



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

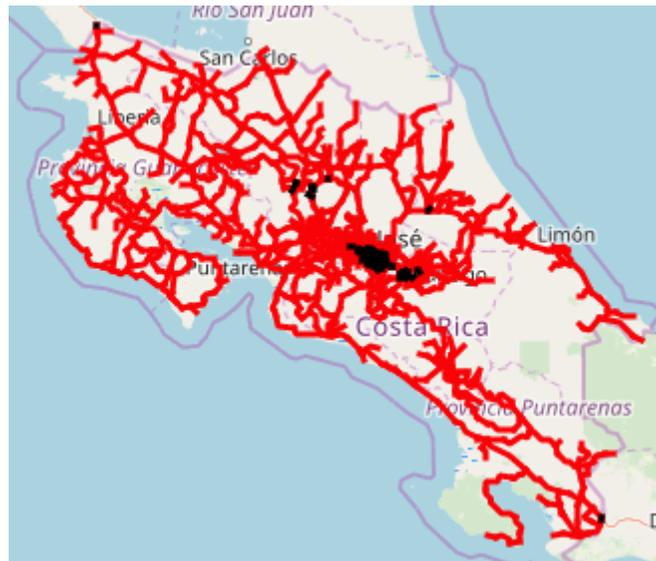


LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-IG-02-2020

# Revisión de la sección M634 “Diseño de muros de retención” del cartel de la licitación “CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA”



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

San José, Costa Rica  
Abril, 2020





## CONTENIDO

I.	Introducción .....	4
II.	Comentarios generales .....	4
III.	Comentarios al apartado I “Apartado de Geología” .....	5
IV.	Comentarios al apartado II “Apartado de Geotecnia” .....	5
IV.1	Sondeos .....	5
IV.2	Ensayos de Laboratorio .....	6
IV.3	Ensayos especiales .....	6
IV.4	Comentario generalizado .....	6
V.	Comentarios al apartado III “Estimación de cantidad de perforaciones SPT necesarias para la investigación geotécnica” .....	7
VI.	Comentarios al apartado V “Apartado análisis de estabilidad y diseño de taludes” .....	7
VI.1	Consideraciones adicionales.....	8
VI.2	Resultados esperados .....	9
VII.	Referencias .....	9



## INFORME DE LA REVISIÓN DE LA SECCIÓN M634 “DISEÑO DE MUROS DE RETENCIÓN” DEL CARTEL DE LA LICITACIÓN “CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RED VIAL NACIONAL”

### I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra la revisión realizada a la sección M634 “Diseño de muros de retención” que forma parte del cartel de licitación “Conservación de la infraestructura vial de la Red Vial Nacional”. Cabe destacar que los carteles de licitación son de suma importancia ya que en estos se indican las especificaciones técnicas para un proyecto con el carácter legal que le es inherente. Es por ello que se considera de suma importancia que estas especificaciones técnicas sean claras y suficientes para desarrollar con calidad las actividades que se encuentran asociadas al proyecto, y que no generen confusiones al momento de tomarlas en cuenta. A continuación, se muestran los comentarios al respecto de la revisión del documento.

### II. Comentarios generales

Como se indicó anteriormente, se considera muy importante que el documento de licitación sea de clara lectura, que contenga las especificaciones técnicas necesarias para diseñar y construir una obra en específico generando un producto de calidad y que no exista faltante de información que pueda generar confusiones u omisiones posteriores que induzcan a una etapa de aclaraciones que pueda alargarse y por lo tanto atrasar el proyecto.

El documento M634 “Diseño de muros de retención” es un documento que en su mayoría contiene información técnica necesaria para realizar las actividades inherentes a la licitación, pero en algunos casos esta información no es clara y en otros es repetitiva. Por ejemplo, con el apartado de Generalidades, no se tiene claro si lo único que a tratar son consideraciones que se deben tomar de manera general, si se trata de un apartado aclaratorio o si es una especie de introducción a esta sección.

Empezando a analizar lo específico, en esta sección introductoria del documento, existe una nota que define lo que es una condición especial, donde se indica que: *“Debido a las dimensiones y rasgos geotécnicos particulares, debe plantearse una campaña de investigación geotécnica apropiada para el caso específico, quedando a criterio de la Unidad de Supervisión, con el apoyo de los respectivos departamentos técnicos de la Administración, su definición”,* este aspecto se considera delicado porque si existiera una condición que pueda catalogarse especial durante la ejecución de la investigación exploratoria que está realizando el Contratista, este (o la empresa que desee subcontratar) no tendría la responsabilidad de tomar estas decisiones, a pesar de ser el que maneje mejor la información geotécnica que arroja la investigación realizada. Adicionalmente, se debe tener cuidado en verificar si la competencia técnica para tomar una decisión de este tipo la pueda realizar la Unidad de Supervisión, o el departamento de la Administración al que le asignen el trabajo. Se considera, que en lugar de que sea la Unidad de Supervisión la que tome estas decisiones, más bien sea el Contratista quien presente un plan de investigación exploratoria adicional, que sea revisada y aprobada por la Unidad de Supervisión en conjunto con la Administración.

Se considera adecuado no ser muy específico en cuanto a las herramientas que se puedan utilizar para determinadas actividades, tales como las fotografías complementarias que se utilizarían al realizar levantamientos topográficos, ya que se indican que se deben realizar con vuelos no tripulados y las fotografías tomadas durante visitas de campo por los profesionales en la materia también se podrían considerar como material complementario. Igualmente, cuando se trata de

Informe LM-IG-02-2020	Abril, 2020	Página 4 de 9
-----------------------	-------------	---------------

realizar los análisis de estabilidad de taludes con softwares, no limitarlos a herramientas que solo utilicen la metodología de elemento finito, ya que pueden existir otros programas computacionales igualmente poderosos que utilicen otras metodologías, como las diferencias finitas. De este punto se comentará más adelante.

Adicionalmente, en algunas secciones del documento no se observa coherencia en lo indicado, especialmente en el apartado V “Apartado análisis de estabilidad y diseño de taludes”, que hace mención incluso a documentos que se encuentran en vigencias obsoletas, es decir existen nuevas versiones.

Finalmente, en el texto se menciona a la figura del “Consultor” y no queda claro si se trata de un consultor con el que cuente el Contratista, la Unidad de Supervisión o bien la Administración. En algunas ocasiones, por lo que se indica en el texto, se infiere que esta figura de “Consultor” se ha confundido y debió de indicarse “Contratista”.

### III. Comentarios al apartado I “Apartado de Geología”

Se considera que el orden de los aspectos solicitados podría cambiar dada la relevancia de que una de las actividades se realice primero que otra, por ejemplo, se considera más importante primero realizar el levantamiento geológico por medio de las visitas al campo y luego revisar las fotografías aéreas como material complementario.

Además, existe alguna terminología que se utiliza más comúnmente que lo indicado en el texto, por ejemplo, en lugar de “fractura” se utiliza “discontinuidad” y en lugar de “abertura” se utiliza “separación”. Por ello, se sugiere el cambio.

### IV. Comentarios al apartado II “Apartado de Geotecnia”

El primer aspecto que se considera de gran importancia es incluir el Código Geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica, y como bien se indica en esta sección del texto, en su versión vigente, pues este es el documento de referencia para verificar las especificaciones técnicas que debe cumplir el estudio de la estabilidad de algún talud o ladera, que es precisamente el tema que atañe este apartado del cartel.

Otro aspecto que se considera recomendable incluir es mencionar entre las actividades de la fase de estudio los ensayos de campo y perfiles geofísicos y no esperar que con la frase “entre otros” el contratista considere su ejecución, ya que los ensayos de campo pueden ser muy útiles para determinar ciertas propiedades de materiales cuando su muestreo no sea posible, y los perfiles geofísicos pueden revelar información complementaria importante para el establecimiento de la estratigrafía del sitio o zona de estudio.

Es preferible indicar que el resultado de la etapa de estudio y análisis de la zona del proyecto, después de realizar los ensayos de campo, los ensayos de laboratorio y la revisión de información complementaria tal como la topografía, fotografía aérea (si la hay) y los perfiles geofísicos, sea un modelo geológico-geotécnico, el cual abarca un espacio mayor que un perfil, y claro está que este modelo se representará por medio de un “perfil geotécnico de diseño” o varios, como se menciona en el texto.

#### IV.1 Sondeos

En el sub-apartado de Sondeos, se utiliza la palabra “auscultación” sin embargo, se considera recomendable utilizar la palabra “exploración” ya que esto es lo que se está haciendo con este tipo



de sondeos. Además, se debería considerar que la palabra “auscultación” en geotecnia se utiliza más para la instrumentación y los trabajos de monitoreo que se realizan posterior a la construcción de la obra.

#### IV.2 Ensayos de Laboratorio

En el sub-apartado de Ensayos de laboratorio, los primeros tres puntos de la lista de ensayos para suelos, no representan ensayos índice, por lo que se considera debería de colocarse como parte del texto anterior al listado de ensayos.

Para el caso específico de la determinación de los parámetros de resistencia al corte, se considera recomendable que no se solicite su obtención por correlaciones, sino más bien aplicando el ensayo de corte directo, que es un ensayo relativamente sencillo y no requiere de mucho tiempo como los ensayos triaxiales. Se hace esta recomendación porque para el análisis de estabilidad de taludes es esencial que los parámetros de corte sean lo más representativos del sitio y mediante correlaciones con un ensayo de campo, como el SPT que se utiliza más para la determinación de la capacidad de soporte de un medio, se puede correr el riesgo de no contar con un valor representativo de estos parámetros. Con lo mencionado anteriormente, no se está desmeritando el realizar el sondeo con el SPT, sin embargo, se considera que éste es útil para realizar la descripción del perfil estratigráfico del sitio y para la toma de muestras para realizar ensayos en el laboratorio a materiales que se encuentren a distintas profundidades.

Para la información de la roca, se indica que se indique su clasificación geológica, pero no queda claro si lo que se persigue con esta solicitud es que se especifique el tipo de roca (ígneas, sedimentaria o metamórfica, lo cual obedece a la clasificación geológica), o si se refiere a la clasificación del macizo rocoso, en cuyo caso se emplean metodologías de clasificación como el RMR, sistema Q, entre otros.

Para el caso específico de la determinación de la resistencia a la compresión simple de la roca, se indica que se debe obtener por medio de correlaciones, sin embargo, se considera más apropiado que provenga de la ejecución del ensayo correspondiente que es sencillo, incluso más en especímenes de roca que en los de suelo. Este ensayo se rige por la norma ASTM D7012.

#### IV.3 Ensayos especiales

En este sub-apartado se menciona que el ensayo de corte directo será un ensayo que deba aplicarse de manera especial, sin embargo, como se comentó en el apartado anterior, se considera aconsejable que se encuentre como un ensayo a realizar en la etapa de estudio para determinar las propiedades de resistencia al corte del material, para no obtenerlas de manera indirecta por medio de correlaciones.

Por último, es preferible no indicar una metodología de solución específica para un programa computacional, como se hace en el texto (análisis mediante elemento finito), pues como se mencionó anteriormente, existen herramientas computacionales que utilizan otras metodologías de solución que son igualmente capaces de brindar resultados satisfactorios, por ejemplo, el uso de metodologías con diferencias finitas como lo hace el programa FLAC, el cual se considera como una herramienta poderosa para análisis geotécnicos.

#### IV.4 Comentario generalizado

Se considera importante que en un cartel de licitación se indiquen las normas que rigen los métodos de ensayo para estandarizar resultados, de modo contrario si por ejemplo el Contratista



llegase a utilizar una metodología cuyos resultados no sean comparable con los que se utilizaran por la Unidad de Supervisión, no se podría establecer si existe algún tipo de incumplimiento. Por ello a continuación, se hace el listado de ensayos indicados en el cartel con su respectiva norma de referencia:

Ensayos de campo:

- SPT, según la norma ASTM D1586
- DMT, según la norma ASTM D6635
- CPT, según la norma ASTM D3441
- CPTu, según la norma ASTM D5778
- DCP, según la norma ASTM D7380

Ensayos de laboratorio:

- Análisis granulométrico, según las normas ASTM D6913 para análisis por tamices y ASTM D7928 para el análisis por hidrómetro
- Humedad y densidad natural, según la norma INTE C358 (ASTM D2216)
- Límites de Atterberg, según la norma ASTM D4318
- Gravedad específica relativa de los sólidos, según la norma INTE C361 (ASTM D854)
- Resistencia al corte, según la norma ASTM D3080
- Resistencia a la compresión confinada de suelos, según la norma ASTM D2166
- Resistencia a la compresión confinada en rocas, según la norma ASTM D7012
- Ensayos triaxiales: no consolidada, no drenada según la norma ASTM D2850, consolidada, no drenada según la norma ASTM D4767 y consolidada, drenada según la norma ASTM D7181

## **V. Comentarios al apartado III “Estimación de cantidad de perforaciones SPT necesarias para la investigación geotécnica”**

Se considera adecuado especificar los escenarios de los riesgos potenciales de deslizamiento según las características del talud, tanto en longitud como altura. Sin embargo, se considera que hubiese sido más pertinente solicitar al Contratista realice este análisis de riesgo con los parámetros específicos de cada proyecto para no caer en una generalidad y tomar en cuenta otros aspectos tales como cercanía de edificaciones, presencia de tuberías o acueductos, actividad productiva humana (sembradíos, zonas de pastoreo, entre otros) propios del proyecto en desarrollo, que puedan influir en la matriz de riesgo.

Igualmente, se considera adecuado que el Contratista sea el que establezca el plan de investigación para los taludes en estudio, ya que, con lo indicado en este apartado, el Contratista puede solamente realizar las actividades de los sondeos de SPT en las zonas indicadas y no realizar ensayos de campo complementarios en otras ubicaciones, que puedan ser de utilidad para contar la información necesaria para establecer de la mejor manera el Modelo geológico-geotécnico.

## **VI. Comentarios al apartado V “Apartado análisis de estabilidad y diseño de taludes”**

En primer lugar, se considera que se debe cambiar el título del apartado a “Apartado análisis de estabilidad de taludes y diseño de obras de retención”, aunque la respuesta de la estabilidad del talud sea su reconfiguración y manejo de aguas tanto de escorrentía superficial como del subsuelo, en realidad lo que se diseña propiamente es la obra de retención.



Para la determinación de los parámetros geomecánicos de macizos rocosos, en un párrafo se menciona que debe utilizarse el método de Hoek & Brown o el método de Barton. Sin embargo, más adelante se indica que el análisis de estabilidad se debe realizar con la metodología RMR. Sin embargo, con la aplicación de esta clasificación de macizos rocosos, es posible establecer los parámetros de resistencia al corte, por los rangos indicados según la clase de macizo rocoso. Esto puede generar confusión al diseñador, respecto a la metodología que considere más apropiada.

Otro aspecto a considerar al mencionar esta metodología, es que para el análisis de estabilidad de taludes el método SMR es más apropiado, pues el RMR es una metodología desarrollada para excavaciones subterráneas. Con el SMR (que es una modificación al método RMR) se consideran algunos factores de corrección que toman en cuenta la influencia de algunas propiedades de las discontinuidades respecto al buzamiento de la pendiente del talud.

Se considera importante aclarar que los análisis tanto estático como pseudoestático deben tomar en cuenta las condiciones con y sin nivel freático, pues como se encuentra redactado en el texto pareciera que este análisis con estas dos condiciones es únicamente para el escenario estático.

Como se comentó en el apartado IV de este informe, se considera importante incorporar como referencia el Código Geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica, ya que es el documento de referencia para determinar el cumplimiento, sobre todo de los factores de seguridad según el nivel de riesgo adquirido para el proyecto.

Es altamente recomendable que el responsable del diseño cuente con la formación y la experiencia en Ingeniería Geotécnica, este último aspecto es de suma importancia sobretodo en el área de geotecnia porque facilita ampliamente el entendimiento de los resultados de los análisis, así como establecer la opción óptima para el diseño de la obra de estabilización del talud.

## VI.1 Consideraciones adicionales

Este apartado es en el que existe menor concordancia con el texto anterior. En este apartado se menciona tanto el Código de Cimentaciones de Costa Rica, como el Código Sísmico de Costa Rica con años de versiones anteriores, además igualmente no se menciona el Código Geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica. Cabe aclarar que las versiones vigentes a hoy día de estos Códigos son:

- Código de Cimentaciones de Costa Rica: año 2009 y no “94” como se menciona en el texto
- Código Sísmico de Costa Rica: año 2010 con una revisión en el 2014, y no “2002” como se menciona en el texto

Se recomienda continuar con el formato que se estaba utilizando en apartados anteriores que indicaba “en su versión vigente”.

Adicionalmente, se considera recomendable eliminar los párrafos en que se hace la transcripción indicada en los textos de los capítulos y secciones de ambos códigos, pues como se comentó anteriormente, al tratarse de referencias de versiones anteriores no se tiene certeza de que el texto continúe indicando lo mismo con las mismas referencias de capítulos. Se considera que es más adecuado indicar que se deben tomar las consideraciones de análisis y diseño dadas en los Códigos de Cimentaciones, Sísmico y Geotécnico de taludes y laderas.



## VI.2 Resultados esperados

Por último, en resultados esperados se considera recomendable utilizar la misma terminología que se estaba utilizando anteriormente para no generar confusiones, por lo tanto, cambiar la palabra “dinámica” por “pseudoestática”.

## VII. Referencias

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. *Sección M634 “Diseño de muros de retención” cartel de la licitación “CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA RED VIAL NACIONAL”*. San José.