI
					3	SI
		C	175	200	2	SI
					3	SI
		D	175	225	2	SI
					3	SI
		E	200	200	2	SI
					3	SI
		F	200	250	2	SI
					3	SI
		G	250	250	2	SI
					3	SI
		H	250	315	2	NO
					3	SI

Tabla 3 Aceptación cracking en pavimento de asfalto sobre arcillas duras (Estudio DICTUC).

4.1.3 Pasaje Suelo Natural Gravas y Arcillas Duras

Se considera en particular el caso de pasaje con calzada de ancho 3 m, espesor de carpeta de 4 cm, y espesor de capas granulares de 30 cm, considerando como soporte suelo natural gravas y arcillas duras.

Los criterios de aceptación para cracking en pavimento de asfalto sobre suelo natural de gravas y arcillas duras, son los siguientes:

Pavimento	Suelo	Caso	Dinicial (mm)	Dfinal (mm)	h (profundidad) (m)	Cracking Acceptable
Asfalto	Gravas	B	150	200	2	SI
		D	175	225	2	SI
		F	200	250	2	NO
		H	250	315	2	NO
	Arcillas duras	B	150	200	2	SI
		D	175	250	2	SI
		F	200	250	2	SI
		H	250	315	2	NO

Tabla 4 Aceptación cracking en pavimento de pasajes de asfalto sobre gravas y arcillas duras (Estudio DICTUC).

4.2 PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Se consideran pavimentos de hormigón de espesor 15 cm y capas granulares de 30 cm, de ancho 7 m, siendo el caso más conservador y frecuente de los que se encuentra en este tipo de obras.

La “Razón de trabajo”, se entenderá como la relación entre la tensión máxima que experimenta el pavimento durante el proceso de Cracking de acuerdo con la modelación, y la resistencia a la flexo-tracción del hormigón, la cual fue asumida para este caso como 4000 kPa.

4.2.1 Sobre Suelo Natural de Gravas

Los criterios de aceptación para cracking en pavimento de hormigón sobre suelo natural de gravas, son los siguientes:

Pavimento	Suelo	Caso	D _{inicial} (mm)	D _{final} (mm)	h (profundidad) (m)	Cracking Acceptable
Hormigón	Gravas	A	150	150	1	SI
					2	SI
					3	SI
		B	150	200	2	SI
					3	SI
		C	175	200	2	SI
					3	SI
		D	175	225	2	SI
					3	SI
		E	200	200	2	SI
					3	SI
		F	200	250	2	SI
					3	SI
		G	250	250	2	SI
					3	SI
		H	250	315	2	NO
					3	SI

Tabla 5 Aceptación cracking en pavimento de hormigón sobre gravas (Estudio DICTUC).

4.2.2 Sobre Suelo Natural Arcillas Duras

Los criterios de aceptación para cracking en pavimento de hormigón sobre un suelo natural de arcillas duras, son los siguientes:

Pavimento	Suelo	Caso	D _{inicial} (mm)	D _{final} (mm)	h _(profundidad) (m)	Cracking Acceptable
Hormigón	Arcillas Duras	A	150	150	1	SI
					2	SI
					3	SI
		B	150	200	2	SI
					3	SI
		C	175	200	2	SI
					3	SI
		D	175	225	2	SI
					3	SI
		E	200	200	2	SI
					3	SI
		F	200	250	2	SI
					3	SI
		G	250	250	2	SI
					3	SI
		H	250	315	2	NO
					3	SI

Tabla 6 Aceptación cracking en pavimento de hormigón sobre arcillas duras (Estudio DICTUC).

5 RECOMENDACIONES PARA FISCALIZACIÓN

Las siguientes recomendaciones se establecen en base al estudio DICTUC denominado *“Estudio Beneficios y Aplicación Sistemas de Renovación de Redes de Recolección de Aguas Servidas Mediante Sistema de “Cracking”. Pruebas a escala real* “. Si bien este estudio define parámetros y presenta una propuesta con criterios que permitan aceptar o rechazar las mediciones o valores presentados en la auscultación visual, deflectometrías de impacto y levantamiento topográfico, estos criterios se evaluaron mediante un seguimiento realizado de manera conjunta entre SERVIU, Aguas Cordillera S.A. y DICTUC S.A. mediante el estudio denominado *“Estudio beneficios y aplicación sistemas de renovación de redes de recolección de aguas servidas mediante Sistema de Pipe-Bursting. Tercera fase: Seguimiento y modelación”*, desarrollado por DICTUC para Aguas Cordillera S.A., por lo cual la versión definitiva de dichos criterios entra en vigencia una vez terminado el estudio, a menos que por razones de orden técnico SERVIU decida que algún criterio en particular pueda postergar su implementación más allá del inicio de la puesta en vigencia de la Metodología Cracking. En el intertanto se debe consultar de manera complementaria los criterios establecidos en el documento *“Proposición DICTUC: Metodología Preliminar para Emplear en Control de Topografía en Sistema de Cracking 20240409”*.

Para el proceso de fiscalización, de manera complementaria al Manual de Obras de Vialidad, Pavimentos y Aguas Lluvias del SERVIU y a los procedimientos establecidos por cada área fiscalizadora, se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Se debe llevar un registro fotográfico de todas las losas registrando al menos una fotografía desde el punto de vista más desfavorable (el que muestre el mayor daño pre existente), con una auscultación visual en dos ocasiones: antes del Cracking e inmediatamente después del Cracking, para diferenciar los efectos del sistema de otras situaciones y se realicen oportunamente las reposiciones de las zonas rechazadas, si así se estimara conveniente.
2. Control de calidad en cuanto a mantener las pendientes correctas en el caso de tuberías de aguas servidas, y los ensayos y certificaciones de control de calidad de los materiales y de la ejecución de las obras, entre otros: densidades, granulometría de los materiales (naturales y rellenos), plasticidad y densidad compactada, pruebas de estanqueidad, etc. En cuanto a la linealidad y pendientes longitudinales se debe tener en consideración que las obras de cracking replican la situación existente por lo cual no es posible mejorarlos, siendo responsabilidad de la empresa de aguas dueña de la infraestructura la aceptación de dichas condiciones.
3. Inspeccionar visualmente, antes y después del término de la reposición de pavimentos y clasificar las grietas según los criterios de Grietas Anchas y Grietas por Severidad como lo establece el Manual de Obras de Vialidad, Pavimentos y Aguas Lluvias del SERVIU.
4. Realizar un levantamiento topográfico del tramo, antes y después de la ejecución de la técnica de Cracking, así como posterior al término de la reposición de pavimentos.
5. Medir la capacidad de soporte del pavimento, antes y después del término de la reposición de pavimentos, a través de deflectometrías de impacto.
6. Realizar caracterización de la subbase granular y suelo natural, a partir de la extracción de muestras desde la zanja de ataque.
7. Extraer testigos del pavimento antiguo para medir su espesor.
8. Realizar una bitácora del proceso constructivo de la renovación de redes de recolección de aguas servidas mediante la técnica de Cracking.