

Ponencia: Selección de Préstamos

Fernando Román

Dr. Ingeniero de Caminos. INTECSA

Prof. Dpto. Ingeniería y Morfología del Terreno. Universidad Politécnica de Madrid

RESUMEN: Se tratan los aspectos que intervienen en la elección de una zona de préstamo. Aunque se orienta para rellenos de tipo terraplén, algunos comentarios pueden extrapolarse a otros tipos de rellenos. Se comentan las características geotécnicas exigidas por la nueva redacción del artículo 330 del pliego PG3-75, la localización de las zonas de préstamo con relación al diagrama de masas del movimiento de tierras; los problemas de compensaciones entre tramos; la viabilidad del préstamo en cuanto a su excavabilidad por diferentes equipos, las afecciones a terceros y al medio ambiente; y el procedimiento más racional para la selección final.

1.-INTRODUCCION

Uno de los objetivos del proyecto de una carretera o de un ferrocarril es tratar de compensar las "tierras" (englobaremos en este término tanto los suelos como las formaciones rocosas), es decir, que el volumen de tierras desmontadas coincida sensiblemente con el de los rellenos a construir. En el caso de que los materiales desmontados no sean aptos para su utilización, o en el caso de que la obra transcurra por regiones de suave topografía con escaso movimiento de tierras y con un natural déficit de tierras, el proyecto debe estudiar y definir las zonas donde se obtendrán los materiales para la construcción de la obra.

Para que sirva de ilustración, en el cuadro nº1 se indica el movimiento de tierras que puede aparecer en algunas obras viarias de distinta magnitud y en diferentes topografías. Las cifras que se han estimado se refieren a tierras colocadas en rellenos procedentes de desmontes o de préstamos y siempre en la hipótesis de terrenos aprovechables en su mayor parte. Debe aclararse la cifra aparentemente baja en comparación de las demás, correspondiente a terrenos muy accidentados en las LAV. La razón está en que estos casos implican la construcción de túneles y viaductos por lo que el movimiento de tierras no es comparativamente alto.

Si se piensa en un coste unitario de 450 pta/m³ que comprende extracción, transporte y colocación, podemos ver la importancia del

TIPO DE OBRA	ANCHURA DE PLATAFORMA	TOPOGRAFIA		
		LLANA	MEDIA	ACCIDENT.
CARRETERA NACIONAL	12.5	20.000	30.000	70.000
FERROCARRIL	10	20.000	40.000	80.000
LINEA ALTA VELOCIDAD	15	30.000	50.000	60.000
AUTOVIA O AUTOPISTA	30	40.000	120.000	200.000

CUADRO 1. VOLUMEN (m³) DE MOVIMIENTO DE TIERRAS POR KILOMETRO DE LONGITUD

movimiento de tierras en el presupuesto de una obra viaria.

En los proyectos de obras viarias, se ha llamado tradicionalmente "zonas de préstamo", o simplemente "préstamos", a las zonas cercanas al trazado de las que se extraen los materiales para la construcción de las distintas partes de un relleno, incluida la coronación que forma la explanada. Las áreas de donde se extraen materiales para la construcción de las distintas capas del firme reciben el nombre clásico y genérico de yacimientos, o el particular de canteras cuando se refiere a excavaciones de formaciones rocosas y el de graveras cuando de yacimientos granulares se trata. Es evidente que el término genérico de yacimientos puede abarcar también a los préstamos; sin embargo la particular denominación de éstos parece tener su origen en el carácter temporal de la ocupación de

la superficie (mediante una expropiación temporal o un acuerdo privado) y su posible devolución a los propietarios después de finalizada la obra. En bastantes ocasiones la transformación del terreno tras las excavaciones es tal que hace difícil su aprovechamiento posterior por lo que se llega a situaciones de expropiaciones definitivas o acuerdos de compra de los terrenos por el constructor.

En cualquier caso, ocupación temporal o definitiva, no debería olvidarse la denominación de préstamo si pensamos en el medio ambiente, prestatario al que hay que devolver la superficie modificada en las mejores condiciones posibles.

Aunque el simposio trate de rellenos tanto de tipo terraplén como de tipo pedraplén e, incluso, los formados con materiales no convencionales, cuando se habla de préstamos nos referimos esencialmente a zonas que proporcionan material para formar rellenos de tipo terraplén. Los materiales que forman los rellenos de tipo pedraplén proceden normalmente de la excavación de los desmontes contiguos, necesarios para conseguir la rasante proyectada, y muy esporádicamente proceden de préstamo. Algún caso aislado puede ser la excepción de esta afirmación, como es el caso de uno de los corredores en estudio de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Zaragoza, que transcurre durante casi setenta kilómetros por las calizas del páramo alcarreño. La penillanura topográfica puede ocasionar una rasante deficitaria en tierras lo que obliga a estudiar, entre otras alternativas, la posibilidad de establecer zonas de préstamos en las propias calizas, ante la escasez de otras fuentes de materiales, más económicos de extraer, a distancias rentables.

Varios son los factores que intervienen en la elección de un préstamo. Las características geotécnicas del material, sus reservas conocidas, su localización relativa al proyecto, las facilidades de ocupación y extracción del material, el impacto ambiental, son aspectos fundamentales que intervienen en el análisis técnico-económico necesario para la elección final.

Entendemos que las condiciones que debe satisfacer una zona de préstamo y sus materiales son las siguientes:

- Calidad de los materiales no inferior a la de los desmontes del proyecto, si los hubiera con reservas suficientes. En particular, con una humedad próxima a la de compactación.
- Mínima distancia de transporte.
- Facilidad de excavación y de extracción.
- Sin afecciones directas o indirectas importantes a terceras personas o cosas.
- Escaso impacto ambiental o fácilmente restituible.

En algunos casos, la decisión final de la elección de un préstamo como fuente de materiales, única o como alternativa a la de los desmontes existentes, no podrá decidirse en la fase de proyecto; alguna de las variables que intervienen, en particular las relacionadas con el propio movimiento de tierras, pueden ser vistas de distinta forma por el proyectista que por el contratista en función de los equipos y maquinaria disponibles, y en función del plazo de la obra.

En los siguientes apartados de esta ponencia, se van a tratar los distintos aspectos que intervienen en la selección de una zona de préstamo, ciñéndose casi exclusivamente a los materiales para su empleo en rellenos de tipo terraplén por la razones anteriormente expuestas.

2.- CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

El Comité de Geotecnia Vial de la Asociación Técnica de la Carretera, ha terminado recientemente una nueva redacción del artículo 330 del PG3-75, referente a los rellenos de tipo terraplén y que va a ser completado con otros dos nuevos artículos sobre rellenos de tipo pedraplén y de tipo todo-uno. En la sesión nº4 de este Simposio se comentará ampliamente. En esta nueva redacción se incluyen unos criterios generales que merecen la pena resaltarse aquí y que se consideran vitales para el aprovechamiento intensivo de los materiales locales presentes en el trazado.

En estos criterios generales se indican los principios o condiciones básicas que deben cumplir los materiales para su empleo en rellenos de tipo terraplén y que transcribimos a continuación:

- Que sea factible su puesta en obra en condiciones adecuadas
- Que la estabilidad de la obra esté asegurada
- Que las deformaciones que se produzcan después de la construcción sean tolerables a corto y largo plazo para las condiciones de servicio que el proyecto defina.

Asimismo el nuevo artículo indica que es el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares el que definirá el tipo de material a utilizar en cada parte del relleno y las condiciones de puesta en obra.

Con estos principios básicos se abre un abanico amplio de posibilidades de utilización de materiales en terraplenes y permite al proyectista la posibilidad de analizar la puesta en obra de materiales que el actual artículo 330 considera no aptos.

Un resumen de las características pedidas a un material para su empleo en rellenos de tipo

terraplén se indica en el cuadro nº 2

Si se compara con el pliego actualmente vigente, puede verse una diferencia fundamental en lo referente a los suelos que van a formar parte de la coronación; no se les exigen las características intrínsecas que el actual pliego pide (en el que se obliga a que sean "suelos seleccionados", con pocos finos y de baja plasticidad) sino que pueden ser suelos de peores propiedades pero en los que se obtenga un comportamiento resistente adecuado. Y en otro sentido, se ve cómo el proyectista a través de "su" pliego de prescripciones tiene una mayor libertad de diseño que la que le impone la actual instrucción.

Asimismo, por el lado de los suelos de baja calidad, pocos suelos quedan netamente excluidos, permitiendo el empleo de muchos

suelos actualmente calificados de "inadecuados" siempre que se justifique que se pueden poner en obra, que no van a poner en peligro la estabilidad del relleno ni que vayan a originar deformaciones diferidas importantes, es decir los tres principios básicos anteriormente descritos.

Pasemos revista a las características más importantes que condicionan el terreno.

Tamaño máximo

Es evidente que viene limitado por el espesor de tongada y ésta, a su vez, por los equipos de extendido y compactación previstos que deben conseguir, en todo el espesor de la tongada, la densidad de compactación requerida en las mejores condiciones de humedad.

CONDICIONES	CIMIENTO	NÚCLEO	CORONACIÓN	ESPALDONES
Tamaño máximo	< 2/3 e (espesor de tongada)			Condiciones exigidas por el PPTP en cuanto a impermeabilidad, resistencia, peso, y protección frente a erosión.
Tamaños mayores de e/2	< 25%			
Límite líquido (*)	< 40			
Límite líquido con Índice plasticidad (*)	40 ≤ LL < 65 IP > 0,73LL - 14,6			
Materia orgánica	< 2%			
Densidad de compactación	≥ 95% de DPR o la exigida por el PPTP		100% de DPR o la exigida por el PPTP	
CBR	> 3		La requerida por el tipo de explanada prevista por el PPTP	
Resistencia en condiciones de mal drenaje del apoyo	Buena	—	—	
Utilización de otros materiales de peor calidad o de CBR < 3	Posible, mediante estudio especial verificando fundamentalmente las características resistentes	Posible, mediante estudio especial verificando fundamentalmente su puesta en obra, su deformabilidad y las características resistentes	No es posible	
Utilización de suelos colapsables, expansivos	No recomendable	Posible, en condiciones especiales de puesta en obra	No es posible	
Utilización de suelos que contienen más de 2% de sulfatos	No recomendable	Posible, en condiciones especiales de puesta en obra y exigiendo determinadas características al material de coronación. Para contenidos mayores del 20% se requiere estudio especial.	No es posible	

(*) Para suelos con un cernido por el tamiz 0,40 UNE mayor del 15%

CUADRO Nº2.-CONDICIONES DE UTILIZACION DE MATERIALES EN RELLENOS DE TIPO TERRAPLEN

Granulometría

No se limita el porcentaje de finos ya que tanto este valor como el de la plasticidad están ligados a la resistencia y ésta se exige en el PPTP bajo la forma de CBR, o bajo la condición de que se demuestre la estabilidad del relleno.

Plasticidad

Esta condición se limita a los suelos que tienen finos en un porcentaje importante de forma que su posible plasticidad sea representativa. Hoy en día se rechazan arenas arcillosas con escasos finos por la excesiva plasticidad de éstos, pese a que no pueden intervenir en el comportamiento resistente dado que éste se debe a los contactos entre partículas más gruesas. Así pues, para los suelos con más de un 15% de partículas de tamaño menor de 0.40 mm, se aceptan abiertamente límites líquidos menores de 40; o bien, suelos de hasta límites líquidos de 65 pero situados por encima de la línea A de la Carta de plasticidad de Casagrande, es decir con finos arcillosos más que limosos.

Densidad de compactación

A los materiales que van a utilizarse se les exige que puedan ponerse en obra con una densidad igual a un determinado porcentaje de la densidad obtenida en el ensayo Proctor de referencia (DPR), bien sea el Normal o el Modificado, dejando al pliego de Prescripciones Técnicas Particulares la facultad de marcar dicho porcentaje.

Capacidad portante

Para los materiales que van a formar parte del núcleo y del cimientado, se les exige una mínima resistencia medida por el CBR (>3) y, en caso contrario, que se demuestre que las condiciones de resistencia y deformabilidad del relleno son aceptables para el nivel de servicio de la vía. Para los suelos que formarán la coronación, la capacidad portante necesaria será la que fije el tipo de explanada previsto.

Condiciones de Humedad.

Si los suelos tienen muchos finos arcillosos y están muy secos en su yacimiento, será necesario humectarlos abundantemente en obra; y el procedimiento normal del riego superficial no puede garantizar un homogéneo y eficaz aumento de la humedad. El problema es peor si están con una humedad mucho mayor que la

óptima (más de 5 puntos por encima) pues las alternativas para bajarla: extracción y extensión en capas delgadas, acopios intermedios, escarificaciones posteriores al extendido etc., suponen costes importantes y pueden ser imposibles de realizarse en climas húmedos. Si los suelos son arenosos es obvio que los cambios de humedad serán más asequibles. Con estas observaciones quiere decirse que, aunque las normas directamente no indican valores para la humedad, los suelos, sobre todo los que tienen muchos finos, deberían tener una humedad no muy diferente de la óptima de compactación. En caso contrario, el proyectista debe analizar la posibilidad y el coste de modificarla en obra o de estudiar la viabilidad de proyectar un relleno construido con un material en condiciones de humedad distintas de la óptima.

Podemos concluir este apartado resaltando que las condiciones a cumplir por un material para ser apto para la construcción de un terraplén tienen unos límites más amplios que antes y, en ocasiones, forzarán al proyectista a un estudio específico, y al contratista al cumplimiento de unas determinadas condiciones de puesta en obra.

Así, en la comunicación de Pardo, Sopeña, Oteo y Miró, sobre los terraplenes del Parque tecnológico de Andalucía, se puede ver cómo han sido aprovechadas unas arcillas plásticas pliocenas, calificadas como marginales por el nuevo artículo 330, en la construcción de terraplenes de baja altura y mezcladas en capas alternas con pizarras. Los controles efectuados indicaron que su empleo en la proximidad de la superficie era más cuestionable dados los cambios de humedad y la posible meteorización de las arcillas que afectaba a su capacidad portante y deformabilidad. Por ello estaba además justificado emplearlos en terraplenes de baja altura.

En la comunicación sobre la utilización de un material granítico en la carretera Gijuelo-Bejar, Pardo y Centeno muestran cómo se ha aprovechado un material atípico, con granulometría discontinua ocasionada por tener más de un 60% de bolos graníticos envueltos por una matriz arenosa. Las características de este material hacen difícil su encaje dentro de las condiciones del actual pliego para terraplenes o para pedraplenes. Sin embargo, los resultados de las bandas de ensayo efectuadas y de los controles in situ permiten estimar a los autores un comportamiento satisfactorio.

3.- LOCALIZACION

La situación ideal de un préstamo es la que se traduce en la mínima distancia de transporte al lugar de extendido. Si hablamos de materiales para el cuerpo del relleno, evidentemente es el diagrama de masas de un proyecto el que marca la óptima situación de los préstamos, deduciéndose de él la necesidad de buscarlos en los puntos en que hay déficit absoluto de tierras o en aquellos en que la compensación exige largas distancias de transporte. Si hablamos de préstamos para explanadas (y también de algunas subbases granulares) que frecuentemente no proceden de los propios desmontes, deberían estar regularmente distribuidos a lo largo de la obra.

Con relación al diagrama de masas, a la compensación de tierras y a la búsqueda consecuente de préstamos, se deben hacer las puntualizaciones siguientes:

Los diagramas de masas deberían prever la situación en profundidad de los diferentes tipos de terrenos en cuanto a su aprovechamiento en las distintas partes de un relleno. Se puede establecer la compensación de los desmontes con los rellenos contiguos de un tramo de tal forma que el movimiento de tierras se simplifique y la obra se abarate. Pero si el desmonte es heterogéneo, aunque aprovechable totalmente, y no ha sido tenida en cuenta la secuencia de excavación, pueden ser necesarios acopios intermedios, o modificaciones de las distancias de transporte o, en suma, un movimiento de tierras distinto del previsto. Un ejemplo ilustrativo está en las carreteras y autovías en terrenos graníticos algo accidentados con potentes monteras jabrizadas. Tanto el granito más o menos sano como el jabre y las arenas residuales son materiales aptos para la formación de rellenos de tipo pedraplén o terraplén. Junto a estos desmontes graníticos es frecuente la existencia de vaguadas con cierta pendiente del fondo, con agua somera y con depósitos de suelos residuales limoarenosos, que exigen un cimientado del terraplén y unas primeras tongadas a base de un material sin finos y de cierta resistencia al corte, es decir de un pedraplén de granito más o menos sano. Para compensar estos rellenos con los desmontes contiguos, hay que acopiar el jabre que se excava en primer lugar o llevarse a otro relleno ya iniciado; en ambos casos el coste del relleno final aumenta porque la compensación teórica no se produce. En estas situaciones, puede resultar interesante buscar préstamos alternativos.

Otro aspecto es el de la compensación parcial por tramos, impuesta por las propias características de la obra que, aunque puede

parecer obvio, en algunas ocasiones no se tiene en cuenta. Frecuentemente, los túneles y viaductos que salvan importantes accidentes geográficos en medio de un proyecto son las causas de división en tramos en los que deben proyectarse compensaciones parciales. La disponibilidad de los terrenos en el sentido de poder "ocuparlos", la reposición de determinados servicios, la construcción de desvíos de obras viarias importantes son otras causas que fuerzan a dividir la obra en tramos casi independientes. La propia longitud de un tramo, o la previsión de su construcción en fases, o de su unión con tramos contiguos, son también factores influyentes que deberían conocerse en la fase de proyecto. Sin embargo, aún conocidos estos aspectos, no siempre es posible la compensación parcial y tanto menos cuanto mayor sea la importancia de la obra dado que sus condicionantes geométricos (pendientes, curvaturas) obligan a determinados movimientos de tierras y, éstos, a préstamos y vertederos.

Si los materiales desmontados no son aptos (total o parcialmente) para la formación de rellenos, es evidente que serán necesarios zonás de préstamo convenientemente situadas para conseguir las mínimas distancias de transporte. Sin embargo esto no es siempre posible. Como ejemplo, en la figura 1 se incluye el diagrama de masas de un tramo de Línea de Alta Velocidad ferroviaria que discurre por terrenos yesíferos de escaso o nulo aprovechamiento. La curva superior corresponde a un teórico aprovechamiento total mientras que el diagrama de masas inferior es el real que tiene en cuenta el escaso aprovechamiento de los materiales desmontados. Como puede verse, se compensa un 50% del terraplén necesario pero con distancias de transporte de unos 5 km y se necesitan casi 650.000 m³ de préstamos. Lamentablemente, en este caso no existen materiales en las proximidades del trazado de calidad aceptable, por lo que hay que acudir a préstamos o desmontes del propio trazado en tramos contiguos distantes más de 15 km.

Una posibilidad que nunca debería olvidarse en los casos con déficit de tierras es la de suavizar o retranquear los taludes de los desmontes que se produzcan en materiales aptos. Esta alternativa tiene indudables ventajas de tipo económico y de impacto ambiental, y algún pequeño inconveniente relacionado con la necesidad de una sobreexpropiación definitiva en comparación con la teóricamente temporal de un préstamo. En algunos casos de altos desmontes en roca, en los que son de esperar caídas de piedras, la sobreexcavación necesaria para construir un cunetón de recogida de fragmentos es beneficiosa en un tramo con déficit de tierras,

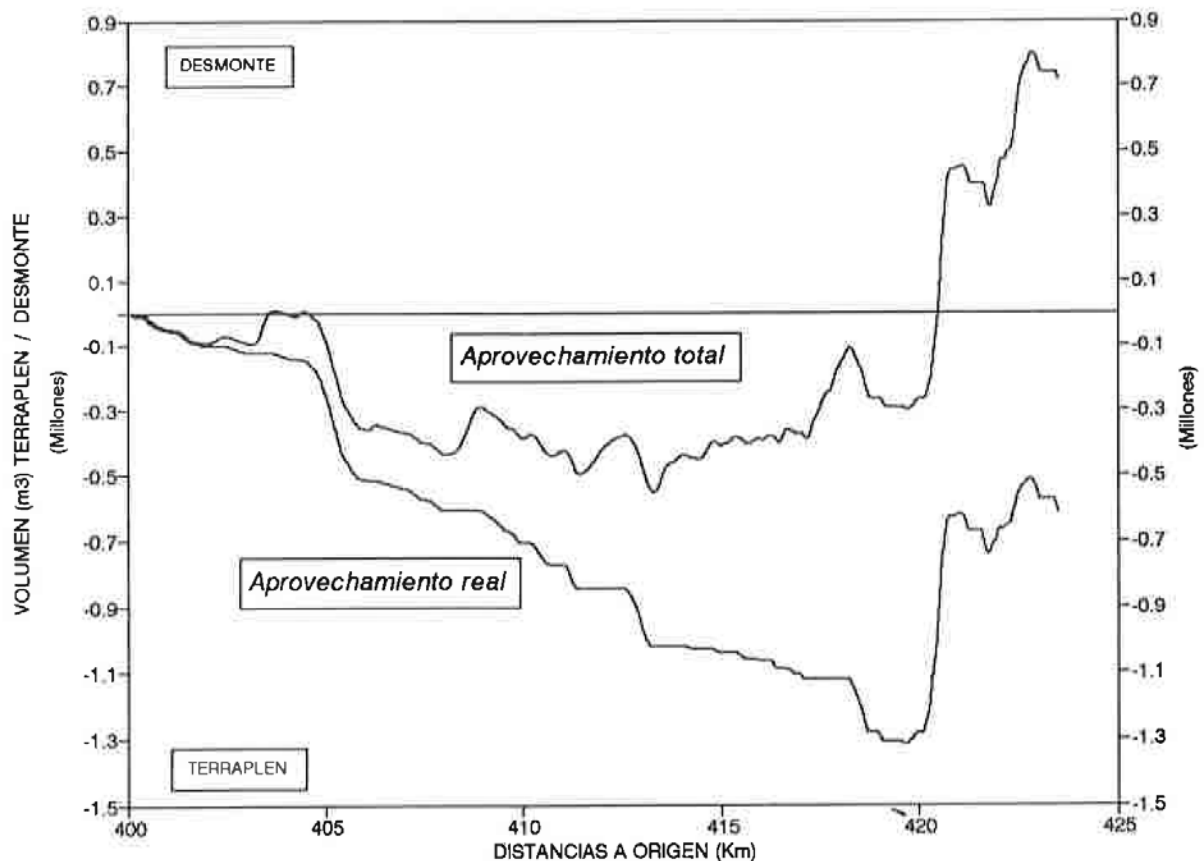


Figura 1. Diagrama de masas de un tramo de LAV ferroviaria en terrenos yesíferos poco aprovechables

sobre todo si se compara con un tratamiento alternativo de protección con mallas metálicas.

4.- VIABILIDAD DEL PRESTAMO

Seleccionado el préstamo de características adecuadas en el lugar necesario, debe verificarse que su aprovechamiento es posible. Para ello hay que analizar una serie de factores como los siguientes:

Debe analizarse el **tipo de maquinaria** necesaria para el arranque y extracción del material del préstamo y su transporte a relleno a construir. La resistencia al corte del material, su grado de cementación, la presencia de posibles costras superficiales son factores que determinan las técnicas de arranque. En los préstamos para terraplenes, estamos hablando del uso de pala cargadora, excavadora, ripper, bulldozer y traíllas.

En el caso de eventuales préstamos para rellenos de tipo pedraplén o todo uno, estamos hablando de ripper, voladuras previas de afloje o desagregación de la estructura rocosa e, incluso, de verdaderas voladuras de troceo y arranque del material.

La **disposición de los diferentes materiales** en un préstamo heterogéneo y la **profundidad a excavar** son asimismo factores que pueden condicionar un determinado equipo. Por ejemplo, si estamos construyendo el núcleo de un terraplén, y extraemos el material de un préstamo situado geológicamente en una terraza con alternancia de niveles granulares con niveles arcillosos, puede ser interesante una excavación con pala cargadora atacando un frente vertical y mezclando en la carga los distintos niveles. Mientras que si estamos buscando materiales más granulares para la capa de forma de un relleno ferroviario o la explanada de una carretera, podrá pensarse la alternativa de utilizar un bulldozer o incluso una traílla, las cuales excavan en rebanadas subhorizontales.

Otro aspecto que puede condicionar la maquinaria de extracción es la **forma y extensión del préstamo**; así, la utilización de traíllas implica extensiones importantes de préstamo o formas alargadas, mayores que las de los yacimientos que se excavan con otros equipos.

La posición del **nivel freático** en el préstamo condiciona obviamente la explotación, fundamentalmente los equipos de extracción. Por debajo del freático sólo cabe pensar en la extracción de gravas y arenas gruesas válidas para coronación y capas del firme. Los menores rendimientos y la necesidad de utilizar retroexcavadoras potentes o equipos especiales encarece el producto, por lo que no es usual que se excaven materiales granulares bajo el freático para la construcción de núcleo de terraplenes.

La excavación en el contorno definitivo del préstamo debe dejar un **talud estable** a corto y largo plazo con el fin de no afectar a terceros no previstos. Sirva como ilustración el caso de un yacimiento de material arcilloso utilizado para diversos fines, en las cercanías del Río Ebro en Tortosa, en el que el progresivo descenso del fondo de la excavación inestabilizó uno de los taludes del contorno de la concesión pudiendo afectar a medio y largo plazo al gasoducto Barcelona-Valencia; éste tuvo que realizar importantes obras de estabilización provisional y desvío de la conducción.

En esta línea de **afecciones a terceros** y volviendo al tema anterior del agua, en todo préstamo que dé lugar a una excavación que intercepte el nivel freático deben analizarse las posibles alteraciones que se produzcan en el entorno de la excavación. Descensos de niveles en pozos cercanos, incluso agotamientos de éstos, pueden ocurrir con facilidad. Asimismo, la aparición de la lámina de agua y su permanencia durante el tiempo de explotación puede producir algún cambio en el medio ambiente cercano, con consecuencias a medio y largo plazo. Aún en los préstamos sin agua, la fauna y flora se destruyen en dicho área y, aunque la extensión afectada sea pequeña, debe ser también analizada su incidencia en el entorno.

Finalmente, no puede olvidarse que tras haber tomado "prestada" la superficie para la extracción de tierras, queda alterada la topografía primitiva en mayor o menor escala, produciendo un impacto visual que debe ser corregido restituyendo el paisaje de la forma más armónica posible. En muchas ocasiones, el "agujero" dejado por el préstamo es utilizado como vertedero de forma incontrolada, sin que se hayan acondicionado sus contornos y fondo, ni analizado las consecuencias posteriores de este cambio. Junto a las primeras autopistas de peaje se han visto con frecuencia algunos vertederos incontrolados que han ido rellenando préstamos cuyo impacto visual (para el usuario de la autopista) había sido minimizado por una pantalla de arbustos. A lo largo de muchas carreteras que transcurren por las llanuras castellanias y manchegas, se pueden identificar las

excavaciones que han proporcionado materiales para los terraplenes de acceso a pasos sobre ferrocarriles u otras vías, y cuya alteración medioambiental no fue solucionada.

Una solución para minimizar este fenómeno puede estar en la expropiación definitiva del préstamo que pasa al propietario o al concesionario de la vía a quien compete su mantenimiento o acondicionamiento.

Sin embargo, existen casos en que el empleo de un préstamo llega a ser beneficiosa para el impacto ambiental. Es el caso de aprovechar los vertederos existentes de antiguas excavaciones. Un caso particular muy ilustrativo y que viene siendo objeto de continuos estudios es el aprovechamiento de las escombreras mineras. Salvo las muy recientes y algunas transformadas, muchas de ellas constituyen una alteración importante del medio. En la Autovía del Noroeste, a su paso por Ponferrada, el proyecto está contemplando el empleo de los estériles de la escombrera de El Toralín para la formación de la explanada y como complemento al uso de unas arcillas neógenas de baja capacidad portante. La escombrera situada a las mismas puertas de la ciudad constituye una gran elevación de más de 3 millones de metros cúbicos cuyo denominación local "Montaña Negra" puede ilustrar su impacto visual.

Hinojosa y González nos muestran en su comunicación los resultados de estudios sobre construcción de terraplenes con estériles de la minería de carbón con resultados satisfactorios, hasta el punto que más de 5 millones de toneladas de residuos han sido utilizadas en Asturias desde 1988. No solamente son aptos para la formación de núcleo y coronación de terraplenes sino, incluso para su uso en rellenos de tierra reforzada, como nos muestran Pardo, González y Torres en su comunicación.

Taboada, Lanaja, Barrionuevo y Martínez Alegría apoyan, con su comunicación, la utilización de las escombreras actuales en la construcción de terraplenes, combatiendo el problema medio ambiental que genera la implantación de los vertederos de estériles mineros; a título orientativo, indican la producción de más de 5 millones de metros cúbicos anuales de residuos en la minería de la pizarra.

5.- PROCEDIMIENTO PARA EL ESTUDIO DE PRÉSTAMOS

Finalmente queremos exponer el procedimiento racional en el estudio y selección de un préstamo.

En la figura 2 se representa sintetizado un diagrama relativo al estudio de los préstamos. Se parte del estudio geológico general de la zona,

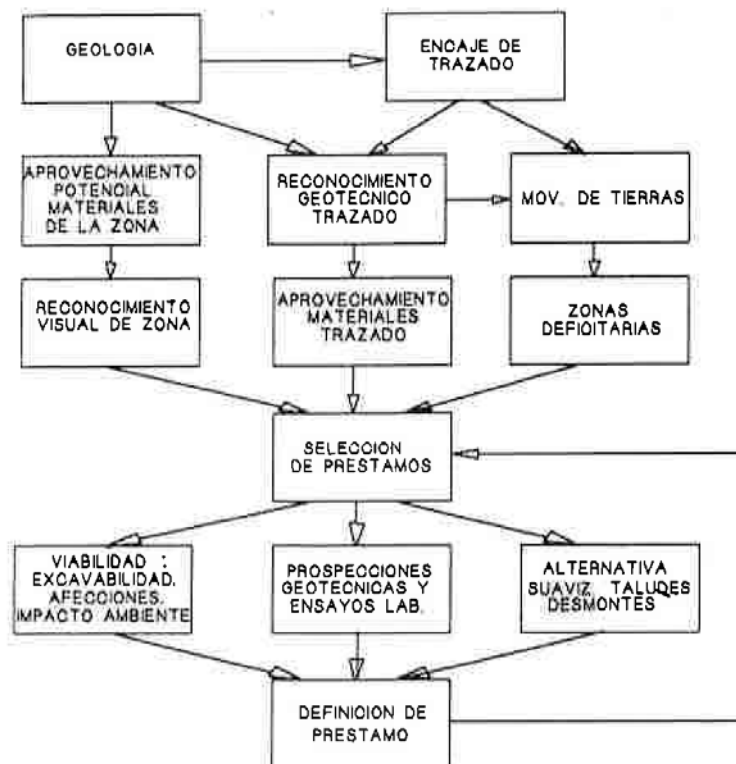


Figura 2. Diagrama del proceso de un estudio de préstamos

del que se determinan los materiales existentes en un entorno razonable del proyecto que son susceptibles de aprovechamiento.

En principio, puede tratarse simplemente de interpretar la cartografía geológica existente (1:50.000 por ejemplo) o la levantada ex profeso para el proyecto. Posteriormente, se realiza un reconocimiento visual de las áreas que ocupan estos materiales observando los cortes naturales y las excavaciones existentes. Después de esto, quedan preseleccionadas un conjunto de zonas potencialmente aptas para emplazar préstamos.

Por otra parte, tras el análisis de los resultados del reconocimiento geotécnico del trazado, puede determinarse la utilización de los materiales tanto los procedentes de los desmontes como los de los existentes, en general, junto al trazado. Asimismo pueden definirse taludes de excavaciones y rellenos que permiten establecer o ajustar un primer movimiento de tierras; tras un estudio de las posibles compensaciones, se llega a la conclusión de la posible existencia de zonas con déficit de tierras.

Las zonas preseleccionadas anteriormente que estén próximas a los puntos deficitarios de tierras son seleccionadas para investigar sus características geotécnicas cara a su aprovechamiento. Calicatas, sondeos mecánicos, geofísica sísmica o eléctrica permitirán reconocer la naturaleza, estado y resistencia del material existente, o tomar muestras para su ensayo en laboratorio, especialmente en lo referente a compactabilidad, capacidad portante, resistencia y deformabilidad del suelo compactado a la densidad de referencia.

Los reconocimientos realizados nos habrán permitido determinar, por otra parte, las posibles reservas del préstamo. En los que sean rentables, si el material analizado es válido, se estudia si el préstamo es viable en cuanto a su excavabilidad y afecciones al ambiente, y en cuanto a su posibilidad de restituir el entorno tras su utilización temporal.

De esta forma, el préstamo queda definido como tal. En caso contrario hay que acudir a investigar otro préstamo, y el proceso se reinicia.